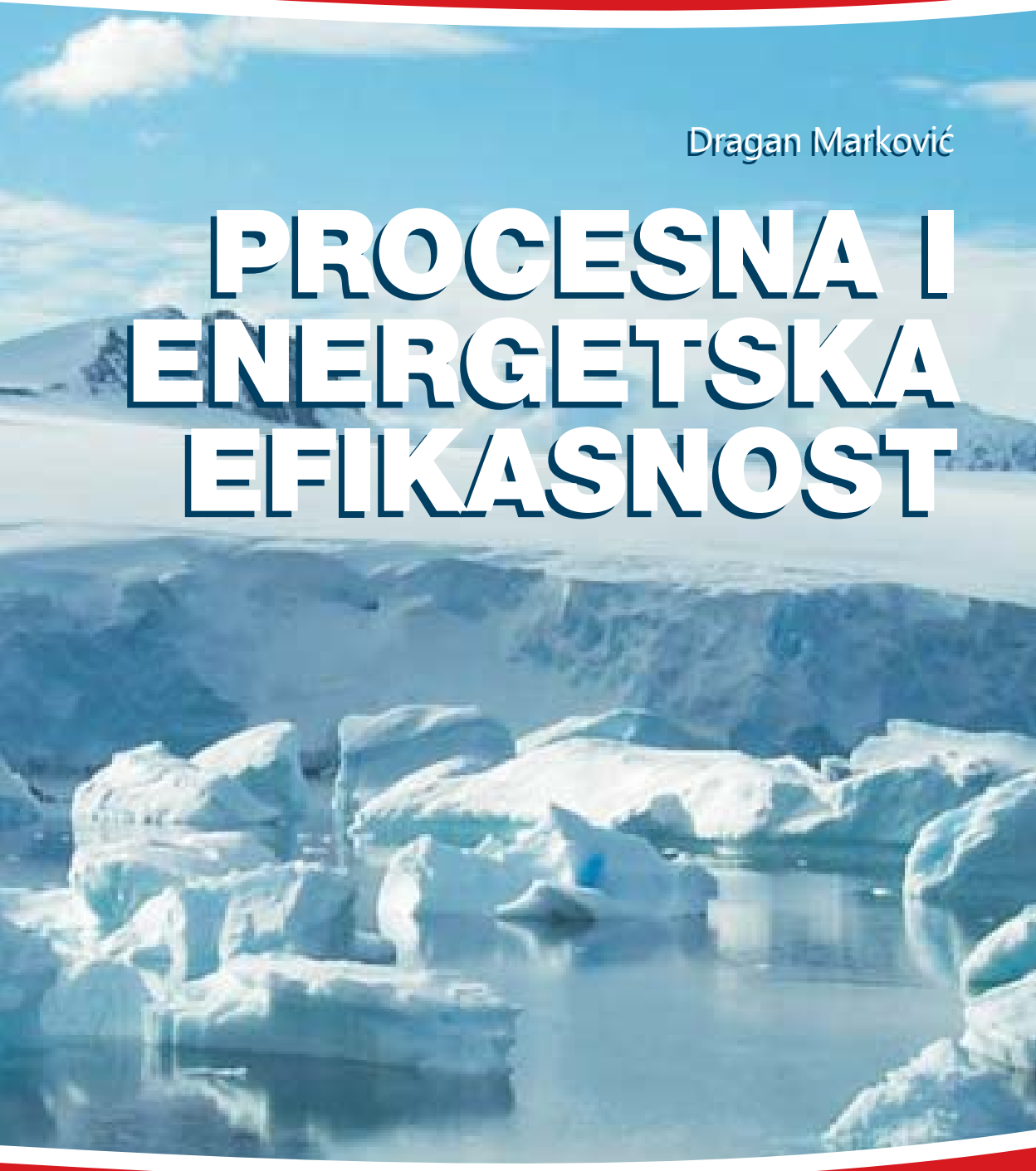
UNIVERZITET SINGIDUNUM



Dragan Marković

PROCESNA I ENERGETSKA EFIKASNOST

BEOGRAD, 2010.

UNIVERZITET SINGIDUNUM

Dragan S. Marković

PROCESNA I ENERGETSKA EFIKASNOST

Prvo izdanje

Beograd, 2010.

PROCESNA I ENERGETSKA EFIKASNOST

Autor:
Doc. dr Dragan S. Marković

Recenzenti:
Prof. dr Slavko Pešić
Prof. dr Dragan Cvetković

Izdavač:
UNIVERZITET SINGIDUNUM
Beograd, Danijelova 32
www.singidunum.ac.rs

Za izdavača:
Prof. dr Milovan Stanišić

Tehnička obrada:
Novak Njeguš

Dizajn korica:
Aleksandar Mihajlović

Tiraž:
250 primeraka

Štampa:
Mladost Grup
Loznica

ISBN: 978-86-7912-281-0

Copyright:
© 2010 Univerzitet Singidunum
Izdavač zadržava sva prava.
Reprodukcija pojedinih delova ili celine ove publikacije nije dozvoljena.



SADRŽAJ

PREDGOVOR	V
ČINJENICE, UZROCI I POSLEDICE	1
KLIMA I KLIMATSKE PROMENE	11
OSNOVE INŽENJERSKE FIZIKE	25
O ENERGIJI	67
GORIVA, SAGOREVANJE, KOTLOVI	77
ELEKTRIČNA ENERGIJA	103
EKONOMIKA I ENERGETIKA	111
KOGENERACIJA	139
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	163
SOLARNA ENERGIJA	183
ENERGIJA VETRA	203
ENERGIJA IZ BIOMASE I BIOGASA	219
ENERGETSKI POTENCIJAL ZGRADARSTVA	243
OSNOVNO O OSVETLJENJU	311

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM

SAOBRAĆAJ 345
ENERGETSKI MENADŽMENT 365
PRIKUPLJANJE OSNOVNIH ENERGETSKIH PODATAKA 375
ENERGETSKI BILANS 389
UVOD U ENERGETSKO PLANIRANJE 411
PROJEKTI ENERGETSKE EFIKASNOSTI I KORIŠĆENJA OIE 419
UVOĐENJE SISTEMA UPRAVLJANJA ENERGIJOM U INDUSTRIJI 441
KONCEPT UPRAVLJANJA ENERGIJOM U INDUSTRIJI 477

KORIŠĆENA LITERATURA 513

UNIVERZITET AKREDITOVANI PRIVATNI UNIVERZITET SINGIDUNUM



PREDGOVOR

Zahvaljujući energetskim krizama i klimatskim promenama pojavili su se izazovi koji zahtevaju nove pristupe u rešavanju otvorenih problema u razvoju energetike. Ovi izazovi odnose se na iznalaženje novih izvora energije, prevazilaženje zastoja u izgradnji novih i revitalizaciji postojećih energetskih kapaciteta, usavršavanje energetskih tehnologija, razvijanje alternativnih izvora energije, povećanju energetske efikasnosti itd. Sažeto, energetska politika konkretne zajednice dobija nove sadržaje u čijem fokusu se nalaze izbor strategija, ekologija i održivi razvoj.

Termin energetska efikasnost znači upotrebiti manju količinu energije (energenata) za obavljanje istog posla – funkcije (grejanje ili hlađenje prostora, rasvetu, proizvodnju raznih proizvoda, pogon vozila, i dr.). Važno je istaći da se energetska efikasnost nikako ne sme posmatrati kao štednja energija. Naime, štednja uvek podrazumeva određena odricanja, dok efikasna upotreba energije nikada ne narušava uslove rada i življenja. Pored toga, poboljšanje efikasnosti potrošnje energije ne podrazumeva samo primenu tehničkih rešenja. Štaviše, svaka tehnologija i tehnička oprema, bez obzira koliko efikasna bila, gubi to svoje svojstvo ukoliko ne postoje edukovani ljudi koji će je koristiti na najefikasniji mogući način.

Većina stanovništva Planete živi u velikim gradovima što u ovom trenutku otežava situaciju. Naime, zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije, a time i veliki zagađivač životne sredine. Zbog dugog životnog veka zgrada, njihov uticaj na okruženje u kom živimo je dug i kontinuiran i ne može se zanemarivati. Zadovoljavanje 3E-forme - energija, ekonomija, ekologija - novi je zahtevni zadatak koji se postavlja pred projektante i graditelje. Susrećemo se s jedne strane s problemom nove izgradnje usklađene sa savremenim standardom života i održivim razvojem, a s druge strane s problemom osavremenjivanja postojeće izgradnje koja u velikom procentu ne zadovoljava današnji standard, troši enormno puno energije i preko noći postaje veliki problem i veliki zagađivač životne sredine. Dobro planirana održiva obnova zgrada danas može delovati kao svojevrsni urbanistički i arhitektonski podsticaj, ali i kao polje za primenu inovativnih tehničkih i tehnoloških rešenja.

Već je opštepoznato da je efikasnija potrošnja energije i resursa relativno brz i bezbolan način smanjivanja troškova u firmi, kao i uticaja na životnu sredinu. Međutim, do sada je malo firmi obraćalo dovoljno pažnje tim pitanjima. To se naročito odnosi na nivo upravnih odbora, gde su teme upravljanja energijom i uticajima na životnu sredinu bile sporedne teme.

Na takav stav reagovale su vlade širom sveta i uvele niz dobrovoljnih i obaveznih politika o potrošnji energije i zaštiti životne sredine koje menjaju poslovnu klimu i regulatorno okruženje u kom firme funkcionišu. Takođe, postoji rastući pritisak javnosti i očekivanja da se mora poslovati na društveno odgovorniji način i da se resursi moraju koristiti efikasnije.

Energetski menadžment može biti različit u zavisnosti od nivoa na kome se uspostavlja. Tako se može razlikovati menadžment na nacionalnom, regionalnom, lokalnom ili na nivou preduzeća.

Energetski menadžer treba da poseduje neophodna tehnička znanja ili da ima određeno iskustvo u oblasti opšteg menadžmenta, ali u tom slučaju treba obezbediti tehničku podršku, jer zadaci koji se postavljaju pred menadžere su brojni i teško savladivi.

Energetska efikasnost i uvođenje obnovljivih izvora energije moraju postati prioriteni ciljevi menadžera, i ceo energetski menadžment se mora uskladiti sa tim.

Ovaj udžbenik je inicijalni pokušaj da se studentima Inženjerskog menadžmenta približi ova multidisciplinarna oblast. Poseban izazov je bio naći meru u izlaganju tehničko-tehnoloških tema za koje studenti nemaju adekvatna predznanja. Svestan sam da zbog opsežnosti oblasti neke teme nisu obrađene ili nisu obrađene u dovoljnoj meri. Takođe, moguće je da su se potkrale neke greške ili nepreciznosti, stoga biću zahvalan svakome ko ukaže na moguće propuste ili da konstruktivne primedbe i sugestije kako bi udžbenik u sledećem izdanju bio kvalitetniji kao nastavno sredstvo.

Beograd, jul 2010. *AUTOR*



ČINJENICE, UZROCI I POSLEDICE

Ono što nazivamo „istorijom" je po konvenciji istorija čovečanstva - sve ono što smo stvorili i učinili od trenutka kada smo se na stepenicama evolucije popeli na poslednju stepenicu prema svesnom. Ipak, istorija nije samo to. Čovek pamti svega poslednjih par hiljada godina, a Zemlja je tu već 4.500.000.000 godina... Osim nas, na ovoj lepoj plavo -zelenoj planeti žive milijarde drugih dragocenih bića. Koliko god čovek mislio kako je poseban i važan, tako je poseban i važan svaki cvet, bakterija ili divovski lenjivac.

Brz razvoj i napredak ljudske civilizacije na žalost je sa sobom doneo i priličan dar-mar. Gde god se čovek našao, od prirode je samo uzimao, a sada mnogo toga dolazi na naplatu. Jedine koji su živeli u harmoniji s prirodom i samima sobom - Indijance, smo uništili umesto da naučimo nešto od njih. A sve to zbog potrage za profitom.

Da bi biološki opstali, svi moramo da jedemo. To je jedna od glavnih karakteristika živih bića, a u isto vreme i osnova ekonomije. Trka za hranom i drugim resursima oduvek je prisutna, tu činjenicu nimalo nije promenio dolazak ljudi na globalnu scenu. Čovek je samo nastavio po starom, a u jednačinu je dodao još dve stvari: politiku i novac.

Veći napredak društva je obeležio i karakterističan početak industrijske proizvod-nje - nije bilo teško neprekidno uzimati, jer priroda je bila toliko silna. Dok je od nje stalno otkidao i slabio je, čovek je celo vreme postajao sve moćniji u svojim metodama i mogućnostima. Naučno-tehnološki i i**ndustrijski razvoj čovečanstvu je doneo prosperitet i napredak i omogućio je velikom broju ljudi miran i lagodan život, ali uz vrlo visoku cenu.**

Savremen privredni razvoj uslovljen industrijalizacijom permanentno zahteva sve veću količinu energije. Poslednja decenija svetskog razvoja odvija se u znaku prelaska svetske ekonomije sa jeftine energije u stanje skupe energije. Saznanje o relativnoj ograničenosti i iscrpljenosti klasičnih energetskih izvora sa jedne strane i ograničene mogućnosti snabdevanja energijom iz obnovljivih izvora energije imali su dvostruki efekat na energetski i privredni razvoj, ali i na životnu sredinu. Ukazana je potreba hitnog iznalaženja izvora i tehnologija za efikasnije i potpunije korišćenje energije iz obnovljivih izvora. Potencira se mnogo i na samu štednju energije kao i na ekonomično i racionalno korišćenje energetskih izvora. Tako posmatrajući situaciju energija predstavlja jedan od ograničavajućih faktora privrednog razvoja.

Danas se Zemlja i čovečanstvo nalaze u kritičnoj tački donošenja odluka o energetsko-ekološkoj politici koje treba da definišu i omoguće optimizaciju svih procesa, potrošnje energije i razvoja novih „*environmental friendly*" tehnologija koje će zajedničkim snagama minimizirati emisuju štetnih gasova u atmosferu.

Kako se kretao razvoj svetskog privrednog razvoja kretala se i energetika. Potrošnja energija je tokom 20 veka zabeležila visok rast koji se i dalje nastavlja, a to je izazvano:

- Povećanjem broja stanovnika
- Povećenjem kvaliteta i standarda života
- Uticajem proizvodnje i potrošnje energije na životnu sredinu
- Strukturnim promenama koje se dešavaju na svetskom energetskom tržistu

Procenjuje se da se svake godine u gradove i šira urbana područja preseli oko šezdeset miliona ljudi – više od jednog miliona ljudi svake nedelje. Naša planeta je 2008. godine dostigla važnu prekretnicu – **po prvi put u istoriji većina stanovništva sveta stanuje u gradovima**. Gradovi se moraju istovremeno posvetiti problemu sve većeg broja stanovnika i problemu propadanja postojećih infrastruktura. Firma IBM već neko vreme radi sa gradovima širom sveta na projektima uvođenja inteligentnih sistema koji će ih učiniti pametnijima i koji će omogućiti gradovima održivi razvoj.

Više od polovine stanovnika Zemlje danas žive u gradovima. Prema predviđanjima navedenim u jednom nedavnom izveštaju Ujedinjenih nacija, do 2030. godine u gradovima će živeti više od 60% ukupne svetske populacije. To povlači neminovne posledice. Na primer, današnji gradovi emituju gotovo 80% ukupne emisije ugljendioksida, uz brojne druge gasove kojima se remeti ravnoteža životne sredine. Prema britanskom Tajndal centru za istraživanja klimatskih promena (*Tyndall Centre for Climate Change Research*), sudbina klime na našoj planeti zavisiće u narednin decenijama isključivo od razvoja gradova i stvaranja energije.

Pre dva veka samo je London imao više od milion stanovnika, a danas ih je 408, prema podacima *Earth Policy Institute* pri UN. Nekadašnjih milion ljudi na prostoru jednog grada gotovo su beznačajan istorijski podatak spram današnjih dvadesetak gradova u kojima živi i više od deset miliona stanovnika!

Uz ovo ide i pitanje snabdevanja energijom, naročito onih gradova gde živi više ljudi nego u nekim pojedinim državama (recimo, Tokijo ima više ljudi nego cela Kanada). Mada gradovi zauzimaju samo 2% ukupne površine naše planete, oni troše tri četvrtine ukupne energije koja se proizvede u svetu. Primera radi, London (7,4 miliona ljudi) troši više energije od cele Irske, Grčke ili Portugala!

Potrebe za energijom se naglo uvećavaju pa su gradske vlasti prinuđene da se dovijaju na razne načine. Tako su u Majamiju izračunali da sađenje drveća može znatno smanjiti račune za struju koja se troši na rad rashladnih uređaja, tokom leta... Računi su za oko 10% manji u delovima grada u kojima ima puno izraslog zelenila, koje osvežava vazduh i čini ga vlažnijim, dok su delovi bez zelenila za 1 stepen topliji tokom dana a za čitavih 6 stepeni topliji tokom noći! Neki drugi gradovi, na primer u Švedskoj, koriste više od 50% energije poreklom iz nefosilnih goriva time što koriste solarnu i termalnu energiju.

U godinama koje nailaze (predviđanja UN *Intergovernmental Panel of Climate Change*) izvesno je namirivanje 2/3 potreba za električnom energijom. Što se tiče potreba zemalja u razvoju, mnogo šta je i dalje neizvesno. Očekuje se da će već 2010. godine potrošnja električne energije porasti za 37%, a do 2020. čak za 76%! Bez ubrzanih i dodatnih ulaganja u elektrosisteme, uvećavaće se korišćenje fosilnih goriva. Recimo, za rad termoelektrana na ugalj moraće da se obezbedi 50% više ove sirovine nego danas, i to već do 2020. godine. Slično uvećanje očekuje se i kada je reč o potrošnji zemnog gasa.

Najveći deo energije, što se danas upotrebljava, dobija se iz goriva sagorevanjem. Pri tome se uz vrlo visoku temperaturu oslobađa toplota. Tu toplotu potom upotrebljavamo ili za proizvodnju električne energije, za industrijske procese ili za grejanje. Energiju u gorivima nazivamo primarnom energijom, a onu koja je prešla jednu ili više transformacija sekundarnom energijom.

Najdominantniji štetan uticaj energetike na životnu okolinu se ostvaruje preko emisije produkata sagorevanja, i on je dvojake prirode. U produktima sagorevanja se nalaze CO_2, CO, H_2O, sumporni i azotni oksidi, čađ, leteći pepeo i dr. Od navedenog se jedino čađ može videti, tada je dim crn, ostali štetni gasoviti produkti sagorevanja nemaju boju. Najčešće je dim beo, pri čemu bela boja potiče od kondenzovane vodene pare. Ugljen dioksid predstavlja problem za životnu sredinu na specifičan način, kroz doprinos globalnom zagrevanju, dok azotni oksidi, čađ, ugljen monoksid, sumporni oksidi i ostali, utiču štetno na čovekovo zdravlje.

Emisija ugljen - dioksida (CO_2) u svetu usled sagorevanja fosilnih goriva dostigla je 6500 miliona tona godišnje. Zbog stalnog porasta emisije CO_2 njegova koncentracija je povećana za 32% u odnosu na pre-industrijsko doba (280ppm). Zadnjih 20 godina koncentracija CO_2 u atmosferi se uvećavala skoro konstantnom stopom rasta od 1.5 ppm godišnje. Tri četvrtine emisija CO_2 usled ljudske aktivnosti nastaju sagorevanjem fosilnih goriva, a ostatak je prouzrokovan najvećim delom uništavanjem šuma. Svetska potrošnja energije će u narednih 20 godina porasti za 60%. Prema Ministarstvu za energetiku SAD (*Department of Energy*) u narednih 20 godina potrošnja uglja će se uvećati za 45%, nafte

za 58% i prirodnog gasa za 93%. Čak i ako upotreba uglja ostane na istom nivou kao danas, nivo emisije CO_2 će biti preveliki. Tri glavna sektora vrše emisiju CO_2. **Proizvodnja električne energije** u emisiji učestvuje sa 42%, **transport** sa 24% a **industrija** sa 20%. U ostatku od 14% nalaze se domaćinstva, uslužne delatnosti, itd.

Čitav naš moderni napredak je razvijan sa jeftinom fosilnom energijom iz nafte, gasa i uglja (i u manjem obimu iz uranijuma kroz nuklearne elektrane). Osobenost ovih fosilnih goriva je da nisu obnovljiva. Postoji ograničena količina takvog goriva u zemlji i pošto ga stalno crpimo, ta količina se smanjuje. Proteklih decenija, eksploatisane rezerve su smenjivala nova nalazišta i proizvodnja je strahovito rasla. Ali ukupne, globalne rezerve su se smanjivale.

Budući da sve više i više zemalja dostiže sopstveni nacionalni vrhunac proizvodnje nafte, pitanje koje se nameće je kada će doći do svetskog vrhunca proizvodnje nafte, koji se zove ***peak oil***. Raspravljanje o stvarnom datumu vrhunca proizvodnje je, u stvari, irelevantno. Ono što je važno razumeti je **da smo svedoci da je došao kraj jeftine i izobilne energije**. Energija postaje sve skuplja i skuplja zbog smanjenja proizvodnje nafte.

Možemo li zameniti naftu sa nekim drugim energetskim gorivom?

Korišćenje prirodnog gasa je moguće ali može samo pokriti mali deo onoga za šta sve koristimo naftu. Prirodni gas je fosilno gorivo koje sledi naftu u svom opadanju. I dodatno, više pritiska na snadbevanje gasom povećaće njegovu cenu. Prirodni gas će najverovatnije slediti naftu što se tiče povećanja cena.

Veća upotreba uglja je veoma problematična zbog njegovog ogromnog doprinosa globalnom zagrevanju. Sve industrijalizovane zemlje teže ka smanjenju emisije CO_2 i ugalj zbog toga nije opcija. Nuklearne elektrane su suštinski problematične i uranijum je takođe resurs koji se prazni. Hidrogen i fuzijska energija su decenijama daleko.

I na kraju, najverovatnije je da ćemo koristiti više prirodnog gasa, više uglja, više nuklearne snage, više biogoriva ali to neće biti dovoljno. **Veoma jednostavna činjenica je da ćemo imati veliki problem i nećemo imati rešenje za njega**. Možemo samo pokušati da ublažimo posledice vrhunca proizvodnje nafte.

Poseban problem za našu zemlju predstavljaju rezerve fosilnih goriva. Po tom pitanju smo veoma siromašni i ukoliko se ne pronađu rešenja, već u periodu od 20-40 godina ćemo biti u poziciji da pokrivamo energetske potrebe u potpunosti iz uvoza. Naravno, postavlja se pitanje na koji način to može da utiče na okolinu. Odgovor je jednostavan, ukoliko niste bogati, ne dobijate/kupujete najbolje. Tako da je moguće da se nađemo u situaciji da sutra kupujemo lošija goriva, pošto za kvalitetnija/skuplja nećemo imati sredstava, dok će se negativne posledice odraziti na sredinu, a sa njom i na naše zdravlje.

Ozbiljnost problema je takva da zahteva dramatične akcije inteligentnih političara da kompletno promene naše trošenje energije i način snabdevanja. Postoje načini da se ublaži i pripremi za ovaj dolazeći pad u snabdevanju naftom. Najveći problem je što je sve u biti povezano. Nafta se koristi u proizvodnji i transportu hrane, prirodni gas za proizvodnju veštačkih đubriva, biogoriva čine da se proizvodnja goriva nadmeće sa proizvodnjom hrane, transport je neophodan za funkcionisanje najvećeg dela naše ekonomije. Nedostatak i povećanje cene energije će imati duboke posledice.

Ono što nismo pomenuli dosada je da vrhunac proizvodnje nafte je samo jedan simptom ozbiljnijeg oboljenja: neodrživog razvoja koji je doveo do globalnog zagrevanja, masovnog istrebljenja, naglog rasta populacije, krize vode, dezertifikacije, nestanka šuma i zagađenja.

Nameće se samo po sebi pitanje: Kuda dalje? A takođe i: Koliko košta koji „put"?

Dve najefektivnije mere koje bi mogli preuzeti su **čuvanje energije** i **masovni preokret ka upotrebi obnovljivih izvora energije**.

Na žalost kretanje „neispitanim" putevima energetike ima svoju cenu. Energetika bazirana na fosilnim gorivima se razvija 100 godina, i teško je očekivati da će „brzo"- u roku od 10-tak godina se pojaviti nova ekonomski isplativija tehnologija. I da će stara energetika tek tako lako ustupiti mesto novoj radi očuvanja životne sredine. Naravno to sve stoji ukoliko ne dođe do neke nove ideje, nekog novog pogleda i naravno neminovne nove industrijske revolucije – ovaj put energetske.

Jedan od gorepomenutih mnogih puteva je i put energetske efikasnosti. Energetska efikasnost ne može da reši 100% probleme, ali može značajno da ih ublaži, a kako se radi o veoma isplativim merama, čak se može i zaraditi kroz njihovo uvođenje zajedno sa smanjenjem emisije kako CO2 tako i ostalih produkata sagorevanja.

Potrošnja energije, a posebno energetska efikasnost i kvalitet života, rezultat su velikog broja uticajnih faktora kao što je ekonomska snaga društva i građana, tehnološka razvijenost, istorijsko nasleđe, kultura življenja i slično. Kvalitet potrošnje energije nije statična veličina nego se menja i rezultat je globalnih i lokalnih uticaja.

Ako bi se za cilj energetske efikasnosti postavilo zadovoljavanje potreba, u skladu s finansijskim mogućnostima, a uz najmanju moguću potrošnju energije, može se zaključiti da se sve tri komponente definicije energetske efikasnosti s vremenom menjaju:

Potrebe za energijom će rasti s razvojem novih uređaja koje će koristiti građani i privreda, povećanjem opšteg i javnog standarda te povećanjem kvaliteta življenja. Povećanje potreba za energijom zbog porasta broja stanovnika je upitno budući da su u većini zemalja Evrope trendovi negativni ili slabo pozitivni. Određeni uticaj mogu imati migracije stanovništva, no to nije jednostavno proceniti

Tehnološki razvoj omogućuje korišćenje novih uređaja i materijala koji za isti kvalitet usluge trebaju manje energije

Zakonskim merama i ekonomskim interesom podsticaće se gradnja kvalitetnijih zgrada, radiće se revitalizacija starih zgrada, usavršavaće se vođenje procesa i organizacija

rada. Može se očekivati kako će neadekvatno energetsko stanje zgrada u budućnosti biti početna tačka za pokretanje procesa renoviranja postojećih zgrada, kao najvećih potrošača energije, ali u slučaju postojećih zgrada radi se o vremenski dugom procesu. Uvođenje energetske certifikacije zgrada može značajno uticati na povećanje kvaliteta gradnje, osavremenjivanje postojećih zgrada i može doprineti smanjenju troškova kroz životni vek zgrade. Ključni faktori koji će uticati na povećanje energetske ufikasnosti su: uvođenje energetske klasifikacije zgrada, integracija obnovljivih izvora energije u zgrade, unapređenje kvaliteta života u zgradama, celovit pristup i integrisanje tehničkih, energetskih, ekonomskih, ekoloških i društvenih parametara u proces planiranja, te dugoročni pristup analizi zgrade, uzimajući u obzir celi životni vek zgrade, uključujući gradnju, korišćenje, održavanje, obnovu i rušenje.

Ovde je reč o procesima sa suprotnim delovanjem, a prema iskustvima razvijenih zemalja komponenta rasta potreba nadjačava ostale dve komponente. U nerazvijenim i manje razvijenim zemljama rast potreba još je izraženiji.

Realno je moguće očekivati da će povećanje energetske efikasnosti, pre svega, uticati na usporavanje rasta, odnosno smanjenje stope rasta potrošnje energije, kroz uvođenje novih tehnologija i postupnu zamenu starih manje efikasnih tehnologija. Ciljevi da se i u apsolutnom iznosu smanjuje potrošnja energije u odnosu na današnju ili onu koja se očekuje u neposrednoj budućnosti, zavisiće delom od tehnološkog razvoja uređaja i materijala, a najviše od ekonomije celog projekta i distribuciji troškova na državu i ostale koji predstavljaju javni interes, odnosno od preduzetnika i građana. Realna cena energije, koja uključuje troškove zaštite životne sredine i klime može ubrzati procese povećanja energetske efikasnosti.

Progrese u energetskoj efikasnosti potrebno je ostvariti na svim nivoima tehnološkog ciklusa: proizvodnji, transportu, prenosu, distribuciji, potrošnji i upravljanju energijom.

Aktivnosti u racionalizaciji potrošnje i upravljanju troškovima energije u širem pristupu polaze od strukturiranja potrošača energije, zavisno od vlastitih karakteristika i načinima korišćenja energije. U okviru toga razmatraju se sledeće ciljne grupe potrošača:

- sektor usluga i javni sektor,
- industrija,
- saobraćaj.

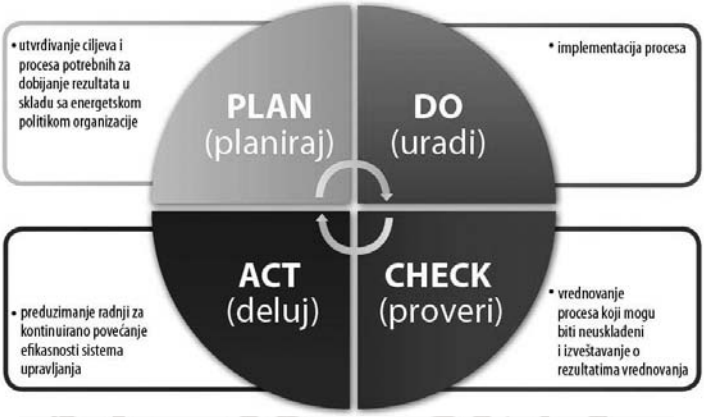
Pritom se tipizirani načini korišćenja energije mogu posmatrati kroz više skupina, a koji su specifični kod pojedinih potrošača. Na primer, energetika zgradarstva je tipski prisutna u industriji i javnom sektoru, dok se unutar industrije javljaju specifični energetski procesi koje treba analizirati kod individualnih potrošača.

Organizacije koje žele da daju značaj svojoj energetskoj efikasnosti mogu da koriste standard **EN 16001 Energy management Systems**. **Evropski komitet za standardizaciju - CEN** (*European Committee for Standardization*) je u julu 2009. objavio standard **EN 16001:2009 - Sistemi energetskog upravljanja - Zahtevi sa smernicama za upotrebu** (*Energy management systems - Requirements with guidance for use*).

Cilj ovog standarda je da pomogne organizacijama da uspostave sisteme i procese potrebne za povećanje energetske efikasnosti. Sa ekonomskog aspekta organizacije time se postiže smanjenje vlastitih troškova, dok se sa aspekta zaštite životne sredine postiže smanjenje emisije gasova staklene bašte. Ovaj standard je primenjiv na bilo koju organizaciju, bez obzira na njenu veličinu, kao i na sve aktivnosti pod kontrolom te organizacije.

Može se koristiti samostalno ili integrisan s bilo kojim drugim sistemom upravljanja (sistem upravljanja kvalitetom, sistem upravljanja zaštitom životne sredine, sistem upravljanja zdravljem i sigurnosti na radu itd.).

Kao i standardi sistema upravljanja kvalitetom (ISO 9001) i sistema upravljanja zaštitom životne sredine (ISO 14001) i ovaj standard se bazira na metodologiji poznatoj kao Demingov krug ili **PDCA** (**P**lan-**D**o-**C**heck-**A**ct) metodologiji.



U rangiranju značajnosti faktora za uvođenje obnovljivih izvora energije, posebno mesto pripada energetskim menadžerima, koji uspešnom realizacijom energetskog menadžmenta mogu doprineti realizaciji definisanog cilja, odnosno intenzivirati primenu obnovljivih izvora energije.

Energetski menadžment može biti različit u zavisnosti od nivoa na kome se uspostavlja. Tako se može razlikovati menadžment na nacionalnom, regionalnom, lokalnom ili na nivou preduzeća.

Postojeći energetski menadžment u Srbiji je uglavnom orijentisan ka aktivnostima obezbeđenja optimalnog snabdevanja energijom, održavanju energetskih postrojenja, kao i aktivnosti planiranja i realizovanja novih investicija. Energetski menadžment fokusiran je na tehnički aspekt proizvodnje energije (rešavanje problema održavanja energetskih sistema), dok je finansijski aspekt energetskog menadžmenta, (npr. nabavka energenata) razdvojen, od tehničkog aspekta - pružanja usluga. Nabavke i plaćanja energenata uglavnom obavljaju finansijske službe, dok enegetski menadžment nema do-

voljan uticaj na pomenute aktivnosti. U takvim uslovima, pitanja primene obnovljivih izvora energije, smanjenja negativnog uticaja na okolinu, kao i pitanje energetske efikasnosti ostaju po strani. Zbog svega navedenog celishodno je takav sistem transformisati.

Energetskom menadžmentu u svetu se posvećuje velika pažnja. **Energetski** menadžment predstavlja organizovano **i trajno upravljanje** parametrima energetskih **tokova**, počevši od procesa nabavke **energenata ili energije**, preko procesa transformacije i **proizvodnje**, do krajnjeg korišćenja proizvedene **energije**. Sistem energetskog menadžmenta predstavlja sredstvo za ostvarivanje unapred postavljenih ciljeva u oblasti energetike:

- obezbeđenje optimalnog i sigurnog snabdevanja energentima i energijom,
- smanjenje potrošnje energije i troškova nabavke energije uz zadržavanje optimalnog nivoa usluga,
- stvaranje uslova da što većem broju korisnika budu dostupni i pristupačni različiti energenti (toplotna energija, gas, električna energija, obnovljivi izvori energije)
- smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu koje je nastalo korišćenjem energije,
- upotreba obnovljivih izvora energije uz maksimalno korišćenje resursa sa teritorije za koju je manadžer zadužen.

Usvajanjem zakona o energetici (jul 2004.god.) kojim se uređuju ciljevi energetske politike i način njihovog ostvarivanja, način organizovanja i funkcionisanja tržišta energije, uslovi za uredno i kvalitetno snabdevanje kupaca energijom, kao i uslovi za ostvarivanje energetske efikasnosti, postavljeni su novi okviri za rad i funkcionisanje energetskog sektora u Republici Srbiji.

Energetski menadžer treba da poseduje neophodna tehnička znanja ili da ima određeno iskustvo u oblasti opšteg menadžmenta, ali u tom slučaju treba obezbediti tehničku podršku, jer zadaci koji se postavljaju pred manadžere su brojni i teško savladivi. Međutim, adekvatnom organizacijom je moguće naći rešenje, pre svega prevazilaženjem osnovnih problema, kao što su prikupljanjem podataka o potrošnji energije i pravljenje baze podataka, kao i izrada enegetskog bilansa za predhodnu kalendarsku godinu. Energetski menadžer treba da obavlja sledeće aktivnosti:

- prikupljanje, praćenje i analiza podataka koje se odnose na nabavku, transformaciju i potrošnju energije,
- izrada energetskog bilansa,
- izrada periodičnih izveštaja u oblasti energetike,
- učešće u izradi energetskog plana,
- pronalaženje mogućnosti korišćenja obnovljivih izvora energije,
- pronalaženje mera za racionalno korišćenje energije,
- priprema i praćenje realizacije projekta za uštedu energije ili korišćenje obnovljivih izvora energije,

- saradnja sa ostalim članovima sistema energetskog menadžmenta, kao i sa drugim opštinskim organima, višim državnim instancama i slično,
- stalno usavršavanje u oblasti energetskog menadžmenta i energetskog planiranja kroz domaće i međunarodne seminare.

Osim toga, zadatak menadžera je, i da izvrše harmonizaciju domaće sa EU legislativom, da izrade celovit sistem informisanja i edukacije stanovništva, kao i da obezbede kvalitetne statističke podatke za definisanje strategija i merenje postignutih rezultata. Stupanjem na snagu Ugovora o formiranju energetske zajednice Evrope, menadžeri imaju obavezu da sačine plan za sprovođenje direktive 2001/77/EC o promovisanju **proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije** i direktive 2003/30/EC o promovisanju **korišćenja biogoriva i drugih goriva iz obnovljivih izvora energije u sektoru saobraćaja**.

Energetska efikasnost i uvođenje obnovljivih izvora energije moraju postati prioriteni ciljevi menadžera, i ceo energetski menadžment se mora uskladiti sa tim.

Više nema mnogo vremena i potrebno je brzo delovati jer Planeta „uzvraća udarac" i više nije gostoljubiva kao što je nekad bila. Atmosfera je zagađena i izmučena, nestaju močvare i jezera, a pustinje zamenjuju nekada plodna tla. Velika prašumska područja se krče zbog pohlepe za materijalnim, a neretko se događaju i ekološke katastrofe. Sve što se dešava direktno je izazvano čovekovom nepažnjom i nemarom.

Ako se već zanosimo mišlju kako smo imperatori i neprikosnoveni vladari ove malene oaze u svemiru, onda bi bilo krajnje vreme da počnemo da se ponašamo odgovorno. **Ništa nam ne daje pravo da uništavamo Zemlju, jer u krajnoj liniji nije ona naša, već smo mi njeni.** Moramo se potruditi da svoje politike i ekonomije promenimo na način koji će nam omogućiti miran zajednički život s drugim ljudima i bićima, bez ratova i patnji i u harmoniji s prirodom, inače bi nam se lako moglo dogoditi da ostanemo zaboravljeni u dugoj, pravoj istoriji Zemlje.

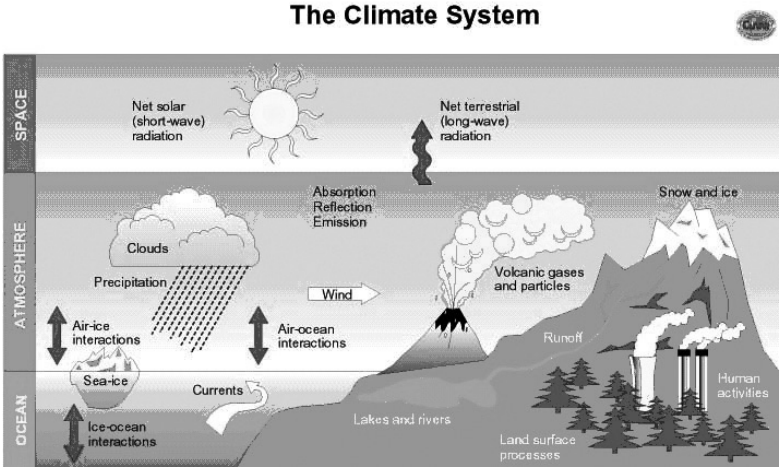
UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



KLIMA I KLIMATSKE PROMENE

ŠTA SVE PODRAZUMEVA KLIMA?

Klima nekog mesta se ***klasično*** definiše na osnovu srednjih vrednosti, ekstrema i drugih statističkih parametara meteoroloških uslova, tokom nekog intervala vremena (meseci, godine, vekovi). Savremena definicija međutim, ***opisuje klimu kao dinamički sistem*** u kome učestvuju i jedni na druge deluju: ***atmosfera, okeani, ledeni i snežni pokrivač, procesi na tlu*** (litosfera) i ***biosfera uključujući čoveka***. Svaki od ovih učesnika (komponenata) u klimatskom sistemu ima sopstvene zakonitosti i dinamiku, na koje deluju druge komponente i tako ih menjaju.

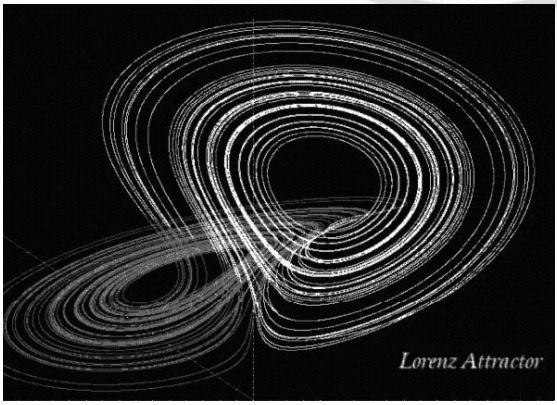


Slika 1. Klimatski sistem

Interakcija između ***okeana i atmosfere*** je aktuelna na svim širinama ali je najintenzivnija u okolini Ekvatora. Atmosfera na promene reaguje znatno brže od okeana, koji zbog svoje višestruko veće mase predstavlja ogroman rezervoar toplote i svojom velikom inercijom ublažava i usporava atmosferske promene. Temperatura površine okeana direktno utiče na količinu isparavanja u atmosferu, dok prizemni vetrovi formiraju cirkulaciju gornjih slojeva okeana. Intenzivno zagrevanje uzrokuje obilne padavine koje menjaju salinitet površinskih slojeva okeana, koje zatim utiču na cirkulaciju dubokih slojeva okeana. Okeani su takođe veliki apsorberi ugljendioksida i imaju mnogostruki uticaj na klimu nekog regiona.

Promena stalnog ***ledenog pokrivača*** ili kriosfere, menja refleksiju Sunčevog zračenja (albedo) i time bitno utiče na toplotni potencijal na Zemlji. Procesi na tlu, kao što su isparavanje, turbulecija, stvaranje sedimenata i peščanih oluja, itd., aktivno reaguju na promene u vazduhu i vodama, a i na delovanje čoveka. ***Litosfera*** sadrži i pojavu vulkanske erupcije koja zamračenjem atmosfere povećava albedo i snižava globalnu temperaturu atmosfere. Uticaj ***biosfere*** na klimu je veoma značajan jer sadrži raznovrsne uticaje ogromne populacije flore i faune, sa posebnim naglaskom na dejstva čoveka. Izvor energije koji pokreće klimatski sistem je ***Sunčevo zračenje***. Ono se neravnomerno raspoređuje na Zemlji, kako zbog geometrije i kretanja Zemlje i Sunca, tako i zbog promene nagiba i kretanja Zemlje, koja zbog toga dolazi u različite položaje u odnosu na Sunce (Milankovićeva opšte prihvaćena teorija klime).

Klimatski sistem se može opisati i kao superpozicija determinističkih i nelinearnih interakcija, koje postoje u velikom opsegu vremenskih i prostornih razmera. O osetljivosti i nepredvidljivosti klimatskog sistema govori i poznati „***efekat leptira***" Edwarda Lorenca. Jednačine koje opisuju kretanja u atmosferi su nelinearne što dovodi da se procesi u atmosferi približavaju haosu. Efekat leptira govori o izuzetnoj osetljivosti klimatskog sistema na male poremećaje i ukazuje na veliku zavisnost od početnih uslova. Paradigma za prognozljivost vremena i klime glasi: „Da li treptaj leptirovih krila u Brazilu može započeti formiranje tornada u Teksasu?" Ideju je verovatno dao rezultat rešavanja tzv. Lorencovih jednačina (tzv. Lorencov atraktor) koji podseća na leptira, a cela priča je ilustracija ograničene predvidljivosti cirkulacije atmosfere.



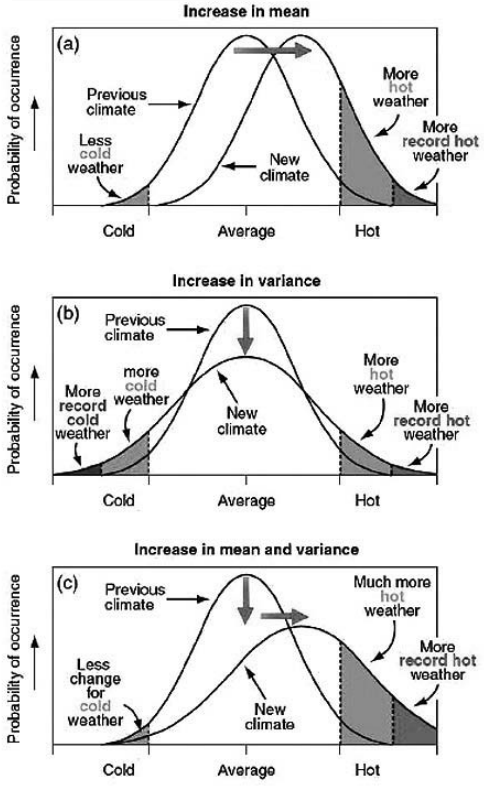
Slika 2. Lorencov atraktor

Još jedan u nizu dokaza o intregritetu globalnog klimatskog sistema je pojava ***telekonekcije***, odnosno uticaja udaljenih a značajnih klimatskih događaja kao što su El Ninjo, Severnoatlantska oscilacija i dr., na klimu nekog regiona. Ustanovljeno je da se uticaj intenzivnih El Ninjo

pojava primećuje daleko do izvantropskih širina i da dodatno povišava globalnu temperaturu, dok su parametri klime u Srbiji i Crnoj Gori (i širem regionu) visoko korelisani sa indeksom Severnoatlantske oscilacije.

Klimatske promene o kojima se danas mnogo govori, označavaju pre svega negativne posledice uticaja čovečanstva na činioce klimatskog sistema. Klimatskim promenama je najviše ugrožena atmosfera jer joj se menja sastav zbog nekontrolisanog sagorevanja fosilnih goriva. Povećani efekat „staklene bašte" je doveo do porasta srednje globalne temperature vazduha od 0.3 °C do 0.6 °C u odnosu na predindustrijiski period, dok je poslednja dekada prošlog veka najtoplija od kada postoje merenja temperature. Porast temperature uzrokuje topljenje ledenog pokrivača i dovodi do porasta nivoa mora, dok na kopnu dolazi do pomeranja granica temperaturnog i padavinskog režima. Postoje indikacije da će nastavak dosadašnjih stihijskih antropogenih uticaja u 21. veku proizvesti dramatične uticaje na globalnu privredu, društvo i čovekovu okolinu.

Tokom poslednjih dekada jedan od glavnih napredaka je postignut u oblasti ***prognoze klime*** pomoću objedinjenih numeričkih modela cirkulacije atmosfere i okeana. Sve uspešnije rezultate međutim, danas daju složeni modeli koji sadrže pored parametara okeana i atmosferske procese sa aerosolima i gasovima staklene bašte, zatim procese na tlu i ledeni pokrivač. U ovakvim modelima se forsiranjem jednog parametra testiraju reakcije drugih parametara ili čitavih komponenata klimatskog sistema. Brojni ***klimatski modeli*** se razlikuju po nameni odnosno da li se koriste za dobijanje mesečne ili sezonske prognoze klime, za procenu međugodišnje do dekadne varijabilnosti pojedinačnih parametara, za dobijanje scenarija klimatskih promena itd. Sigurno je da će se ubuduće, praviti sve bolji numerički modeli vremena i klime a dobijeni rezultati biti sve pouzdaniji i primenljiviji.



Slika 3. Šemetski prikaz efekta ekstremnih temperatura kada se (a) povećava prosečna temeperatura, (b) povećava varijansa i (c) povećavaju i jedna i druga. Trenutna klima je izgleda hibrid slučaja (b) i (c); tj. srednja temperatura je viša a pojavljuju se hladnije i toplije anomalije (ekstremi) (IPCC 2001)

Klima je postala nauka u razvoju i u velikom broju zemalja su odlučivanja zasnovana na klimatskim informacijama i prognozama. Sve su češći i složeniji zahtevi za izradu klimatskih produkata i projekata, a primene su najveće u oblasti poljoprivrede, vodoprivrede, građevinarstva, zdravstva itd.

Zbog straha od nepovratnih klimatskih promena proučavanje klime je postalo ***strateško pitanje***, tako da je u mnogim zemljama, posle odbrane i privrede, jedna od glavnih tema u državnim administracijama. Dugoročni cilj je da se klima i prognoza budućih klimatskih uslova, ekploatišu kao prirodni resurs za što bolje socioekonomske uslove života na Zemlji. Zbog toga je borba protiv klimatskih promena koje uzrokuje čovek, postala predmet međunarodnih konvencija, panela, programa i projekata, koji predlažu i sprovode mere za očuvanje postojeće klime i čovekove okoline.

Klima grada

Klima grada se značajno razlikuje od klime okolnih područja. To je posledica u prvom redu dva faktora koji se na teritoriji grada razlikuju od okoline. Ta dva faktora su bilans zračenja i vodni bilans. Različiti bilans zračenja je posledica slabijeg reflektovanja sunčevog zračenja zbog postojanja kanjonskih ulica. Razlike u vodnom bilansu nastaju zbog manjeg poniranja kišnice u tlo usled pokrivenosti tla, čime je pojačano oticanje, a smanjena vlažnost tla. Razlika nastaje i u isparavanju zbog smanjene vlažnosti tla. Posledica ovih razlika je jače zagrevanje područja grada. Razlike su takođe vrlo izražene i kod nekih drugih elemenata kao što su vetar, magla i smog. Dalje, razlike se javljaju i u različitim delovima grada u zavisnosti od topografije i strukture grada. Značajan uticaj na modifikaciju klime u gradu ima i aerozagađenje.

Danas veliki deo čovečanstva živi u velikim gradovima, dakle pod modifikovanim klimatskim uslovima. Mnoge od klimatskih modifikacija koje prouzrokuje grad imaju negativan uticaj na ljudsko zdravlje. Takvi su na primer visoke noćne temperature u toku leta, ili smanjena provetrenost, koja doprinosi i povišenju temperatura i aerozagađenja. Karakteristike grada koje dovode do nepovoljnih lokalnih klimatskih uslova, mogu se popraviti odgovarajućim planskim merama u izgradnji ili rekonstrukciji grada. Tu su neki konkretni elementi: gustina i visina gradnje, širina ulica, orijentacija zgrada, prilagođenost materijala, pri čemu je za klimu zgrade izuzetno važna adekvatna upotreba stakla.

Treba imati u vidu da i pored mnogih zajedničkih karakteristika svih gradova, svaki pojedini grad, pa čak i deo grada ima neke svoje klimatske posebnosti, koje se mogu utvrditi samo izučavanjem lokalnih specifičnosti.

Kako mogu da zaštitim klimu?

Imamo, nažalost, mnogo ekoloških problema koji su povezani jedni s drugima. Nakon anketiranja stručnjaka sprovedenog 2000. godine, zaključuje se da je jedan od najakutnijih problema problem promene klime. Zbog toga ćemo se u sledećim redovima baviti ovim problemom.

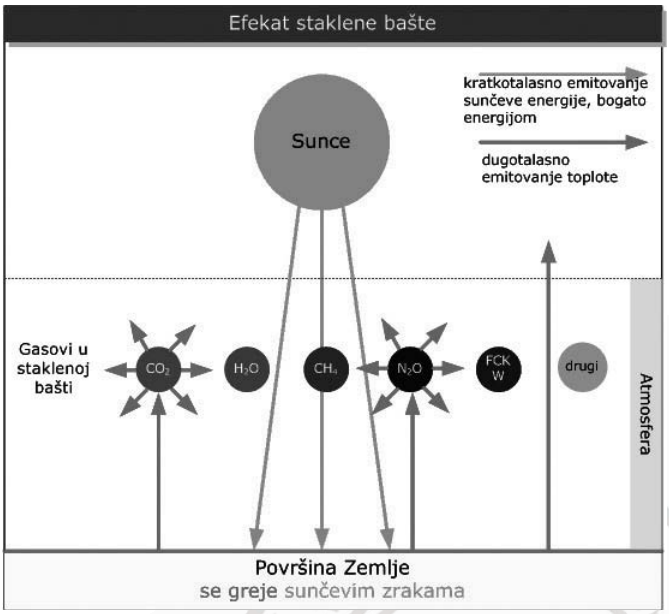


Tokom istorije planete Zemlje klima se oduvek menjala, delimično veoma drastično. Dolazilo je do smene toplih i ledenih doba. Doduše, u poslednjih 10.000 godina klima je bila izuzetno stabilna. U tom periodu se razvila ljudska civilizacija. U poslednjih 100 godina, otkad je počela industrijalizacija, globalna srednja temperatura se povisila za ca. 0,6 °C brže nego u prethodnih 1000 godina.

Osnovni je razlog promene klime, koji više niko ne dovodi u pitanje, zagrejavanje Zemljine površine. To za sobom povlači još neke promene u globalnom klimatskom sistemu: glečeri i polarni ledenjaci se otapaju, raste nivo mora, povećava se intenzitet kruženja vodene mase na Zemlji, padavine su jače i češće dolazi do tzv. prirodnih katastrofa.

Efekat staklene bašte

Visoke temperature unutar staklenika postižu se tako što u staklenik nesmetano ulazi sunčeva svetlost, zagrejava se tlo, a onda se sprečava gubljenje toplote koju oslobađa tlo. Isto tako se ponaša i naša atmosfera. Ovde deluju infracrveni gasovi koje je atmosfera apsorbovala kao staklenik. Ovi gasovi se nazivaju gasovi staklene bašte.



Slika 4. Efekat staklene bašte

Para koja se zadržava u atmosferi i prirodni gasovi poput ugljen-dioksida, azotnog dioksida, metana i ozona dozvoljavaju plasiranje sunčeve energije na Zemlju, ali apsorbuju toplotu koju oslobađa Zemlja. Gasovi staklene bašte delimično emituju ovu energiju i u suprotnom pravcu, ponovo na Zemljinu površinu. Zbog toga je došlo do zagrejavanja Zemljine površine na prosečnu temperaturu od ca. 15°C (umesto ranijih ca. –18°C) što je omogućilo život ljudima na našoj planeti. Ovo se naziva prirodnim efektom staklene bašte.

Aktivnostima čovečanstva, a posebno od početka perioda industrijalizacije koncentracija prirodnih gasova staklene bašte u atmosferi, a pre svega ugljen-dioksida, bitno se povećala. Pored toga, u atmosferu se emituju i dodatni sintetički gasovi na bazi halogenih hidrogena koji bitno utiču na klimu. Time se pojačava efekat staklene bašte, a globalna srednja temperatura raste. U tom slučaju govorimo o **antropogenom** (prouzrokovanom od strane ljudi) **efektu staklene bašte**.

Oslanjanje celokupnog razvoja civilizacije na proizvodnju energije sagorevanjem fosilnih goriva povećao je emitovanje gasova staklene bašte u atmosferu. Jedan od najzastupljenijih gasova staklene bašte je ugljen dioksid. Ovaj gas nastaje pri sagrevanju svakog fosilnog goriva odnosno sagorevanjem drveta, benzina, nafte, zemnog gasa itd. Ukoliko se smanji obim sagorevanja fosilnih goriva i uspori/zaustavi sečenje šuma najverovatnije bi se smanjila i količina gasova staklene bašte oko Zemlje.

Važno je da se uvidi da klimatski problemi koje smo imenovali zavise jedni od drugih i da međusobno utiču na pojačavanje klimatskih promena. Tako, na primer, seča šuma utiče na to da one više ne mogu u dovoljnim količinama apsorbovati ugljen-dioksid, pa se efekat staklene bašte povećava.

Drugi primer bi bilo povećavanje efekta staklene bašte i oštećenje ozonskog omotača: Zahvaljujući efektu staklene bašte Zemljina atmosfera se zagrejava. Ovo prouzrokuje pad temperature stratosfere, čime se doprinosi oštećenju ozonskog omotača. Pojačava se UV-zračenje na Zemlju, što nije štetno samo za ljude, već dovodi do odumiranja morskih planktona. Time, opet, dolazi do povećanja emitovanja ugljen-dioksida, što povećava

efekat staklene bašte. Atmosfera tik uz Zemlju se još više zagrejava i tako se zatvara (začarani) krug.

Zašto ljudi od pre 100 godina proizvode više gasova staklene bašte nego ranije?

Tokom industrijalizacije i sa porastom stanovništva na Zemlji, te porastom saobraćaja, povećala se i potreba za energijom.To je dovelo do povećane upotrebe fosilnih goriva. Pored toga, porasla je potreba za hranom, te neophodnost obezbeđenja životnog standarda koji je bio na nešto višem nivou nego ranije. Zbog toga je u poljoprivredi intenzivnije dolazilo do preobražavanja prirodnog zemljišta u zemljište zasađeno monokulturama. Ovakav trend se i danas nastavlja.

Kakve posledice sa sobom nosi zagrejavanje Zemljine površine?

- Glečeri i polarni ledenjaci se otapaju.
- Povećava se temperatura okeana i raste nivo mora (gubi se tlo, malim ostrvima preti potapanje).
- Pojačava se intenzitet globalnog kruženja vodene mase: u tropskim predelima ispari više vode nego što ima padavina na severu; promenjena šema padavina.
- Nivo soli u Atlanskom okeanu se povećava, Golfska struja i prenos toplote ka Evropi slabe, ne mogu da se isključe nagle klimatske promene.
- Češće dolazi do tzv. prirodnih katastrofa: oluje, poplave, suša.
- Šire se pustinje (gubitak površina za stanovanje, izbeglice).
- Promena vegetacije: može da dođe do odumiranja velikih šuma. Time bi došlo do velikog oslobađanja ugljen-dioksida, što bi još više povečalo efekat staklene bašte (vidi dole) i dovelo do još bržeg zagrejavanja Zemljine površine („galopirajući efekat staklene bašte").
- Moguća oštećenja ozonskog omotača: sluti se da zagrejavanje Zemljine površine sa sobom povlači hlađenje stratosfere (deo atmosfere na 15 do 25 km visine), što pojačava brzinu razgradnje ozonskog omotača.

Kako može da se spreči klimatska katastrofa?

Koncentracija gasova staklene bašte u atmosferi ne sme više da se povećava. Ovo može da se postigne samo drastičnim smanjenjem emitovanja štetnih gasova. Sagorevanje fosilnih resursa (nafta, zemni gas, ugalj) mora da se smanji i to:

- smanjenjem upotrebe energije,
- prelaskom na korišćenje obnovljivih i alternativnih izvora energije (sunce, vetar, voda, biomasa).

Pored toga, atmosferi može da se oduzme određena količina ugljen-dioksida i to pošumljavanjem. Velike šumske površine koje vrše ovu funkciju moraju da se očuvaju, seča šume mora da bude zaustavljena.

IPCC - *Intergovernmental panel on climate change* je telo koje su formirale Ujedinjene nacije za ocenjivanje naučnih, tehničkih i socio-ekonomskih aspekata važnih za razumevanje klimatskih promena, mogućih posledica i mogućnosti za prilagođavanje i umanjivanje negativnih efekata.

Prema izveštaju organizacije IPCC iz 2001. godine, čak iako bismo istog momenta prestali sa emitovanjem štetnih gasova i ukoliko bi prestalo zagrejavanje Zemljine površine i povećavanje nivoa mora, klimatske promene bi se i dalje nastavile i to decenijam ili čak vekovima.

Ozon

Ozonski se omotač stvarao milijardama godina, sve to vreme štiteći život na Zemlji. Ozon je gas koji je veoma značajan za život na Zemlji, zbog njegove uloge apsorbera ultravioletnog zračenja. Spada u grupu malo prisutnih gasova koji ulazi u sastav atmosfere. Njegov nastanak vezujemo za sloj atmosfere koji se naziva troposfera, ali i za niže slojeve stratosfere, koja je isto sloj atmosfere. Ima značajnu ulogu u apsorpciji zračenja pri prolasku kroz atmosferu.

Pored funkcije apsorbera, ozon inicira hemijske reakcije. Ultravioletno zračenje dospeva do živih bića kada se smanji koncentracija ozona u stratosferi, a poveća se njegova koncentracija u troposferi. Ozon u troposferi utiče na klimatske uslove i dovodi do povećanja temperature.

Opšte odlike ozona

Ozon je alotropska modifikacija kiseonika. Takođe je i manjinski sastojak atmosfere, čija koncentracija je promenljiva u vremenu i prostoru. Molekul ozona se sastoji iz tri atoma kiseonika, koji je dosta nestabilan ali u stratosferi može dovoljno dugo da opstane. Nastaje fotohemijskim reakcijama u sloju između 20 i 60 km i u zagrejanom vazduhu. Njegov molekul ima oblik jednokrakog trougla , u čijim temenima se nalaze atomi kiseonika. Ugao pri vrhu iznosi 116^0 49', dok je dužina bočne stanice 0.128 nm. Ozon nastaje razaranjem molekula kiseonika, pod dejstvom UV zraka, koje emituje Sunce. UV zraci daju potrebnu energiju, koja je potrebna da bi se molekul kiseonika razdvojio. Ta energija iznosi 1.09 eV.

Na Zemljinoj površini on se brzo uništava prilikom njegove reakcije sa biljkama ili prilikom rastvaranja u vodi. Ozon se nalazi u donjih pedesetak kilometara atmosfere, tačnije

u troposferi (koncentracije oko 30 ppb) i u stratosferi (koncentracije oko 5-10 ppb). Ukupni azot u atmosferi čine troposferski i stratosferski ozon.

Raspodela ozona u atmosferi zavisi od visine, položaju na Zemlji (geografskoj širini), i godišnjem dobu (visini Sunca). Sloj u kome je najveća koncentracija ozona se još naziva ozonosferom i nalazi se na visini od 20 do 30 km (u zavisnosti od mesta i godišnjeg doba) unutar stratosfere. Ozon vrši jaku apsorpciju u području 0.20-0.36 μ i u delovima spektra 0.43-0.75 μ-u ultraljubičastom spektru. Vrši se selektivna apsorpcija, a to znači da apsorbuje samo u strogo ograničenom delu spektra, tačnije, fotone određene energije ili talase određene talasne dužine. Javlja se jedan fenomen pri ovakvoj apsorpciji, pojavljuju se tamne crte na mestima koja odgovaraju apsorbiranim talasnim dužinama u spektru. Zračenje koje stiže na gornju granicu atmosfere nije isto onome koje stiže na zemljinu površinu. To se događa zbog prisustva ozona koji apsorbuje UV zrake, pa neznatan deo prodire u donje delove troposfere. Utvrđeno je da samo 4% UV zraka stiže do morske površine kada se Sunce nalazi u zenitu. U ozonopauzi dolazi da povećanja temperature, zbog povećanja unutrašnje energije ozona, što je uslovljeno apsorpcijom UV zraka od strane ozona.

Oštećenja ozonskog omotača

U ozonskom sloju smanjenje koncentracije ozona prvi put je primećeno iznad Antartika. Smanjenje koncentracije ozona je najizraženije iznad polova. Omotač je najviše oštećen iznad polova u sloju između 12 i 25 km visine. Pojava ozonske rupe iznad Antartika i Artika najizraženija je u vreme polarnog proleća. Na visini od 12 do 25 km, u pojedinim slojevima vazduha debljine nekoliko kilometra, gubitak ozona je 95%. Istraživanja su pokazala da su oštećenja nastala zahvaljujući polarnim olujama. Oluje su izazvale manjak ozona u polarnim stratosferskim oblacima u oblastima koje su bile zahvaćene njima. Reakcije koje se odvijaju na površini polarnih stratosferskih oblaka, odvijaju se brzo, dovode do konverzije jedinjenja hlora u reaktivniji oblik i do vezivanja nastale nitratne kiseline na čestice leda. Ovi procesi dovode do razaranja ozona i do njegovog brzog opadanja. Pomenuti procesi se dešavaju neposredno nakon nastanka glavne količine leda u polarnim stratosferskim oblacima.

Posledice emisije pojedinih aktivnih gasova u atmosferu su dva oprečna fenomena: smanjuje se količina ozona u stratosferi i povećanje količine ozona u troposferi. S tim u vezi količina ozona, u troposferi Severne zemljine hemisfere, je povećana dok je količina ozona u stratosferi smanjena. Postoje izvesne razlike u koncentracijama ozona iznad Severne i Južne zemljine hemisfere. U posmatranom periodu od januara do marta 1989. godine uočene su razlike. Te razlike su posledica aktivacije hlora i razgradnje ozona, u vremenu koje je potrebno da bi se stratosfera dovoljno ohladila da bi došlo do formiranja polarnih stratosferskih oblaka. Temperatura koja je potrebna za nastanak polarnih stratosferskih oblaka je 190^0 K.

Gasovi pod nazivom *freoni,* su glavni gasovi koji dovode do razaranja ozona. Iz raspadnutih molekula freona, pri fotodisocijativnom procesu, oslobađaju se atomi hlora. Razgradnja ozona ima svoje štetne posledice. Posledice kao što su:

- veći prodor ultravioletne radijacije prema zemljinoj površini usled oštećenja ozonskog omotača
- efekat staklene bašte tj. uticaj na klimatske uslove na Zemlji
- ultravioletno zračenje ima štetan uticaj na biološki materijal, a samim tim i na vegetaciju, životinjski svet i zdravlje ljudi.

Kisele kiše

Kisela kiša je termin koji se odnosi na mešavinu suvog i vlažnog atmosferskog taloga koji sadrži veću količinu azotne i sumporne kiseline. Taj termin označava vrstu zagađenja - a u hemiju ga je polovinom 19. veka „uveo" škotski hemičar *Robert Angus Smith.* One nastaju i od prirodnih uzročnika, kao što su vulkani i trula vegetacija, i od uzročnika za koje je kriv ljudski faktor, i pre svega su to emisije sumpor dioksida i azotnih oksida koje su nastale od sagorevanja fosilnih goriva.

Zanimljivo je da je kiša, čak i kad je „čista", prirodno kisela i da je njen pH faktor *5,5*, dok je faktor kiselosti za neutralnu vodu *7*.

Padavine (vodeni talozi, kiše) često su blago kisele reakcije zbog prisustva ugljene kiseline u njima zahvaljujući prisustvu ugljen-dioksida u atmosferi. Međutim, kao rezultat antropogenih aktivnosti u vazduhu se nalaze gasovita jedinjenja- oksidi sumpora i azota, koji se rastvaraju u vodi stvarajući odgovarajuće kiseline (pre svega sumporastu i azotastu).

Čestice toksičnih metala, kao sastavni deo kiselih kiša, kroz vodu dolaze u voće, povrće i meso i, mada ne utiču na životinje, one često ozbiljno ugrožavaju ljude koji se tim mesom hrane. Naime, živa koja se taloži u organima i tkivima životinja ima veze sa oštećenjima mozga kod dece, nervnim obolenjima, oštećenjima mozga i smrtonosnim bolestima, dok aluminijum, koji je prisutan u organima životinja, povezuju sa bubrežnim problemima i Alchajmerovom bolešću.

Padavine u urbanim i industrijskim zonama, koje obiluju ovim kiselinama, označene su kao kisele kiše. Pored kiselih kiša u oblastima sa velikim atmosferskim zagađenjem česte su i kisele magle ili izmaglice. Kiseli vodeni talozi su veoma opasni za živi svet, naročito biljke, lišajeve, organizme na kopnu, ali i za one u vodi (ribe). Pod dejstvom kiselih kiša propada šumska vegetacija, uništavaju se poljoprivredne površine i dolazi do pomora riba u jezerima. Pored toga, kisele padavine deluju i na sve predmete na zemlji. One izazivaju narušavanje i koroziju spomenika, fasada zgrada, ukrasnih premeta od kamena, metala i drugih materijala. Uništavanje kamenih spomenika, skulptura i ukrasa, naročito u gradskim područjima, označeno je kao kamena erozija. Izuzetno negativno dejstvo kiselih

vodenih taloga je izraženo u sinergističkom dejstvu sa drugima atmosferskim zagađujućim materijama (na primer ozonom u troposferi) kao i u oblastima gde je kisela, silikatna matična podloga zemljišta. Zbog toga su velika oštećenja od kiselih kiša prisutna u centralnoj Evropi, naročito u Nemačkoj, kao i u Velikoj Britaniji.

Na području Balkanskog poluostrva i čitave jugoistočne Evrope, gde je krečnjačka matična podloga, štetno dejstvo kiselih kiša je slabije izraženo, jer se u prisustvu karbonata održava povoljna reakcija (Ph) zemljišta i vode.

Protokol iz Kyota

Protokolom iz Kyota definiše se nova energetska politika s ciljem stabilizacije koncentracije gasova staklene bašte (*Green House Gasses – GHG*) u atmosferi, koja uključuje korišćenje obnovljivih izvora energije i povećanje energetske efikasnosti. Postavljeni su ciljevi za određeno razdoblje (2008. - 2012.), a njihova realizacija zavisi od zakonodavne uređenosti područja i finansijske podrške. Iako je na deklarativnom nivou Kyotski protokol prihvaćen od gotovo svih zemalja potpisnica, implementacija smernica ide sporije nego što je očekivano.

Osnovni problem Kyotskog protokola je u tome što kvantifikovanu obavezu smanjenja GHG emisija ima samo 40-tak zemalja članica Aneksa B Protokola. Radi se o razvijenim zemljama i zemljama s ekonomijom u tranziciji, koje su ujedno članice iz Aneksa I Konvencije o promeni klime (UNFCCC). Dakle, kvantifikovanu obavezu smanjenja emisije nemaju ni Kina, ni Indija, niti nerazvijene zemlje, u kojima dolazi do znatnog povećanja GHG emisije. Budući da su klimatske promene globalni problem, efikasna borba s povećanjem antropogenih GHG emisija nije moguća bez uključivanja svih zemalja ili barem velike većine zemalja sveta koje proizvode glavninu emisija. Stoga je uključivanje što većeg broja zemalja, koje bi preuzele obaveze u skladu sa stepenom razvoja i mogućnostima za smanjenje emisija, jedan od najvažnijih ciljeva novog sporazuma. Prihvatanje novog sporazuma očekuje se krajem 2009. godine. Sporazum bi trebao da definiše koncept za smanjenje GHG emisije posle 2012. godine (post-Kyotsko razdoblje).

Paralelno s procesima vezanim uz Protokol iz Kyota, kao što je uvođenje sistema trgovanja pravima na emisiju CO2, događaju se velike promene u umreženim sistemima, električnoj energiji i prirodnom gasu, koji se od monopolskih sistema transformišu u otvorena tržišta. Proces se odvija sporije od željenog, pa EU priprema treći paket mera kako bi se ubrzale promene i stvorili transparentni uslovi za funkcionisanje tržišta energije (Evropski parlament glasanjem u aprilu 2009. podržao je nova pravila za jačanje unutrašnjeg EU energetskog tržišta).

U zemljama bivšeg komunističkog sistema, od kojih je jedan deo u EU, procesi otvaranja energetskog tržišta započeli su kasnije, dok su se u nekim zemljama odvijali sporije sa snažnim socijalnim uticajem na cene energije. Uz te promene u funkcionisanju tržišta energije uvodi se i tržište prava na emisiju CO2, kao jedan od instrumenata ostvarivanja postavljenih ciljeva smanjenja GHG emisija.

Klimatske promene i energetsko planiranje – činjenice i faktori

Klimatske promene i ograničenja koja proizlaze iz njih, ključni su faktori koji će u budućnosti uticati na način i rezultate planiranja razvoja energetskog sektora. Do sada su se u planiranju uvažavala samo nacionalna ograničenja na nivou pojedinačnog uticaja svakog energetskog objekta ili objekta u industriji, ili slična nacionalna ograničenja u zgradarstvu. Ovo je sistem planiranja činilo znatno jednostavnijim u odnosu na buduće planiranje. S međunarodnim (globalnim) obavezama smanjivanja GHG emisija ulazi se u novi sistem kumulativnih obaveza na nivou svake zemlje, čije ispunjavanje nije više jednostavno jer zavisi od niza uticajnih faktora koji su delom iznad nacionalnih uticaja i ograničenja.

Ključni uticajni faktori u budućem planiranju, koji mogu i pozitivno i negativno delovati na izbor rešenja, su:

- **Ograničavanje GHG emisije za post-Kyotsko razdoblje, kao globalni dogovor za ublažavanje klimatskih promena, što će imati za posledicu vrlo striktne obveze EU-a i njenih članica u pogledu smanjenja emisije.**
- **Porast potreba za energijom na globalnom i evropskom nivou, kao i u regionu i u Srbiji:** potrebe za energijom za podizanje ličnog standarda i kvaliteta života uopšteno, a naročito za osiguranje razvoja i minimalnih civilizacijskih potreba u nerazvijenim zemljama kontinuirano će rasti.
- **Porast potražnje za energijom u industriji, uslugama, transportu i domaćinstvima:** porast potražnje za energijom delomično će se ublažiti energetskom efikasnošću, no značajno će zavisiti od tehnološkog razvoja, zakonodavnih normi, standarda, organizacije poslovnih aktivnosti i ekonomskoj snazi pojedinca, firme kao i svake zemlje u celini.
- **Razvoj tržišta energije, uspostavljanje jedinstvenih pravila funkcionisanja tržišta i efikasnost delovanja mehanizama prisile poštovanja jedinstvenih pravila.**
- **Tehnološki razvoj:** iako se razvoj očekuje u svim dimenzijama od proizvodnje do potrošnje energije, poseban je izazov razvoj tehnologija koje smanjuju GHG emisije, nuklearnih elektrana, obnovljivih izvora i energetske efikasnosti, kao i novih uređaja koji su potrebni građanima i privredi.
- **Izgrađenost i izgradnja mrežne infrastrukture, povezanost nacionalnih mreža i izgrađenost transnacionalnih mreža:** uticaće na strukturu izvora i pravaca snabdevanja, uz pripadajuće materijalne i nematerijalne troškove.
- **Usklađenost (globalne) energetske politike s drugim politikama:** i to prvenstveno politikama proizvodnje hrane, nauke i tehnološkog razvoja.
- **Percepcija građana, prihvatljivost i marketing pojedinih tehnologija.**
- **Cena energije za krajnjeg potrošača, koja uključuje realne cene zaštite životne sredine.**

- **Razvoj međunarodnih odnosa, posebno razvoj institucionalnih odnosa u EU i proces širenja EU-a.**

Postavljanje ograničenja na GHG emisije u proizvodnji, transformaciji, transportu, distribuciji i potrošnji energije radi smanjivanja njihove koncentracije u atmosferi, proizvodi novi parametar u ceni energije: trošak smanjenja GHG emisije. Sasvim je izvesno da će globalna politika smanjenja emisija povećati i troškove energije te će cena smanjenja GHG emisije biti posledica svih prethodno navedenih uticajnih faktora. Kolika će na kraju ta cena biti, nezahvalno je prognozirati jer na nju osim globalnih faktora utiču i lokalni, pa će za svaku zemlju prognoza biti različita.

Distribucija ove cene na subjekte koji participiraju u energetskom sektoru jednim delom će biti regulisana stanjem i odnosima na tržištu energije i tržištu tehnologija, a drugim delom će se rasporediti na državu, energetske firme, proizvođače opreme i naravno kupce energije. Konačnu cenu smanjenja GHG emisije platiće kupci energije, ili direktno kroz cenu energije ili kroz subvencije države iz poreza koji se prikupljaju iz prodaje energije.

U kvalitativnom smislu, u jednačinu za rešavanje postavljenih ciljeva smanjenja GHG emisija uz zadovoljenje potreba za energijom, potrebno je osim standardnih elemenata tržišta energije uključiti i dodatne faktore kao što su: sigurnost snabdevanja, očekivanja u tehnološkom razvoju i potrebna ulaganja u tehnološki razvoj, pilot projekte i programe smanjenja troškova novih tehnologija, energetske politike i mera za realizaciju politika te vreme potrebno za realizaciju.

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



OSNOVE INŽENJERSKE FIZIKE

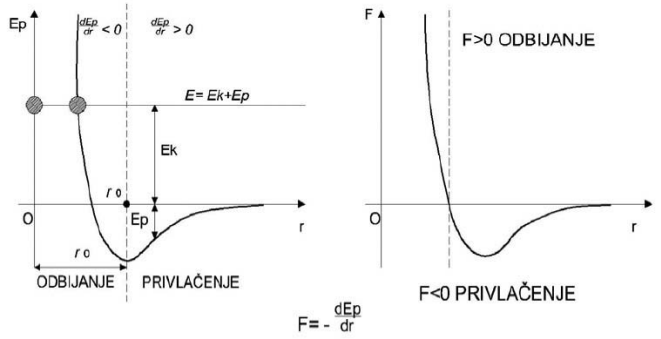
Fizika se oslanja na iskustva čoveka i na jedan mali broj fundamentalnih zakona (zakoni očuvanja energije, mase, električnog opterećenja, količine kretanja i momenta količine kretanja), koji su dobijeni kao rezultat uopštavanja jednog veoma velikog broja eksperimenata.

Nekada je fizika u sebi obuhvatala sve prirodne nauke kao: astronomiju, hemiju, biologiju, geologiju, matematiku i druge nauke, stoga je opravdano što se svaka nova nauka prirode izgrađuje na njenoj bazi i upotrebljava metode i sredstva koje otkriva fizika. Slobodno se može reći da fizika služi kao model egzaktnim naukama prirode i kao temelj na kojem se izgrađuju sve ostale prirodne nauke. Takođe fizika je naučna osnova tehnike i savremene tehnologije. Isto tako, fizika je eksperimentalna nauka, zato što se sve njene teorije oslanjaju na eksperimente i zajedno sa iskustvom služe kao jedini dokaz njihovog potvrđivanja.

Molekularna fizika

Predstavlja deo fizike koji izučava strukturu i svojstva materije polazeći od tzv. molekularno-kinetičke teorije. Saglasno tome, svako telo (čvrsto, tečno ili gasovito) sastoji se iz velikog mnoštva veoma malih čestica - molekula. Molekuli se mogu sastojati od jednog, dva ili više atoma. **Makroskopske** osobine materije (tvari) mogu se bolje razumeti pomoću molekularne teorije materije, tj. posmatrajući šta se događa u **mikroskopskom** svetu atoma i molekula. Atomi unutar molekula vezani su silama čije je poreklo električne prirode.

Molekularnu i atomsku strukturu moguće je shvatiti samo pomoću kvantne fizike, te ćemo se zadržati samo na kvalitativnom opisu međusobnog delovanja atoma i molekula.



Slika 1. Zavisnost sile od udaljenosti između atoma

Na slici 1. prikazano je kako sila zavisi od udaljenosti dvaju atoma u dvoatomnom molekulu i odgovarajuća potencijalna energija $Ep(r)$. Kad su atomi na međusobnoj udaljenosti, $r=ro$, molekul je u ravnotežnom stanju, a potencijalna energija je minimalna. Kada je udaljenost, $r<ro$, atomi se odbijaju jakim silama, za udaljenosti, $r>ro$ atomi se privlače. Odgovarajuće potencijalne energije zadovoljavaju uslov $F=-grad\ Ep$. Jedna od važnijih karakteristika ovakvih sila je zasićenost: čim se dva atoma privuku i formiraju molekul, oni više ne deluju na ostale atome.

Molekuli svake materije nalaze se u nesređenom, haotičnom kretanju, pri čemu nijedan smer kretanja nema prednost pred ostalim. Intenzitet tog kretanja zavisi od temperature materije.

Kod čvrstih tela molekuli (atomi) osciluju oko skoro fiksnih centara koji su pravilno raspoređeni formirajući kristalnu rešetku. U tečnostima su međumolekularne udaljenosti nešto veće, privlačne sile slabije, te su molekuli pokretljiviji. U gasovima molekuli su daleko jedan od drugog, međumolekularne sile vrlo su slabe te se molekuli kreću skoro slobodno i skoro ne utiču jedan na drugog.

U svim telima **čestice se neprestano kreću i** to kretanje nazivamo **toplotno kretanje**. **Zbog tog kretanja čestice poseduju toplotnu energiju**. Naš osećaj toplijeg i hladnijeg zavisi od kinetičke energije čestica materije s kojom dolazi u dodir. Dovedemo li dva tela, hladnije i toplije u međusobni kontakt, čestice s većom kinetičkom energijom u sudarima predaju energiju onima s manjom energijom. Na taj način energija u obliku toplote prelazi s jednog tela na drugo. Za telo koje pri tom gubi energiju kažemo da je toplije, a za ono na koje energija prelazi da je hladnije. Prelaz toplote traje sve dok se ne uspostavi ravnoteža. Molekuli koji se brže kreću u toplijem telu predaju svoju energiju molekulima hladnijeg tela, usporavaju se i toplije telo se hladi; molekuli hladnijeg tela ubrzavaju se i telo se greje. U termičkoj ravnoteži srednja kinetička energija istovrsnog kretanja molekula oba tela je jednaka.

Da bi smo odredili stepen zagrejanosti nekog tela, definišemo temperaturu. **Temperatura je u vezi sa srednjom kinetičkom energijom molekularnog kretanja**. Kad dva tela imaju jednaku srednju kinetičku energiju kretanja čestica (atoma ili molekula), ako ih

dovedemo u kontakt, toplotna energija neće prelaziti s jednog na drugo; kažemo da su tela na istoj temperaturi.

Klasična molekularno-kinetička teorija ne može objasniti sve pojave o toploti i za potpunije opisivanje toplotnih pojava potrebno je upotrebiti kvantnu fiziku, što izlazi iz okvira ove knjige.

Termodinamika

Termodinamika je deo fizike koji proučava toplotna stanja materije, definiše **makroskopska** svojstva i utvrđuje matematičke relacije koje takva svojstva (termodinamičke koordinate) povezuju u stanju *ravnoteže zatvorenih sistema*. Jednostavnije rečeno, termodinamika je nauka koja izučava pojave nastale međusobnim pretvaranjem toplotne i drugih oblika energije (mehaničke, hemijske, električne). Na osnovu iskustva znamo da se iz mehaničkog rada dobija toplota. Znamo da se radom, na primer, trljanjem, mehanička energija pretvara u toplotnu (dobijanje vatre u stara vremena). Ovo pretvaranje je relativno lagano i potpuno, što znači da se sav utrošeni rad pretvara u toplotu. Takođe, poznato je da se i toplota može pretvoriti u mehanički rad. Heron Aleksandrijski zapazio je da voda grejanjem provri i isparava i da nastala para može vršiti rad. Međutim, ovo pretvaranje toplote u rad nije jednostavno i nikad nije potpuno. Rešavanje odnosa kod pretvaranja rada u toplotu, odnosno toplote u mehanički rad, uticalo je da se termodinamika razvije kao nauka. Ona je nastala više iz empirijskih saznanja i praktične potrebe nego iz teorijskih razmatranja.

Pronalazak parne mašine i njena primena u transportu i proizvodnji dovela je do naglog razvoja industrije koja je zahtevala sve veće i ekonomičnije mašine. Da bi se taj zahtev zadovoljio, bilo je potrebno da se prouče procesi koji se u tim mašinama dešavaju. To je bio osnovni i prvi zadatak termodinamike. Zato možemo reći da se termodinamika javila i razvila kao teorijska osnova termotehnike. Naravno, ona je u svom daljnjem razvoju izišla vrlo brzo iz tih granica i uključila se u istraživanja mnogih fizičkih/fizikalnih, hemijskih i drugih procesa. Dakle, termodinamika se razvila, istorijski gledano, kroz rešavanje problema parne mašine, odnosno proučavanjem mehanizma pretvaranja toplote u mehanički rad. Klasična termodinamika razvila se više zahvaljujući empirijskim potrebama nego teorijskim razmatranjima. Naime, kada je krajem 18. veka pronađena parna mašina i kada se početkom 19. veka počela široko primjenjivati postalo je interesantno koliko se rada može dobiti iz toplote. Trebalo je odrediti kvantitativni odnos između toplote i mehaničkog rada, odnosno raznih oblika energije.

Termodinamika se razvila iz saznanja dobijenih eksperimentima i zasniva se na eksperimentalno utvrđenim zakonima, tj. zakonima termodinamike. Spomenimo ih:

- **Prvi postulat ravnoteže** govori da svaki sistem prirodnih tela teži ravnotežnom stanju, a kada ga postigne, sistem više nije sposoban da se sam od sebe merljivo promeni.

- **Drugi postulat ravnoteže** govori, ako je jedno od dvaju tela, koja se nalaze u toplotnoj ravnoteži, u ravnoteži s nekim trećim telom, onda je u ravnoteži s tim telom i drugo od dvaju tela. Drugi postulat ravnoteže naziva se i nultim zakonom termodinamike.
- **Prvi zakon termodinamike** je proširenje opšteg prirodnog zakona na toplotne pojave. To je zakon o očuvanju/održanju i pretvaranjima/transformacijama energije.
- **Drugi zakon termodinamike** ukazuje na smer odvijanja procesa koji se dešavaju u prirodi koja nas okružuje i izražava osobenost tih procesa.
- **Treći zakon termodinamike** omogućuje da se jednoznačno odredi važna termodinamička veličina stanja – entropija.

Stanja materije

Posmatranjem okolnog sveta zapažamo da u njemu do izražaja dolaze dve tendencije. Jedna od njih nastoji da materiju što više širi/raseje, a druga da je što više skupi. Posledica prve tendencije je velika raširenost/rasejanost materije i ogromna svemirska rasprostranjenost. Delovanje druge tendencije ogleda se u privlačnim silama koje vladaju u mikro-svetu (nuklearne sile u jezgru atoma, električne sile između jezgra i elektrona) i u makro-svetu kao što je sila gravitacije u Svemiru. Stoga možemo zamisliti da postoje i takva stanja kod kojih prevladava jedna od ovih tendencija. Dolazimo do **idealnog gasnog stanja**, gde nema uticaja privlačnih sila među molekulima, pa među njima vlada potpuni nered, i do **idealnog krutog stanja**, gde je položaj jedne čestice strogo uslovljen položajem druge čestice i prema tome vlada potpuni red.

Između ovih graničnih idealnih stanja susrećemo se sa stanjima kod kojih se uočavaju obe tendencije. Polazeći od idealnog gasnog stanja prema idealnom krutom stanju postoje stvarna stanja:

- idealno gasno stanje
- realni gasovi
- tečnosti
- neidealne krute materije
- idealno kruto stanje.

Porast uticaja privlačnih sila među molekulima ogleda se i u promeni nekih svojstava pojedinih stanja, npr. u otporu koje pojedino stanje pruža sili koja nastoji promeniti njihov oblik ili zapreminu/volumen.

Osnovne termodinamičke veličine stanja

Da bi mogli potpuno definisati stanja materije potrebno je poznavati neke fizikalne veličine koje ta stanja opisuju, a nazivaju se **veličine stanja**. Razlikujemo dva skupa: osnovne termodinamičke veličine stanja i toplotne veličine stanja. Prvo ćemo se upoznati s osnovnim veličinama stanja, a to su: zapremina/volumen, pritisak i temperatura.

Zapremina je prostor što ga ispunjava zadata masa neke materije. Pri konstantnim fizikalnim uslovima, zapremina materije zavisi od mase materije. Zbog toga se kao osnovna termodinamička veličina stanja radije koristi **specifična zapremina**, a to je zapremina koju zauzima jedinica mase materije.

$$v = V/m$$

v = specifična zapremina, $m^3\,kg^{-1}$

V = ukupna zapremina, m^3

m = masa materije, kg

Specifične veličine se, dakle, odnose na 1 kg materije. Drugi fizikalni uslovi, kao što je promena temperature ili pritiska, mogu dakako promeniti zapreminu kao i specifičnu zapreminu. Recipročna vrednost specifične zapremine je gustina materije:

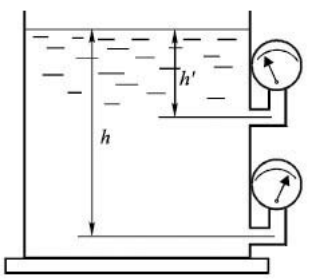
$$\rho = 1/v = m/V, \ [kgm^{-3}].$$

Pritisak, p je sila koja deluje normalno na jedinicu površine.

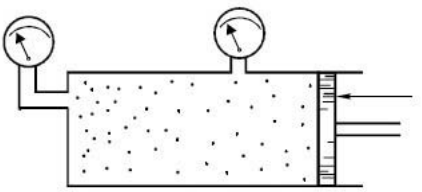
$$p = F/A, \ [N\,m^{-2}].$$

Kod tečnosti i gasova pritisak deluje na graničnim površinama i unutrašnjosti sistema. Sila, F može biti izazvana vlastitom težinom medijuma ili spoljašnjim opterećenjem.

Pritisak zbog vlastite težine zavisi od visine tečnosti ili gasa. Često je, međutim, spoljašnje opterećenje tako veliko da se pritisak izazvan vlastitom težinom može zanemariti. U tom slučaju je pritisak izmeren na bilo kom mestu u sistemu približno jednak. Kod sistema koje susrećemo u nauci o toploti, promena pritiska s visinom kod gasova se može zanemariti i merodavno je spoljašnje opterećenje, ali kod tečnosti treba često voditi računa i o visini stuba tečnosti. Razlikujemo apsolutni pritisak, nadpritisak i sniženi pritisak ili podpritisak (vakuum).



Slika 2. Pritisak zbog vlastite težine



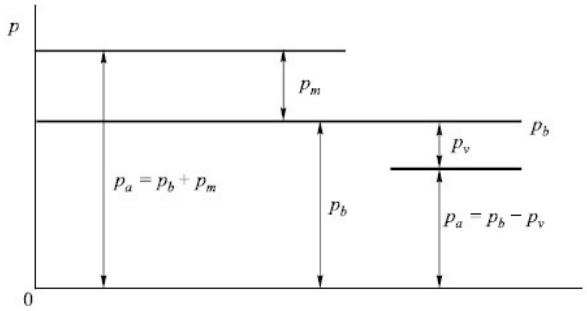
Slika 3. Pritisak zbog spoljašnjeg opterećenja

Nadpritisak i sniženi pritisak odnose se na atmosferski pritisak, dok je apsolutni pritisak ukupni pritisak kojim deluje gas ili para. Apsolutni pritisak predstavlja zbir barometarskog i manometarskog pritiska, tj.

$$p_a = p_b + p_m$$

Ako je pritisak u nekoj posudi manji od barometarskog, taj podpritisak ili vakuum očitava se na vakuummetru. U tom slučaju apsolutni pritisak je jednak razlici barometarskog pritiska i vrednosti koju pokazuje vakuummetar, tj.

$$p_a = p_b - p_v$$



Slika 4. Prikaz pritiska u odnosu na okolni pritisak

Treba napomenuti da samo apsolutni pritisak predstavlja veličinu stanja. Na sledećoj slici dat je prikaz pritiska u odnosu na okolni pritisak.

Jedinica pritiska u SI sistemu je

$$Nm^{-2} = Pa$$

Veća jedinica je bar

$$bar = 10^5 \text{ Pa}.$$

Temperatura je termička veličina stanja koja označava meru srednje kinetičke energije molekula. Razmotrimo dva ravnotežna postulata.

Prvi postulat ravnoteže

Ako se dva tela, čija se toplotna stanja razlikuju, dovedu u međusobnu vezu, njihova stanja će se menjati toliko dugo dok se ne uspostavi ravnoteža. Pri tome se izjednačuju ta tela u svim svojstvima, npr. temperaturi, pritisku itd. Ako su oni izolovani od ostalog sveta, tj. od okoline, na njima ne dolazi do promena. Taj iskustveni podatak možemo izraziti kao prvi postulat ravnoteže klasične termodinamike i on glasi: svaki sistem prirodnih tela teži ravnotežnom stanju, a kada ga postigne, nije više sposoban da se sam od sebe merljivo promeni. To važi samo za područja na kojima se njegova vrednost može izričito potvrditi bilo iskustvom ili misaonim razmatranjima.

Drugi postulat ravnoteže ili nulti zakon termodinamike

Iz iskustva znamo da ako je neko telo A u toplotnoj ravnoteži s telom B i s telom C, onda su i tela B i C u međusobnoj toplotnoj ravnoteži. Ovaj ravnotežni postulat naziva se i nulti zakon termodinamike.

Na osnovu ovih iskustvenih zakona možemo upoređivati toplotna stanja dvaju tela. Neko telo, npr. toplomer, dovešćemo u uzastopni dodir s onim telima čija toplotna stanja upoređujemo, pri čemu se tokom nekog vremena postiže toplotna ravnoteža između pojedinog od tih tela i toplomera.

Poznato je da se kod promene temperature menjaju i neka fizička svojstva tela, npr. zapremina, električni otpor, elektromotorna sila, intenzitet isijavanja itd. U instrumentima kojima se meri temperatura koriste se upravo ta svojstva materije. Za jedinicu mere temperature uzima se 1 °. On se određuje tako da se veličina promene neke osobine materije, npr. zapremine između odabranih tačaka (čvorišnih) podeli na jednake delove. Čvorišne točke kod Celsiusove temperaturne skale kod pritiska od 1.01325 bara su tačka topljenja leda, 0 °C i tačka ključanja vode 100 °C. Podelom stuba žive između ovih tačaka na 100 jednakih delova dobijen je 1 °C. Tako je dobijena empirijska temperaturna skala. Ako se ova skala uporedi sa skalom koju dobijemo na isti način, ali pomoću alkohola utvrdićemo razlike koje su posledica različitog ponašanja žive i alkohola.

Jedina materija čije toplotno širenje/rastezanje s povišenjem temperature nije promenljivo je idealni gas. On se pri p = konst., za svaki °C širi za 1/273.15 zapremine koju zauzima kod 0 °C. Budući da se idealni gas linearno širi s povišenjem temperature on daje egzaktno podeljenu skalu koja se naziva termodinamička skala. Kao čvorišna tačka ove skale usvojena je 1954. godine, umesto tačke topljenja leda kod 0 °C, trojna tačka vode 0.01 °C kod pritiska od 6.11 mbar kod koje istovremeno postoji led, voda i para. Ako se idealni gas hladi za 273.16 °C, polazeći od trojne tačke vode, a zapremina ostaje konstantna, pritisak mora pasti na nulu. Ovoj apsolutnoj nulatački temperaturna vrednost je nula. Na njoj se zasniva Kelvinova temperaturna skala koja ima istu podelu kao i Celzijusova.

Definisanje stanja materije

Da bi mogli potpuno definisati neko stanje materije neophodno je upoznati neke veličine stanja pomoću kojih se mogu izračunati i ostale veličine. Neke od tih veličina mogu se direktno meriti mernim instrumentima, a druge, koje nisu direktno dostupne merenju, mogu se pomoću prikladnih jednačina relativno jednostavno izračunati. Od veličina koje se direktno mogu meriti pomenimo zapreminu/volumen, V, masu, m, pritisak, p i temperaturu, T materije koja se nalazi u nekom sistemu, a od veličina koje se ne mogu meriti direktno pomenimo unutrašnju energiju, u, entalpiju, h i entropiju, s. Veličine stanja koje možemo direktno meriti međusobno povezuje matematički izraz koji nazivamo **jednačina**

stanja. Pomoću jednačine stanja mogu se, za neko stanje, iz zadatih veličina odrediti i ostale veličine koje ta jednačina povezuje.

Budući da kod idealnih gasova nema privlačnih sila između molekula, postoji jednačina stanja, koja uopšteno važi za takve gasove i naziva se jednačina stanja idealnih gasova. Čim se počnu javljati privlačne sile među molekulama, dolazi do odstupanja od te jednačine. Tako se kod realnih gasova moraju koristiti korekcioni koeficijenti i pojavljuje se veći broj usvojenih formula za jednačinu stanja, a koje zadovoljavaju u manjoj ili većoj meri. Tu je nemoguće postaviti jednačinu koja bi generalno važila, zbog toga što do izražaja dolazi individualnost pojedine materije kao posledice delovanja različitih privlačnih sila. Kod tečnosti i krutih materija zato nema jednačina stanja, nego izvestan broj zakonitosti i zavisnosti za pojedine veličine stanja. Mi ćemo posmatrati, uglavnom, gasno stanje.

Jednačina stanja idealnog gasa

Veličine stanja koje smo upoznali, tj. p, v i T, međusobno su zavisne. Ta zavisnost može biti izražena analitičkom jednačinom, grafikonom ili tabelom. Poznavanje te zavisnosti je nužno da bi se mogla izvršiti kvantitativna analiza stanja radnog tela. Najprikladnije izražavanje zavisnosti među osnovnim parametrima stanja predstavlja analitička jednačina koja ima oblik

$$f(p, v, T) = 0$$

Prema tome, ako su poznate dve od ovih veličina, treća se može izračunati iz odnosa

$$p = f_1(v, T)$$
$$v = f_2(p, T)$$
$$T = f_3(p, v)$$

Budući da prikazana jednačina određuje stanje tela, ona se naziva jednačina stanja.

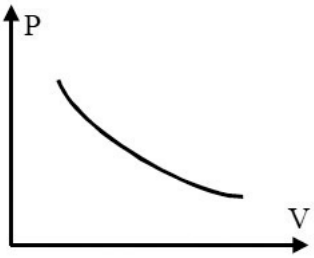
Da bi se došlo do jednačine stanja postoje dva načina: **eksperimentalni**, koji se zasniva na ogledima, i **analitički**, koji se izvodi iz kinetičke teorije gasova. Oba načina dovode do istog rezultata. (Kod eksperimentalnog određivanja upotrebljen je vazduh, a to je „permanentni" gas koji kod običnih uslova uvek malo odstupa od ponašanja idealnih gasova. Realni gasovi se približavaju idealnom ponašanju kada su izloženi malom pritisku i visokoj temperaturi što dovodi do većih udaljenosti među molekulima i do opadanja delovanja privlačnih sila.)

Normalni uslovi

U termodinamici se često susrećemo s pojmom „normalni uslovi". Oni se pripisuju stanju koje je okarakterisano pritiskom od 1.013 bara i temperaturom od 0 °C. Ponekad se za normalne uslove uzima stanje okarakterisano pritiskom od 0.98 bara i temperaturom od 15°C. Ovakvi uslovi se retko koriste, a nazivaju se „normalni tehnički uslovi".

GASNI ZAKONI

Gasovi se razlikuju od čvrstih tela i tečnosti i po tome što teže da zauzmu što veću zapreminu (celu zapreminu koja im stoji na raspolaganju), vršeći pritisak na zidove suda. Pri promeni zapremine gasa menjaće se i pritisak, ukoliko temperaturu održavamo konstantnom.Uporednim merenjem zapremine i pritiska, pri konstantnoj temperaturi, pokazuje se da je zapremina gasa obrnuto srazmerna pritisku, tj.:

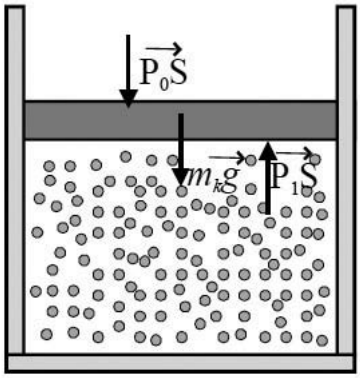


Slika 5. Grafički prikaz Bojl-Mariotovog zakona

$$V_1/V_2 = P_2/P_1 \Rightarrow V_1P_1 = V_2P_2 = const\ ,$$

odnosno, proizvod pritiska i zapremine gasa pri stalnoj temperaturi je konstantan. Ovo je sadržaj **Bojl-Mariotovog zakona**. Na sledećoj slici dat je grafički prikaz ovog zakona. Kriva na slici je ravnostrana hiperbola koju nazivamo još i **izoterma**.

Ranije smo već videli da se pri zagrevanju šire čvrsta tela i tečnosti. Gasovi se, takođe šire i to znatno više. Na prethodnom primeru proučili smo promenu zapremine gasova pri konstantnoj temperaturi (pa se u ovom slučaju ne radi o termičkom širenju). Razmotrimo sada slučaj prikazan na sledećoj slici.



Slika 6. Cilindar sa gasom

U cilindru sa nalazi gas na pritisku P_1, koji zauzima zapreminu V_1, na temperaturi T_1. Cilindar je zatvoren klipom mase m_k koji može da, bez trenja, kliza po zidovima cilindra. Ako je klip u ravnoteži onda je, po II Njutnovom zakonu, suma svih sila koje na njega deluju jednaka nuli, a to znači da je zbir sile pritiska kojom atmosfreski vazduh deluje odozgo i sile teže koja deluje na klip, jednak sili pritiska kojom gas deluje odozdo. Ako dno cilindra dovedemo u kontakt sa grejačem doći će do zagrevanja gasa na temperaturu T_2, koji će se zbog toga širiti i potisnuti klip na gore do uspostavljanja novog ravnotežnog stanja. Dakle, došlo je do promene zapremine gasa do V_2. Kako je atmosferski pritisak nepromenjen ($P_0 = const$), kao i masa klipa, da bi bili ispunjeni uslovi ravnoteže pritisak gasa je morao ostati konstantan ($P_2 = P_1 = const$). Uzastopnim merenjem zapremine i temperature gasa može se pokazati da je:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 = ... = V/T = const\ ,$$

tj. pri konstantnom pritisku odnos zapremine i temperature gasa je konstantna veličina, što predstavlja **Gej-Lisakov zakon**.

Zamislimo sada da je klip sa prethodne slike fiksiran za zidove suda i da se ne može pomerati. Time je obezbeđeno da zapremina gasa u cilindru bude konstantna. Zagrevanjem gasa menjaće se njegova temperatura, gas će pokazivati težnju da se širi i poveća svoju zapreminu, što će biti onemogućeno činjenicom da je klip nepokretan. Zbog toga će rasti pritisak gasa na klip cilindra i to tako da je:

$$P_1/T_1 = P_2/T_2 = ... = P/T = const ,$$

odnosno, pri konstantnoj zapremini idealnog gasa odnos pritiska i temperature gasa je konstantna veličina. Ovo je tzv. **Šarlov zakon**.

Objedinjujući sva tri gasna zakona možemo izvesti jedinstven zaključak:

$$PV/T = const ,$$

pri čemu se može pokazati (eksperimentalno) da je konstanta u gornjem izrazu jednaka proizvodu broja molova i univerzalne gasne konstante. Tako se i na ovaj, empirijski (iskustveni) način došlo do jednačine stanja idealnih gasova.

Realni gasovi

Ranije je rečeno da se svi gasovi slično ponašaju i da se na njih mogu primeniti zakoni koji važe za idealnie gasove, u uslovima visoke temperature i niskog pritiska (ili male gustine). Ako to, međutim, nije slučaj, onda se gasovi veoma razlikuju i na njih se ne može primeniti model idealnog gasa (pre svega, ne mogu se zanemariti međumolekulske interakcije), niti važi jednačina stanja idealnog gasa, bez unošenja određenih popravki. Te popravke je uveo Van der Vals, pa je po njemu jednačina stanja primenljiva na realne gasove i dobila ime.

Molekuli realnog gasa nisu materijalne tačke, već se mogu tretirati kao krute sfere prečnika *d*. To znači da se ni jedan molekul realnog gasa ne može približiti zidu suda na manje rastojanje od $d/2$, niti rastojanje između centara dva molekula može biti manje od *d*. To takođe znači da molekulima realnog gasa ne stoji na raspolaganju ista zapremina u kojoj se mogu kretati kao jednakom broju molekula idealnog gasa u istom sudu, već manja. Koliko je ona manja zavisi od veličine molekula konkretnog gasa. Dakle, ako je jednom molu idealnog gasa na raspolaganju zapremina $V_m = V/n$, gde je *V* zapremina suda, a *n* broj molova gasa, onda jednom molu realnog gasa u istom sudu na raspolaganju je zapremina *Vm - b*, gde se konstanta *b* određuje eksperimentalno.

Zbog smanjenja zapremine povećava se broj udara molekula gasa o zidove suda, tj. raste pritisak i smanjuje rastojanje između molekula što znači da rastu međumolekulske interakcije. Da bismo shvatili kakva je veza između povećanja broja interakcija (i povećanja pritiska) i smanjenja zapremine, posmatrajmo sud u kome se nalaze čestice idealnog gasa (materijalne tačke) kroz koji prolazi zamišljena ravan. Svaka čestica gasa sa jedne (npr.

leve) strane ravni interaguje i sa *k* čestica sa druge strane ravni, a i ove sa njima. Umesto da čestice idealnog zamenimo česticama realnog gasa (i time smanjimo zapreminu koja svakoj čestici stoji na raspolaganju da unutar nje deluje na druge čestice), jednostavnije za razumevanje je da zadržimo čestice idealnog gasa, ali im povećamo broj unutar iste zapremine. Recimo da smo udvostručili broj čestica gasa. To sada znači da svaka čestica sa leve strane ravni interaguje sa *2k* čestica sa desne strane, ali i da svaka sa desne strane interaguje sa *2k* čestica sa leve. Dakle, ukupan broj interakcija uvećao se četiri puta (sa kvadratom porasta broja čestica). To znači, ako se vratimo na razmišljanje umesto o broju čestica, na zapreminu koja jednom istom broju stoji na raspolaganju, da što je zapremina manja to je broj interakcija veći i to sa kvadratom te zapremine. Zbog toga raste pritisak i ako je on u slučaju idealnog gasa bio P, u slučaju realnog gasa biće $P + a/V^2_m$, gde je a konstanta koja se određuje eksperimentalno.

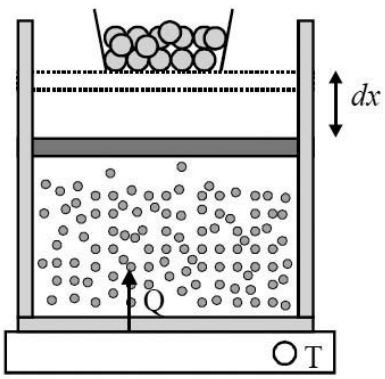
Dakle, jednačina koja opisuje stanje realnih gasova (za jedan mol) glasi:

$$(P + a/V^2_m)\,(V_m - b) = RT$$

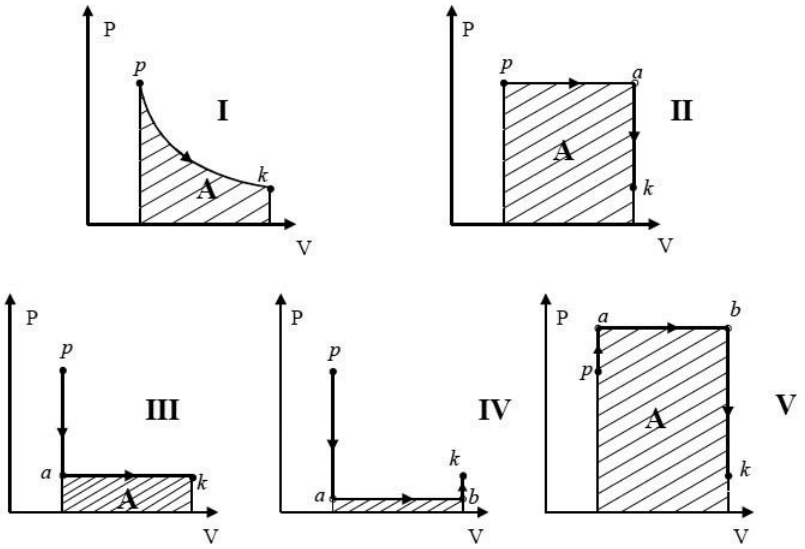
Veza između toplote i rada

Na sledećoj slici predstavljen je cilindar čiji su zidovi napravljeni od termoizolacionog materijala, kao i laki klip koji ga zatvara i koji može bez trenja da klizi duž zidova suda. Cilindar je ispunjen idealnim gasom. Parametri koji opisuju stanje gasa su, kako smo već ranije naglasili, pritisak, temperatura i zapremina.

Temperatura gasa može se kontrolisati dodavanjem količine toplote (Q) iz rezervoara toplote (grejača) na koji je cilindar postavljen. Pritisak gasa se može kontrolisati dodavanjem ili uklanjanjem olovnih kuglica koje se nalaze u posudi kojom je pritisnut klip. Zapremina se kontroliše tako što se klip može fiksirati za zidove suda. Neka su parametri gasa u početnom stanju: V_p, P_p, T_p, što možemo predstaviti tačkom *p* na P-V dijagramu. Naime, uobičajeno je, a i vrlo korisno, da se promene stanja gasa predstavljaju na grafiku na kome je pritisak na ordinatnoj, a zapremina na apscisnoj osi i takav grafik se naziva P-V dijagram. Nekoliko takvih dijagrama prikazano je na sledećoj slici (dijagrami od I do V). Promenom jednog ili više parametara stanja, gas možemo iz početnog prevesti u neko konačno stanje, koje je reprezentovano tačkom *k* na dijagramima. Tački *k* odgovaraju parametri T_k, P_k, V_k. Način na koji gas prelazi iz početnog u konačno ravnotežno stanje naziva se termodinamički proces. Termodinamički proces odvija dovoljno sporo da se i sva među – stanja gasa mogu smatrati ravnotežnim stanjima.



Slika 7. Izolovani cilindar



Slika 8. P-V dijagrami

Pretpostavimo da smo uklanjanjem nekoliko olovnih kuglica, gasu dozvolili da se širi i potisne klip na gore za neko *dx*, delujući silom $\vec{F}$. Tada je rad koji je izvršio gas:

$$dA = \vec{F} \bullet \vec{dx} = F \bullet dx \bullet \cos 0 = Fdx = F\frac{dV}{s} = PdV \Rightarrow A = \int_{V_p}^{V_k} PdV$$

Kao što vidimo rad je pozitivan, $A>0$.

Isto bismo dobili i da je broj kuglica nepromenjen, što bi značilo da je pritisak konstantan, a da smo npr. grejali gas dodajući mu iz rezervoara toplote neku količinu toplote ($Q>0$). Zbog težnje da se pri zagrevanju širi gas bi delovao na klip tako da se on pomeri na gore za *dx*, pa bi rad takođe bio pozitivan. Ono što je u ova dva slučaja različito je način na koji je gas prešao iz jednog stanja (V_p) u drugo stanje(V_k), odnosno, u pitanju je različit termodinamički proces. Različita je i količina toplote koju je gas razmenio sa okolinom, ali i rad koji je izvršio. Naime, geometrijska interpretacija integrala, u gornjem izrazu za rad, je da on predstavlja površinu ispod krive $P = P(V)$ koja je na slikama šrafirana. Sa njih se jasno vidi da rad zavisi (površina slika nije ista) od vrste termodinamičkog procesa. Takođe se vidi da je moguće naći proces (*pabk*, dijagram IV)takav da je prelazak gasa iz početnog u konačno stanje praćen vršenjem proizvoljno malog ili proizvoljno velikog (*pabk*, dijagram V) rada od strane gasa.

Ukoliko bismo dodali nekoliko kuglica, klip bi bio potisnut na dole, kao i u slučaju hladjenja gasa ($Q<0$). Tada bi ugao između sile kojom gas deluje na klip i pomeraja klipa bio π, pa je jasno (iz gornjeg izraza za rad) da bi rad koji gas vrši bio negativan ($A<0$). U tom slučaju kažemo da je izvršen rad nad gasom. Takođe je moguć proces prelaska gasa iz početnog u konačno stanje pri kome nema razmene toplote sa okolinom ($Q = 0$), a da gas vrši rad ili se nad gasom vrši rad. I na kraju, moguće je da bez obzira na to da li gas prima toplotu ili je predaje okolini, rad bude jednak nuli. Iz izraza za rad vidimo da je to slučaj kada je $dV = 0$, odnosno, kada se u termodinamičkom procesu menja stanje bez promene zapremine. Ovom slučaju odgovaraju procesi *pa* na dijagramima III, IV i V, odnosno *ak* na dijagramu II.

Da zaključimo: količina toplote koju gas razmenjuje sa okolinom prelazeći iz jednog u drugo ravnotežno stanje, kao i izvršeni rad pri tome, zavisi od vrste termodinamičkog procesa, odnosno od načina na koji se ta promena odvija.

Može se pokazati da, osim Q i A, od vrste termodinamičkog procesa zavisi i Q+A, Q×A, itd. ali veličina koja je jednaka razlici razmenjene toplote i izvršenom radu (Q) ne zavisi. Ova razlika zavisi samo od početnog i konačnog stanja gasa, odnosno vrednosti parametara gasa u tim stanjima. Zbog toga ova razlika ima i svoje posebno ime i naziva se **unutrašnja energija gasa** (*U*).

Unutrašnja energija gasa

Energija jednog molekula gasa sastoji se od njegove kinetičke i potencijalne energije:

$$E_1 = E_{k1} + E_{p1}$$

Kinetička energija molekula predstavlja zbir kinetičke energije translatornog kretanja centra mase molekula, rotacije molekula i oscilacije atoma unutar molekula:

$$E_{k1} = E_{k1tr} + E_{k1ror} + E_{k1vib}$$

dok je potencijalna energija uslovljena položajem atoma u molekulu i položajem molekula u polju drugih molekula (u slučaju idealnih gasova ovaj se doprinos zanemaruje jer ne postoje interakcije između molekula).

Unutrašnja energija gasa predstavlja zbir energija svih molekula tog gasa:

$$U = \sum_{i=1}^{N} E_i = N\langle E_1 \rangle,$$

gde je $\langle E_1 \rangle$ srednja energija jednog molekula.

Kako je:

$$\langle E_1 \rangle = \frac{i}{2} kT$$

dobija se da je unutrašnja energija:

$$U = \frac{i}{2} NkT = \frac{i}{2} nRT = nC_V T.$$

Konstanta *i* u izrazu za unutrašnju energiju predstavlja broj stepeni slobode za određeni molekul i iznosi $i = 3$, za jednoatomne molekule (molekule tipa He, Ne, Ar,...), odnosno $i = 5$ za dvoatomne molekule (molekule tipa N_2, O_2, H_2, itd.).

Konstanta

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

(R je univerzalna gasna konstanta), naziva se toplotni kapacitet pri konstantnoj zapremini. Za određeni gas ima uvek istu vrednost, zavisi samo od broja stepeni slobode molekula i ne zavisi od vrste procesa kroz koji gas prolazi. Osim što se iz samog izraza za C_V vidi, u prethodnoj rečenici je i posebno naglašeno da se radi o karakteristici gasa koja ne zavisi od vrste procesa, da bi se još jednom istakla činjenica da ni unutrašnja energija ne zavisi od vrste procesa kroz koji gas prolazi, odnosno od načina na koji gas prelazi iz početnog u konačno stanje, već samo od tih stanja, preko parametra T. Zato za unutrašnju energiju kažemo da je ***prava funkcija stanja***.

Prvi zakon termodinamike

Razmenjena količina toplote gasa sa okolinom jednaka je zbiru promene njegove unutrašnje energije i izvršenom radu u termodinamičkom procesu u kom gas učestvuje, tj.:

$$\delta Q = dU + d' A$$

U matematičkom zapisu Prvog zakona termodinamike korišćene su pomalo neuobičajene oznake. Kako gas ne može da poseduje toplotu (podsetimo se, toplota je energija koju on razmeni sa drugim telom, tj. okolinom), onda ona ne može ni da mu se promeni, već δ označava elementarno malu razmenjenu toplotu. Slično, gas ne poseduje rad, već ga vrši ili se nad njim rad vrši, pa shodno tome oznaka $d`$ predstavlja elementarno mali izvršeni rad, odnosno rad izvršen pri elementarno maloj promeni stanja gasa. S druge strane, gas poseduje unutrašnju energiju, pa je moguće i da mu se ona promeni. Reč je o pravom diferencijalu funkcije unutrašnje energije.

Koristeći izraze za unutrašnju energiju i rad, Prvi zakon termodinamike možemo napisati i kao:

$$\delta Q = nC_V dT + PdV.$$

Prvi zakon termodinamike i termodinamički procesi

Kako je ranije rečeno, gas može da pređe iz jednog u drugo ravnotežno stanje na različite načine. Ipak, četiri termodinamička procesa smatramo osnovnim i njima ćemo se detaljnije baviti. To su: ***izotermski***, ***izohorni***, ***izobarni*** i ***adijabatski*** proces. U ovom odeljku zadatak nam je da primenimo Prvi zakon termodinamike na ova četiri procesa.

Izotermski proces

Izotermski proces promene stanja gasa od početnog (stanje 1) do konačnog (stanje 2) predstavljen je na sledećoj slici.

Kriva kojom se on predstavlja se naziva izoterma. To je takav proces pri kome gas ne menja svoju temperaturu. Dakle:

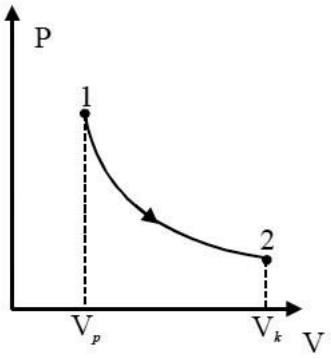
$$T = const \Rightarrow dT = 0$$

Ako ovo zamenimo u Prvi zakon termodinamike dobijamo:

$$\delta Q = d'A = PdV$$

Dakle, razmenjena količina toplote u celom procesu je:

$$\Delta Q = \int_{V_p}^{V_k} PdV$$



Slika 9. Izotermski proces

Koristeći jednačinu stanja idealnog gasa pritisak možemo izraziti preko temperature i zapremine, pa dobijamo:

$$\Delta Q = A = nRT \ln \frac{V_k}{V_p}$$

Ukoliko se proces odvija u smeru označenom na prethodnoj slici (1→2), tj. u smeru rasta zapremine, onda je količnik

$$\frac{V_k}{V_p} \rangle 1,$$

pa je

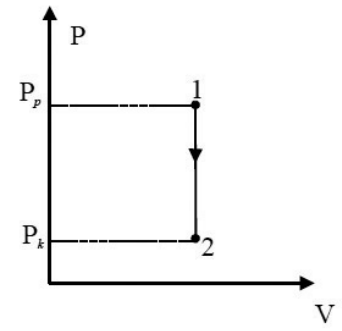
$$\ln\frac{V_k}{V_p}\rangle 0 \;\; i \;\; \Delta Q\rangle 0,$$

što znači da gas mora da primi toplotu od okoline da bi se ovaj proces odigrao. Ujedno, sva primljena toplota troši se na vršenje rada. Ako se proces odvija u suprotnom smeru, odnosno ako je konačno stanje stanje koje odgovara manjoj zapremini od početne, onda gas predaje toplotu okolini i nad njim se vrši rad:

$$\frac{V_k}{V_p}\langle 1 \Rightarrow \ln\frac{V_k}{V_p}\langle 0 \Rightarrow \Delta Q = A\langle 0.$$

IZOHORNI PROCES

Na sledećoj slici je prikazan proces promene stanja idealnog gasa pri kome zapremina gasa ostaje nepromenjena. To je izohorni proces, a kriva (zapravo, prava) kojom se on predstavlja se naziva ***izohora***.



Slika 10. Izohorni proces

Dakle,:

$$V = const \Rightarrow dV = 0 \Rightarrow dA = 0 \Rightarrow \delta Q = dU = nC_V dT \Rightarrow$$

$$\Delta Q = \int_{T_p}^{T_k} nC_V dT = nC_V \int_{T_p}^{T_k} dT \Rightarrow$$

$$\Delta Q = nC_V \left(T_k - T_p\right)$$

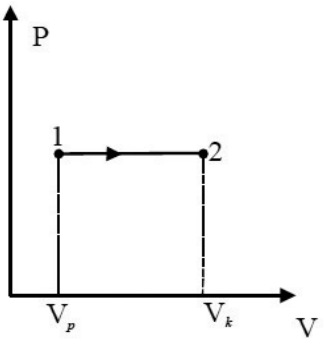
Primenom prvog zakona termodinamike dobili smo da pri izohornom procesu nema vršenja rada, već se ukupna količina toplote troši na promenu unutrašnje energije. Gornji izraz će biti pozitivan (što znači da gas mora da primi tu količinu toplote) ako je konačna temperatura veća od početne. Da li je to slučaj sa procesom prikazanim na našoj slici znaćemo ako primenimo jednačinu stanja idealnog gasa ($PV = nRT$) iz koje se vidi da pri konstantnoj zapremini opadanju pritiska odgovara opadanje temperature, pa je

$$T_k\langle T_p \Rightarrow T_k - T_p\langle 0 \Rightarrow \Delta Q\langle 0.$$

Znači da je u ovom procesu gas predao okolini količinu toplote ΔQ i da mu se smanjila unutrašnja energija. Da je smer procesa bio obrnut (strelica od tačke 2 ka tački 1) to bi odgovaralo povećanju pritiska, odnosno povećanju temperature pa bi ΔQ bilo pozitivno, što bi značilo da se proces odvija uz utrošak toplote koju bi gas primio od okoline.

IZOBARNI PROCES

Izobarni proces je proces koji se odvija pri konstantnom pritisku (P=const). Na sledećoj slici predstavljen je krivom (pravom) koja se naziva ***izobara***.



Slika 11. Izobarni proces

Primena I zakona termodinamike daje:

$$\delta Q = nC_V dT + PdV \Rightarrow \Delta Q = nC_V \int_{T_p}^{T_k} dT + P \int_{V_p}^{V_k} dV$$

Koristeći se jednačinom stanja idealnog gasa uvodimo smenu:

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nR}{P}T \Rightarrow dV = \frac{nR}{P}dT \Rightarrow$$

$$\Delta Q = nC_V \int_{T_p}^{T_k} dT + P \int_{T_p}^{T_k} \frac{nR}{P} dT = n\left(C_V + R\right) \int_{T_p}^{T_k} dT \Rightarrow$$

$$\Delta Q = nC_p \left(T_k - T_p\right)$$

Ovde je uvedena nova konstanta:

$$C_p = C_V + R = \frac{i+2}{2}R$$

koja se naziva ***toplotni kapacitet pri konstantnom pritisku*** i koja takođe zavisi samo od vrste gasa, odnosno od broja stepeni slobode molekula gasa. Inače i odnos toplotnih kapaciteta pri konstantnom pritisku i konstantnoj zapremini je konstanta koja ima svoj naziv i to ***eksponent adijabate ili konstanta adijabate***:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i}$$

Da li gas u izobarnom procesu prima ili oslobađa toplotu znaćemo ako ispitamo pozitivnost izraza za ΔQ, što, očigledno, zavisi od toga da li se proces odvija u smeru porasta ili smanjenja temperature. Dakle ako se proces odvija u smeru rasta zapremine (kao na slici), onda iz jednačine stanja idealnog gasa sledi da pri konstantnom pritisku mora rasti i temperatura, pa je

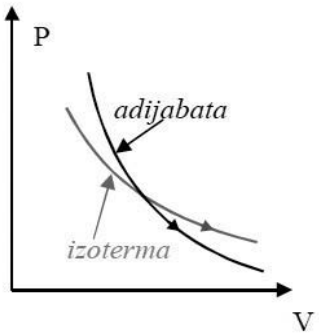
$$T_k \rangle T_p \Rightarrow T_k - T_p \rangle 0 \Rightarrow \Delta Q \rangle 0$$

gas je primio toplotu. U slučaju da strelica pokazuje takav smer odvijanja procesa koji vodi smanjenju zapremine, zaključak će biti obrnut.

Adijabatski proces

Adijabatski proces je proces koji se odvija bez razmene toplote sa okolinom što se može postići na dva načina:

- termodinamički sistem je idealno toplotno izolovan od okoline ili
- proces se odvija veoma brzo, gotovo trenutno, tako da termodinamički sistem (gas) prosto „ne stigne“ da razmeni toplotu sa okolinom.



Slika 12. Adijabatski proces

Kriva kojom se adijabatski proces predstavlja na P-V dijagramu se naziva adijabata i predstavljena je na slici zajedno sa izotermom da bismo istakli činjenicu da je to kriva koja veoma liči na izotermu, samo je strmija od nje. Razlog tome je činjenica da pri ovom procesu pritisak opada (u obrnutom smeru i da raste) brže nego u slučaju izotermskog procesa jer ne samo da se zapremina povećava nego i opada temperatura.

Primenom I zakona termodinamike dobijamo:

$$\delta Q = dU + d'A = 0 \Rightarrow dU = -d'A$$

što znači da se rad vrši na račun unutrašnje energije.

Jednačina koja opisuje promene stanja u adijabatskom procesu može se napisati na tri ekvivalentna načina:

$$PV^{\gamma} = const,$$

$$TV^{\gamma-1} = const,$$

$$TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = const.$$

Povratni i nepovratni procesi

U prethodnom odeljku smo razmotrili više različitih procesa pomoću kojih se termodinamički sistem (u našem razmatranju, idealan gas) prevodi iz jednog stanja ravnoteže u neko drugo stanje ravnoteže. Pri tom smo pod pojmom ravnoteže podrazumevali takvo stanje gasa u kojem se njegovi parametri stanja (pritisak, temperatura i zapremina) ne menjaju bez spoljašnjih uticaja. Ako to nije slučaj, sistem nije u ravnoteži. Uopšteno, pod pojmom procesa možemo smatrati sve promene na telima (ili sistemima tela) koje menjaju stanje tog tela, a ako ih možemo tretirati metodama termodinamike nazivamo ih termodinamičkim procesima.

Svakodnevno iskustvo nas uči da su u prirodi neki događaji (procesi) nemogući i nikada se ne dešavaju, dok su neki drugi mogući, ali se odigravaju samo u jednom smeru. Na primer, pouzdano znamo da predmet koji se nalazi na stolu, nikada neće sam od sebe da poskoči, da se zagreje, ili da se deformiše. Za ovakve događaje bilo bi potrebno uložiti neku energiju. Takođe, molekuli vazduha u prostoriji nikada se neće pomeriti svi u jedan kraj prostorije, nikada se neće dogoditi da, zbog hlađenja, kafa u šolji počne spontano da se vrti, niti je moguće da se jedan kraj metalne kašičice, koja leži na stolu, zagreje, a drugi kraj da se ohladi.

Međutim, procesi koji se odvijaju u **suprotnom smeru**_od navedenih su mogući i dešavaju se sasvim **spontano**. Naime, ako u jednom kraju prostorije otvorite ventil na boci sa komprimovanim vazduhom, on će se vrlo brzo proširiti po čitavoj prostoriji. Mešajući kafu kašičicom, vi ste joj predali energiju (kinetička energija rotacije).Posle nekog vremena kafa će prestati da se okreće (usled trenja sa zidovima šoljice i unutrašnjeg trenja između slojeva tečnosti) dok će višak energije biti pretvoren u unutrašnju energiju i temperatura kafe će neznatno porasti u odnosu na temperaturu okoline. (Razmislite: zašto, onda, kružnim pokretima kašike hladite vruću supu?) Takođe, ako na sto spustite kašičicu čiji je jadan kraj zagrejan, a drugi ne, posle izvesnog vremena uočićete da su temperature krajeva izjednačene. Mnogo je sličnih primera iz svakodnevnog života koji se spontano odvijaju samo u jednom smeru i nikada se ne mogu odigrati u suprotnom. Takve procese nazivamo **nepovratnim** ili **ireverzibilnim** procesima. Sa stanovišta kinetičke teorije i zakona statistike, možemo reći da se spontano mogu odigrati samo oni procesi koji vode u stanje **veće verovatnoće**. (Mnogo je veća verovatnoća da veliki broj molekula vazduha zauzme celu zapreminu prostorije, nego da su svi skoncentrisani u jednom delu prostorije. Razlika ovih verovatnoća je utoliko veća, ukoliko je broj molekula veći).

Postavlja se pitanje: Da li su u prirodi mogući **povratni** ili **reverzibilni** procesi? Pod tim pojmom smatrali bismo procese koji bi se na potpuno spontan način odvijali u dva suprotna smera, što bi značilo da se verovatnoća stanja ne menja. Detaljnije, potpuno reverzibilan bi bio onaj proces koji se dešava beskrajno sporo-kvazistatički (što se proces sporije odigrava bliži je ravnotežnom stanju) uz izuzetno malu (infinitezimalnu) promenu spoljašnjih uslova. Tako bi tokom procesa termodinamički sistem, praktično, prolazio kroz niz ravnotežnih stanja, koja slede jedno za drugim, u oba smera. Odgovor na gore postavljeno pitanje je: ne. Mnoge pojave se, međutim, uz određene pretpostavke, mogu približiti pojmu povratnog procesa. Na primer, ako bismo zanemarili trenje pri kretanju klatna, onda bi ovakav proces odgovarao povratnom procesu u termodinamici.

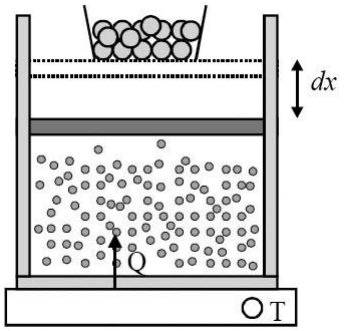
Drugi zakon termodinamike

Jedan od očiglednih primera pretvaranja rada u toplotu koji je svima blizak i razumljiv je trljanje dlana o dlan čija posledica je zagrevanje ruku, ali obrnut proces nije moguć.

Smer u kojem će se procesi odigravati na „prirodan način", a, imajući u vidu prethodne primere, i pretvaranje toplote u rad mora biti u skladu sa Drugim zakonom termodinamike, koji možemo formulisati na sledeći način:

Nije moguć proces pri kome bi se toplota potpuno pretvorila u mehanički rad bez drugih promena (procesa).

Pokušajmo da osporimo ovo tvrđenje.



Slika 13. Izolovani cilindar na rezervoaru toplote

U tom cilju posmatrajmo cilindar, čiji su bočni zidovi toplotno izolovani, a koji leži na rezervoaru toplote čija je temperatura *T*. U cilindru se nalazi idealan gas, a sa gornje strane je zatvoren lako pokretljivim klipom na kome se nalazi posuda sa olovnim kuglicama. Uklanjanjem određenog broja kuglica dozvolićemo gasu da se širi unutar cilindra, potiskujući klip naviše, istovremeno zadržavajući konstantnu temperaturu, apsorbujući toplotu Q iz rezervoara.

Promene stanja idealnog gasa, u ovom slučaju, možemo predstaviti na P-V dijagramu izotermom. Površina ispod krive, kako smo ranije naučili, jednaka je izvršenom radu na podizanju klipa. Kako nije došlo do promene unutrašnje energije gasa

$$\left(T = const \Rightarrow \Delta U = 0\right),$$

a imajući u vidu Prvi zakon termodinamike

$$\left(\Delta Q = \Delta U + A\right)$$

na prvi pogled mogli bismo zaključiti da je ukupna apsorbovana toplota pretvorena u rad na podizanju klipa. Da li to znači da gore navedeni Drugi zakon termodinamike ne važi? Naravno da ne. Naime, drugi deo tvrđenja (...*bez drugih promena*...) nije zadovoljen, pošto se idealni gas na kraju procesa ne nalazi u istom stanju u kojem se nalazio na početku, promenila se zapremina gasa, kao i njegov pritisak. Da bi se ovaj zahtev ispoštovao i gas vratio u prvobitno stanje, na kraju svakog procesa pretvaranja toplote u rad potrebno je obezbediti da sistem klip-cilindar radi ciklično.

Uređaji koji na ovaj način rade, u ciklusu, pretvarajući toplotu u rad, nazivaju se **toplotne mašine**.

Toplotne mašine

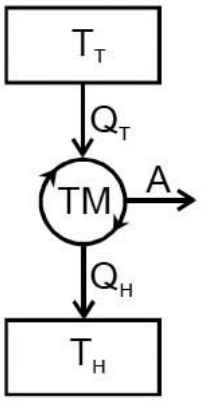
Na slici je dat šematski prikaz rada toplotne mašine. U toku jednog ciklusa iz toplijeg rezervoara (temperatura T_T) radno telo toplotne mašine prima energiju u vidu toplote (Q_T). Deo ove toplote se koristi za vršenje rada (A), a ostatak toplote se predaje hladni-

jem rezervoaru (temperature T_H). (Podsetimo se da smo ranije naučili da je toplota koju termodinamički sistem prima pozitivna veličina, $Q_T>0$, dok je toplota koju sistem predaje okolini, negativna, $Q_H<0$.)

Pošto toplotna mašina (TM) radi ciklično, na kraju svakog ciklusa unutrašnja energija gasa je nepromenjena ($\Delta U=0$), pa, imajući u vidu Prvi zakon termodinamike možemo napisati da je koristan rad u tom ciklusu:

$$A = Q_T - |Q_H|$$

Očigledno je da ovako dobijen rad može biti pozitivna veličina (rad koji je izvršio sistem) ili negativna (rad koji je izvršen nad sistemom).



Slika 14. Toplotna mašina

Jasno je da je cilj da svaka toplotna mašina vrši što je moguće veći koristan rad, tj., da što veća količina apsorbovane toplote bude pretvorena u rad. Koliko je neka mašina uspešna na ovom zadatku definiše se ***koeficijentom (stepenom) korisnog dejstva***:

$$\eta = \frac{A}{Q_T} = \frac{Q_T - |Q_H|}{Q_T} = 1 - \frac{|Q_H|}{Q_T}$$

Na osnovu gornjeg izraza, očigledno je da koeficijent korisnog dejstva može imati vrednosti između 0 i 1 ($0 \langle \eta \langle 1$).

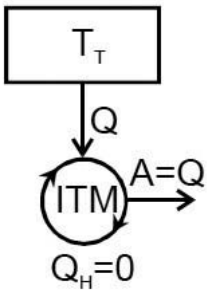
Toplotna mašina koja bi imala koeficijent korisnog dejstva jednak jedinici (efikasnost 100%) morala bi svu apsorbovanu količinu toplote da pretvori u rad. Šematski prikaz takve, **idealne toplotne mašine**, dat je na sledećoj slici.

U praksi nije moguće napraviti idealnu mašinu koja bi neograničeno dugo davala rad na račun toplote okolnih tela; ni jedna realna mašina nema stepen efikasnosti 100%. Ovo nam omogućava da Drugi zakon termodinamike formulišemo i na sledeći način:

Nije moguć perpetuum mobile druge vrste (ne postoje idealne toplotne mašine).

Nemoguć je spontan (bez dešavanja drugih promena) prelaz toplote sa tela niže temperature na telo više temperature.

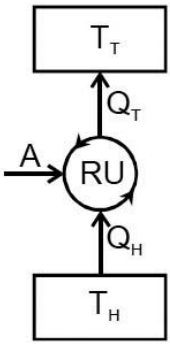
Uređaj koji prenosi toplotu sa hladnijeg na toplije mesto naziva se **rashladni uređaj**. Njegov šematski prikaz dat je na slici 16., dok je na slici 17. predstavljen idealni rashladni uređaj.



Slika 15. Šematski prikaz idealne toplotne mašine

U svakodnevnom životu srećemo se najčešće sa rashladnim uređajem koga nazivamo frižider. Ulogu visokotemperaturskog rezervoara kome se, u ovom slučaju, predaje toplota, igra prostorija u kojoj se frižider nalazi, a taj proces se odvija uz vršenje rada nad sistemom od strane motora koji pokreće uređaj. Efikasnost rashladnog uređaja meri se **koeficijentom hlađenja:**

$$k = \frac{|Q_H|}{|A|} = \frac{|Q_H|}{|Q_T - |Q_H||}$$



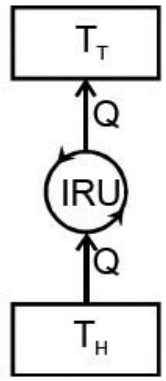
Slika 16. Šematski prikaz rashladnog uređaja

Idealni rashladni uređaj bio bi onaj koji bi mogao da hladi bez ulaganja rada (*A=0*), pa bi koeficijent hlađenja bio beskonačan. Jasno je da takav uređaj nije moguće napraviti, pa bi Drugi zakon termodinamike, u tom smislu, mogao da bude formulisan i na sledeći način:

Ne postoji idealan rashladni uređaj.

Karnoov ciklus

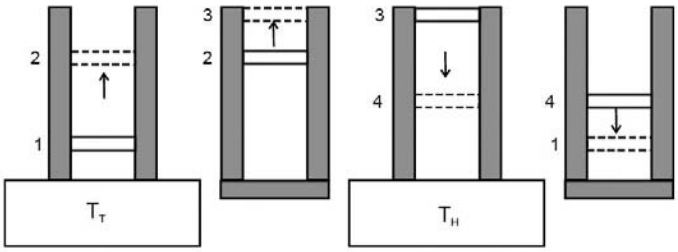
Iako dve formulacije Drugog zakona termodinamike eksplicitno tvrde da nije moguće napraviti idealnu toplotnu mašinu, odnosno rashladni uređaj, ne prestaje težnja mnogih pronalazača u svetu da konstruišu upravo takvu, idealnu mašinu. Koliko je zapravo moguće približiti se realizaciji takve ideje, možda je moguće razumeti detaljnijim razmatranjem rada jedne idealne toplotne mašine koja bi predstavljala granični slučaj rada jedne realne mašine.



Slika 17. Šematski prikaz idealnog rashladnog uređaja

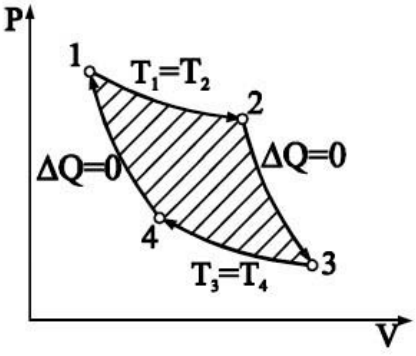
Na slici je prikazana jedna idealna toplotna mašina. Nju predstavlja cilindar, zatvoren klipom, ispod koga se nalazi idealan gas. Zidovi cilindra su napravljeni od termoizolacionog materijala koji potpuno sprečava razmenu toplote sa okolinom (obojene površine), kao i postolje na koje se cilindar stavlja nakon uklanjanja sa rezervoara toplote. Dimenzije i priroda visokotemperaturskog (TT) i niskotemperaturskog (TH) rezervoara su takvi, da malo oduzimanje (dodavanje) toplote rezervoaru, neće promeniti njegovu temperaturu, tj., TT =const.i TH=const. Takođe, zanemaruje se trenje između klipa i zidova cilindra, kao i turbulencija gasa, a količina gasa unutar cilindra je konstantna („ništa ne može da uđe, ni da izađe iz cilindra"). Osim toga, svi procesi koji se odigravaju tokom rada ove mašine i

koji dovode do promene parametara stanja gasa (pritiska, zapremine i temperature), su toliko spori da ih možemo smatrati kvazistatičkim. Time se postiže, kako smo ranije naglasili, da je sistem stalno u stanju toplotne ravnoteže i njegove promene stanja možemo prikazati na P-V dijagramu. Dakle, u skladu sa ranijom definicijom, svi procesi su reverzibilni, pa je i sama mašina reverzibilna. Ovakvu mašinu nazivamo Karnoovom mašinom, a ciklus po kome radi, ***Karnoov ciklus***.



Slika 18. Idealna toplotna mašina

Prvi korak u radu Karnoove mašine je sledeći: Neka se klip nalazi u položaju sa oznakom 1 na gornjoj slici. Termoizolaciona podloga cilindra je uklonjena i on je postavljen na toplotni rezervoar. Idealan gas prima količinu toplote QT od rezervoara i njegova temperatura se izjednačava sa temperaturom rezervoara (T1=TT). Njegov pritisak je P1, a zapremina V1. Opisano stanje predstavlja se na P-V dijagramu tačkom 1 (vidi sliku).



Slika 19. P-V dijagram Karnoove mašine

Postepenim uklanjanjem opterećenja (setimo se npr. posude sa olovnim kuglicama) dozvolićemo gasu da se širi, ne menjajući temperaturu (ukoliko bi se gas pri širenju hladio manjak toplote bi se nadoknadio iz rezervoara toplote), istovremeno vršeći rad na podizanju klipa u položaj 2. Ovo stanje gasa opisuje se parametrima V2, P2 i T2=T1=TT, što odgovara tački 2 na P-V dijagramu. Proces 1→2 (prelaska gasa iz stanja 1 u stanje 2) naziva se ***izotermska ekspanzija***, a kriva na P-V dijagramu, kojom je predstavljen taj proces, izotermom, dok je rad koji gas pri tom vrši brojno jednak površini ispod te krive.

U sledećem koraku prenesimo cilindar na postolje od termoizolacionog materijala i veoma sporim, postepenim uklanjanjem opterećenja dozvolimo gasu širenje do zapremine V3. Ovo širenje je adijabatsko jer nema razmene toplote sa okolinom (čitav sistem je toplotno izolovan, ΔQ=0). Temperatura gasa pada i postaje T3=TH, jer je gas na račun svoje unutrašnje energije izvršio (pozitivan) rad na podizanju klipa u položaj 3. Za ovaj položaj klipa pritisak u gasu je P3. Proces 2→3 se naziva ***adijabatska ekspanzija***, odgovarajuća kriva na P-V dijagramu je adijab izvršeni rad je jednak površini ispod te krive.

Zatim se cilindar stavlja na niskotemperaturski rezervoar. Veoma laganim dodavanjem opterećenja na klip gas se sabija do položaja 4 klipa, čemu odgovara pritisak P4 i zapremina V4. Toplota oslobođena („negativna toplota") pri sabijanju gasa predata je rezervoaru toplote, čime je obezbeđeno da temperatura gasa ostane nepromenjena, T4=T3=TH. Stanju gasa koje se karakteriše parametrima V4, P4, T4, odgovara tačka 4 na P-V dijagramu. Proces 3→4, naziva se ***izotermska kompresija***, a nad gasom je izvršen rad (negativan rad) brojno jednak površini ispod odgovarajuće izoterme.

Poslednji korak sastoji se u postepenom dodavanju opterećenja na klip, pri čemu je cilindar na izolatorskom postolju. Klip se vraća u početni položaj (položaj 1), gas se sabija do pritiska P1 i zapremine V1, nema razmene toplote sa okolinom ($\Delta Q=0$). Proces 4→1 naziva se ***adijabatska kompresija***, a gas vrši negativan rad (zapravo, nad gasom je izvršen rad) koji je brojno jednak površini ispod odgovarajuće adijabate i temperatura gasa raste do T1=TT. Ovime je ciklus zatvoren.

Primetimo da je ukupan izvršeni rad

$$A = A_{1\to 2} + A_{2\to 3} + A_{3\to 4} + A_{4\to 1},$$

gde je $A_{1\to 2}>0$, $A_{2\to 3}>0$, $A_{3\to 4}<0$, $A_{4\to 1}<0$, jednak šrafiranoj površini na P-V dijagramu stanja.

Razmotrimo i pitanje koeficijenta korisnog dejstva Karnoove mašine (η_C). imajući u vidu raniju definiciju ovog koeficijenta, kao i činjenicu da se pri adijabatskim promenama stanja ne razmenjuje toplota sa okolinom, možemo napisati:

$$\eta_C = \frac{Q_{1\to 2} - |Q_{3\to 4}|}{Q_{1\to 2}} = \frac{T_T - T_H}{T_T} = 1 - \frac{T_H}{T_T}$$

(gde je termodinamička temperatura, naravno, izražena u Kelvinima, pa samim tim ne može biti negativna).

Naglasimo da ovaj izraz važi **samo** za slučaj **idealne toplotne mašine** – Karnoove mašine i da se ne može koristiti u drugim slučajevima. Naime, za razliku od drugih cikličnih procesa jedino se Karnoov ciklus sastoji od dve izoterme i dve adijabate, čije smo jednačine koristili u gornjem izvođenju. Zaključujemo da efikasnost Karnoove mašine zavisi isključivo od temperatura toplotnih rezervoara između kojih radi i što je ta razlika veća, veća je i efikasnost ove mašine. Ni jedna realna mašina čiji se radni ciklus odvija između dve temperature ne može imati veći koeficijent korisnog dejstva od Karnoove mašine koja radi između istih temperatura. Dakle, Karnoova mašina predstavlja granični slučaj ponašanja realnih mašina. Zadržaćemo se na ovom tvrđenju bez dokazivanja, što prevazilazi naše potrebe i ciljeve ovog kursa.

Pomenimo još, na kraju, da zbog toga što je Karnoov ciklus reverzibilan, moguć je i Karnoov rashladni uređaj, čiji bi koeficijent hlađenja bio utoliko veći, ukoliko je razlika temperatura između rezervoara toplote manja, jer je:

$$k_C = \frac{T_H}{T_T - T_H}.$$

Toplotne mašine se dele na *klipne* i *turbo* mašine prema uređaju koji na račun širenja gasa dobija mehaničku energiju. U *klipnim mašinama* pokretni deo je klip kojeg gas pri širenju potiskuje i koji je obično povezan sa osovinom nekog zamajca. U *turbo mašinama* pokretni deo je rotor na kojem se nalaze lopatice, a obrtanje se izaziva udarom struje gasa. Na osnovu toga gde sagoreva gorivo koje daje potrebnu toplotnu energiju, toplotne mašine se dele na *motore sa unutrašnjim* i *spoljašnjim sagorevanjem*. Od motora sa unutrašnjim sagorevanjem najznačajniji su *Otov* i *Dizelov motor*, a spoljašnje sagorevanje se vrši kod *parne mašine* i *turbina*.

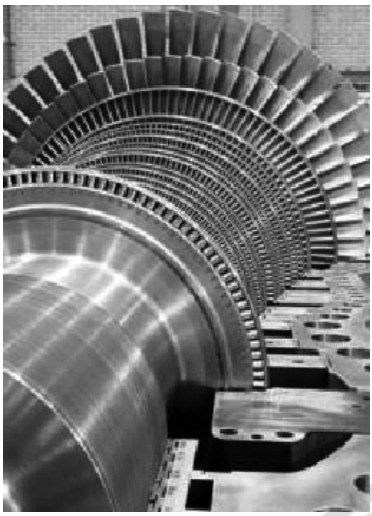
Parna mašina

Parna mašina, sa klipovima ili turbinom, spada u toplotne mašine sa spoljnim sagorevanjem. Svaka toplotna mašina uvek prima toplotu od toplotnog rezeorvara na višoj temperaturi i predaje je hladnjaku (kondenzatoru) na nižoj. Po Prvom principu termodinamike, odnosno Zakonu održanja energije, mašina tokom svakog toplotnog ciklusa u mehanički rad pretvara razliku ovih toplota, unete i ispuštene. Termodinamički ciklus po kome radi parna mašina je poznat kao Rankinov. Kao radno telo u cilindru, mašina koristi vodenu paru pod pritiskom po kojoj je dobila ime i koja se širi i skuplja, pomerajući klip cilindra i menjajući pritisak i temperaturu u zavisnosti od dela kružnog ciklusa. Stepen korisnog dejstva kod mašina sa klipom nije naročit. Samo nekoliko procenata uložene toplote pretvara se na kraju u koristan rad.

Parna mašina i njeno zlatno doba u XIX veku su deo jednog znatno dužeg procesa. Može se reći da se ona toliko proširila svetom pre svega zato što je bila prva koja je mogla da sa podnošljivim gubicima pretvori bilo koju toplotnu energiju u mehanički rad. I da je upravo zato i nestala.

Parna mašina je svo vreme razvijana zbog potrebe za većom efikasnošću postojećih rešenja i na kraju, i sama sasvim odbačena iz te iste potrebe. Ona je uvek bila zamišljena kao toplotni motor sa spoljnim sagorevanjem, gde se toplota koja ulazi u njen ciklus može dobiti pri sagorevanjem uglja ili drveta, ali i iz bilo kog drugog izvora, od solarnih do nuklearnih. No, sa razvojem daleko efikasnijih motora sa unutrašnjim sagorevanjem, njena primena je izgubila smisao.

Sa druge strane, parna mašina je deo jedne porodice koja uopšte nije izumrla. Ona je samo jedna ugašena evolutivna grana među toplotnim mašinama. Ono što je Džejms Vat razvio sa dodavanjem kondenzatora bila je samo prva široko prihvaćena toplotna mašina. Danas su razne takve mašine svuda oko nas, od frižidera i benzinskih motora, do na kraju karjeva, parnih turbina.



Slika 20. Parna turbina

Ako se vratimo u epohu koja je prethodila Njukomenovoj pumpi, možemo da je posmatramo kao raskršće u kome se odvojila jedna evolutivna grana parnih cilindara sa klipom. Ona se izuzetno ubrzano razvijala i potom izumrla. No, u međuvremenu su preživele grane koje su se paralelno razvijale i tako dovele do nastanka parnih turbina.

Bitno različite od Vatovog motora, parne turbine se danas itekako koriste, pre svega u proizvodnji električne struje. Toplotna energija koja se u termoelektranama dobija iz uglja, a u nuklearnim elektrana u procesu fisije, predaje se pari koja zatim pokreće parnu turbinu i električni generator koji proizvodi struju. Smatra se da na ovaj način parne turbine proizvode čak 80 odsto električne energije na svetu. U njima je izumrla parna mašina zapravo dobila zadovoljavajućeg naslednika.

Toplotne pumpe

Toplotne pumpe predstavljaju radne (rashladne) mašine kod kojih se, dovođenjem rada ili toplote, nekoj materiji u termodinamičkom sistemu obezbeđuje prenos toplote od tela niže na telo više temperature. Mada su toplotne pumpe u suštini rashladne mašine, one se razlikuju od klasičnih kućnih rashladnih uređaja (hladnjaka, zamrzivača) po samoj nameni. Za razliku od rashladnih uređaja, toplotne pumpe služe za grejanje nekog prostora - materije (vazduha ili vode) na račun hlađenja neke okoline. Ta okolina predstavlja toplotni izvor koji se nalazi na nižoj temperaturi od temperature grejane sredine. Međutim, zahvaljujući činjenici da toplotni izvor predstavlja okolinu koja ima veliku masu u odnosu na grejanu sredinu, kao i da ta okolina raspolaže većom količinom toplote niže temperature od količine toplote grejane sredine koja se nalazi na višoj temperaturi, moguće je tehničkim sredstvima izvršiti prenos dela toplote sa tela niže na telo više temperature. To se ostvaruje uz određen utrošak mehaničkog rada ili toplote višeg temperaturnog intenziteta od temperature grejane sredine. Suština rada toplotnih pumpi u tehnici bazira na mogućnosti korišćenja dela toplote toplotnog izvora koji ima nižu temperaturu od one koja je potrebna korisniku toplote.

Specijalni kružni procesi

Pomoću idealnog Karnoovog procesa lako se određuje rad koji bi se teorijski ostvario uz pomoć zadatih toplotnih rezervoara. Svaki drugi, pa tako i Karnoov realni proces,

imaju manji termički stepen/koeficijent dejstva, što znači da daju manje rada u odnosu za jednak iznos dovedene toplote. Kod realnih Karnoovih procesa izmena toplote se vrši pri konačnim razlikama temperatura radnog medijuma i toplotnih rezervoara. Nepovratnost izmene toplote ima za posledicu smanjenje termičkog koeficijenta korisnog dejstva, pri čemu je *smanjenje* rada procesa jednako *teorijskom gubitku na radu* ($\Delta A=T_0\Delta S$). Što je veća razlika temperatura to je realni Karnoov proces sve lošiji. Kako se rad dobija transformacijom dela *dovedene* toplote to bi pri malim razlikama temperatura nastupila mala izmena toplote u mašinama konačnih dimenzija, pa bi srazmerno tome i dobijeni rad po procesu bio vrlo mali. Zbog tog nedostatka Karnoov proces nema praktičnu primenu.

U nastavku ćemo navesti neke od specijalnih procesa koji koriste gas kao radni medijum.

Džulov (Braytonov) proces

Teorijski Džulov proces, koji se negde naziva Braytonov, sastoji se od dve izobare i dve izentrope (adijabate). Američki inženjer **George Brayton** (1830-1892), patentirao je 1872. godine 2-ciklični uređaj na vrući vazduh koji je mogao da radi i na naftu. U formi otvorenog ciklusa takav proces je postao osnova rada svih postrojenja s gasnim turbinama i mlaznim motorima. Koristi se i kao zatvoreni ciklus sa spoljašnjim sagorevanjem što omogućava smanjenje emisije štetnih gasova, a i kao obrnuti ciklus u rashladnim sistemima.

Stirlingov proces

Proces kog je 1816. godine patentirao Robert Stirling teorijski se prikazuje kao kombinacija dve izentrope i dve izohore. Konstrukcije uređaja/motora koji rade po Stirlingovom procesu imaju dva cilindra, od kojih je ekspanzioni cilindar grejan, a kompresioni cilindar hlađen. Razlikuje se od ostalih uređaja po tome što koristi uvek istu količinu gasa (vazduha), nema usisa i ispusta (zagađenja okoline). Praktični nedostaci su mu prvenstveno u nemogućnosti trenutnog starta i promene broja obrtaja, jer treba vremene da se ugreje cilindar pre mogućnosti dobijanja rada.

Termički koeficijent korisnog dejstva (stepen iskorišćenja) teorijskog regenerativnog Stirlingovog procesa je:

$$\eta_{t,S} = 1 - \frac{T_1}{T_2}.$$

Stirlingov uređaj radi s bilo kojim izvorom toplote, npr. sunčevom energijom ili otpadnom toplotom industrijskih procesa koja se u velikom iznosu javlja u topionicama gvožđa ili stakla.

Eriksonov proces

Teorijski Eriksonov proces sličan je Stirlingovom procesu, osim što su izohore zamenjene s izobarnim promenama.

Ciklus je nazvan po švedskom inženjeru *Johnu Ericssonu* koji je najviše poznat kao konstruktor ratnog broda *Monitor* iz doba američkog građanskog rata. Uređaji sa Stirlingovim i Eriksonovim ciklusom proizvode rad primenom *spoljašnjeg* grejanja i hlađenja cilindara, te se zbog toga svrstavaju u uređaje koji rade na *vrući vazduh*. Krajem 19-tog veka, pre početka dominacije uređaja sa unutrašnjim sagorevanjem, proizvedeno je na hiljade uređaja koji su radili po Eriksonovom procesu. Većinom su korišćeni za pokretanje vodenih pumpi i kao pogonski motori u industriji. Današnja potreba za smanjenjem potrošnje goriva, a time i emisije štetnih gasova, vraća u primenu uređaje na *vrući vazduh*.

Otto proces

Teorijski ciklus, koji se sastoji od dve izentrope i dve izohore, prvi je opisao Francuz *Aphonse Beau de Rochas* 1862. godine. Nezavisno od njega, *Nikolaus August Otto* konstruisao je 1861. godine prvi 2-taktni motor sa unutrašnjim sagorevanjem benzina, inspirisan radom *Jeana Lenoira* koji je 1858. godine konstruisao jednocilindrični dvotaktni klipni motor sa unutrašnjim sagorevanjem koji je usisavao gasnu smešu koju je palio varnicom nakon čega je vršena ekspanzija i izduvavanje. Motor je radio bez prethodnog sabijanja tako da je stepen korisnosti bio minimalan.

1876. godine Otto je konstruisao prvi gasni klipni motor koji je radio po četvorotaktnom principu (što znači da postoje četiri termodinamička ciklusa koje se odigravaju u redosledu: 1-usisavanje; 2-kompresija; 3-sagorevanje; 4-izduvavanje. Ovakav motor je nastavio da se usavršava do današnjih dana.

Diesel proces

Rudolf Diesel patentirao je 1893. godine motor s kompresijskim paljenjem, a 1897. izradio funkcionalan prototip koji je mogao da radi sa raznim fosilnim gorivima. U Dieselovom procesu komprimuje se usisani vazduh u koji se uštrcava/ubrizgava gorivo. Time je izbegnut problem samozapaljenja goriva, pa se mogu postići dvostruko veći kompresioni odnosi ($\varepsilon = V1/V2$) od onih u Otto motorima. Pored toga, gorivo je jeftinije i sadrži više energije po volumenu. Diesel je na Svetskoj izložbi u Parizu (1900. godina) demonstrirao motor, koristeći ulje kikirikija kao gorivo.

Fenomeni prenosa

U fizici, hemiji i hemijskom inžinjerstvu, **fenomeni prenosa** predstavljaju mehanizme prenosa neke fizičke veličine sa jednog mesta na drugo. Tri osnova mehanizma prenosa su provođenje (difuzija), prenošenje (konvekcija) i zračenje (radijacija).

Tri osnovne veličine koje se tretiraju u fenomenima prenosa su:

- Prenos toplote,
- Prenos mase i
- Prenos količine kretanja

Sve tri veličine prenose se na analogan način.

Difuzija je spontani transport materije ili energije pod uticajem odgovarajućeg gradijenta iz zone više u zonu niže energije ili koncentracije. Kao i mnogi spontani procesi, difuzija je entropijski vođen proces u kojem se energija ili materija koja difunduje uniformno raspoređuje u raspoloživom prostoru podižući time entropiju sistema.

Svaki proces difuzije odvija se pod uticajem odgovarajućeg gradijenta. Recimo difuzija materije se odigrava pod uticajem gradijenta koncentracije a difuzija toplote pod uticajem gradijenta temperature. Difuzija je direktna posledica drugog principa termodinamike, koji kaže da entropija nekog neravnotežnog sistema može samo da raste, sve dok sistem ne dođe u ravnotežu. Obzirom da materija difunduje iz oblasti veće koncentracije u oblast manje koncentracije, sistem prelazi iz uređenijeg u manje uređen sistem, tj. entropija raste.

Kvantitativno, difuzija se opisuje Fikovim zakonima (prvi i drugi). Prvi Fikov zakon kaže da je fluks (J) proporcionalan gradijentu koncentracije

$$J = -D\frac{\partial c}{\partial x}.$$

Drugi Fikov zakon se izvodi iz jednačine kontinuiteta. U jednodimenzionom sistemu:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x}.$$

Kad postoji gradijent temperature doći će do transporta energije

$$\Delta Q = -\lambda\left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right)\Delta S\Delta t$$

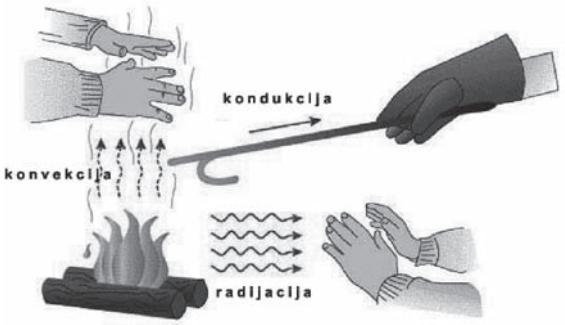
gde je λ koeficijent toplotne provodljivosti.

Toplota se prenosi u pravcu opadanja temperature.

Prenošenje toplote

Prema drugom principu termodinamike toplota prelazi spontano sa tela više temperature na telo niže temperature. Prenošenje toplote može se vršiti:

- provođenjem,
- konvekcijom i
- zračenjem.



Slika 21. Tri načina prenošenja toplote

Provođenje toplote se odvija u telima bez njihovog kretanja. Poznato je da ako se jedan kraj metalnog štapa zagreje, da će se i na ostale delove štapa preneti toplota. Ovaj način prenošenja toplote objašnjava se kinetičkom teorijom. Kinetička energija molekula se prenosi sa molekula na molekul, te se na taj način javlja protok toplote kroz telo. Kod metala, ulogu prenosioca toplote imaju elektroni.

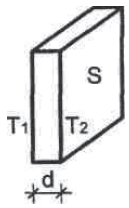
Konvekcija je prenošenje toplote putem strujanja (kretanja) nekog fluida. Strujanjem se prenose molekuli s mesta na mesto, a sa njma i njihova kinetička energija, odnosno toplota.

Zračenje je način prenošenja toplote, gde se toplota prenosi posredstvom elektromagnetnih talasa. Toplota najpre prelazi u energiju zračenja koja se prenosi brzinom svetlosti do tela u kome se ona apsorbuje i ponovo prelazi u toplotnu energiju.

Provođenje toplote

Ako se deo ma kog materiala zagreva na jednom mestu, onda će se zagrevati i ostali delovi tog materijala. Toplota se kod metala prenosi provođenjem, uglavnom, putem slobodnih elektrona, odnosno atoma, koji prenose svoje vibracije susednim atomima. Uočeno je da su metali najbolji provodnici toplote. Posmatrajte metalnu ploču debljine d i površine S (sl. 22.).

Ako je na levoj strani ploče temperatura T1, a na desnoj – T2, pri čemu $T1 > T2_2$, onda će stalno proticati neka količina toplote sleva udesno. Takvo stanje se naziva stacionarno stanje.



Slika 22. Metalna ploča

Eksperimentalno je ustanovljeno da je količina toplote koja prođe kroz tu ploču u određenom vremenskom intervalu srazmerna površini te ploče S, temperaturnoj razlici T1 – T2, kao i koeficijentu toplotne provodljivosti koji zavisi od vrste materijala, a obrnuto srazmerna debljini ploče d.

Neka je Q količina toplote koja protekne za vreme h, onda je protok toplote u jedinici vremena:

$$q = \frac{Q}{\tau} = \frac{\lambda S(T_1 - T_2)}{d} = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{d}{\lambda}},$$

gde je:

$q = \frac{Q}{\tau}$ protok toplote, λ koeficijent toplotne provodljivosti.

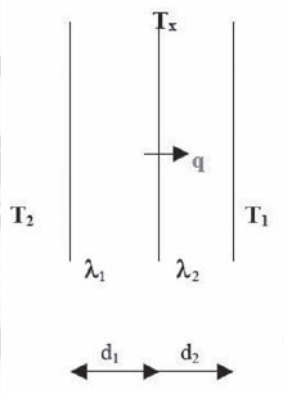
Neka je na primer zid sastavljen od dva različita materijala debljine d_1 i d_2 i koeficijenta toplotne provodljivosti λ. Delovi su uzeti jedan pored drugog.

Neka je T_1 temperatura na levoj strani, T_2 temperatura na desnoj strani, a T_x na zajedničkoj (dodirnoj) površini. Onda će kroz površinu S protok toplote biti:

$$q = \frac{Q}{\tau} = \frac{S(T_1 - T_2)}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}},$$

Ako je zid sastavljen iz više slojeva, protok toplote je:

$$q = \frac{Q}{\tau} = \frac{S(T_1 - T_n)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i}}.$$



Slika 23. Zid sastavljen od dva materijala

Materijali sa koeficijentom toplotne provodljivosti $\lambda < 0{,}15$ ubrajaju se u toplotne izolatore.

Konvekcija

Konvekcija je prenošenje toplote koje se vrši na osnovu zakona kretanja fluida. Obično se za ovakav način prenošenja toplote koriste prirodna strujanja fluida koja se javljaju usled gravitacije ili drugih uzroka. Za ovakve konvekcije primer je centralno grejanje.

Topla voda kao specifički lakša ide naviše, cevovodom do radijatora, i tu odaje toplotu. Rashlađena voda kao specifički teža, ide cevovodom naniže pod uticajem gravitacije, i ulazi u donji deo kotla. Tako voda cirkulišući od ložišta radijatora prenosi toplotu po celoj zgradi. U samoj prostoriji toplota se odvodi od



Slika 24. Prenošenje toplote konvekcijom

radijatora takođe putem konvekcije vazduha. Vazduh koji zagreje radijator, specifički je lakši, te ide naviše, a hladan vazduh dolazi odozdo. Na taj način se obrazuje prirodno strujanje vazduha pomoću koga se toplota od radijatora raspoređuje po prostoriji.

Razni vetrovi u atmosferi takođe su vrsta konvekcije kojom se topao va zduh prenosi sa jednog dela Zemljine površine na drugi. Golfska struj'a toplotu sa ekvatora prenosi na velike daljine putem površinskog strujanja morske vode dok se hladna voda kreće po dnu okeana u suprotnom smeru.

Proces slobodne konvekcije može da se pojača upotrebom pumpe, ventilatora i sl. Na taj način ostvaruje se prinudna konvekcija. Detaljna analiza konvekcije vodi poreklo od složenih zakona dinamike fluida, koji nisu obuhvaćeni ovim predmetom.

Toplotno zračenje

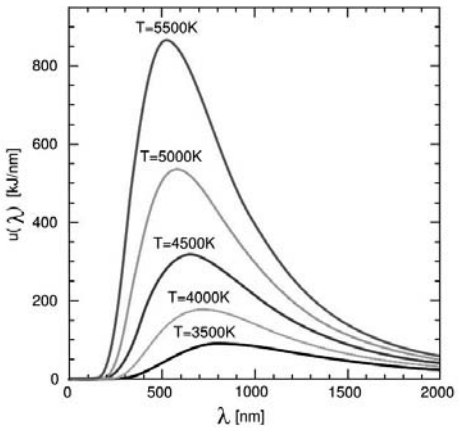
Toplotno zračenje je elektromagnetno zračenje emitovano sa površine tela. Sva tela ga emituju. Poznato je da naelektrisane čestice koje se kreću ubrzano emituju elektromagnetno zračenje. Pošto se sva tela sastoje od naelektrisanih čestica, sva tela emituju elektromagnetno zračenje. Na višim temperaturama kretanje naelektrisanih čestica je intenzivnije pa je na višim temperaturama, veća i emitovana toplotna snaga.

Emitovanjem i apsorbovanjem toplotnog zračenja se vrši i razmena toplote između dva tela. Ljudi (temperatura 310K) takođe emituju zračenje i to u infracrvenom delu spektra. Sva ostala tela na toj temperaturi emituju toplotno zračenje sličnog spektra.

Zračenja koja nastaju na račun drugih oblika energije, poznata su pod nazivom **luminiscencije**. Fosfor koji oksidiše u vazduhu zrači (svetli) na račun energije koja se oslobađa u hemijskoj reakciji, taj oblik zračenja naziva se **hemiluminiscencija.** Zračenje koje nastaje pri pražnjenju u gasovima naziva se **katodna luminiscencija**.

Apsolutno crno telo

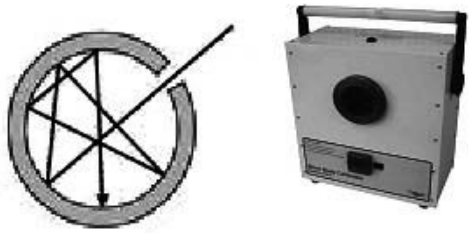
Apsolutno crno telo (ACT) je fizički model. To je telo čija površina upija svo zračenje, koje na nju padne. Površina ACT uopšte ne reflektuje zračenje. Takvo telo se koristi za proučavanje toplotnog zračenja, jer svo zračenje koje emituje površina ACTa potiče samo usled zagrejanosti te površine. Spektar emitovanog zračenja bilo kog tela, liči na spektar sa slike, ali nije potpuno isti, već zavisi i od stanja površine tela i od njegovog sastava, tako da na primer uglačana metalna površina i hrapava metalna površina na istoj temperaturi ne emituju isti spektar (ali emituju spektar sličnog oblika)



Slika 25. Spektar apsolutno crnog tela

Da ne bismo morali uzimati u obzir razlike u osobinama površine koja emituje, zakoni zračenja se proučavaju na ACT.

Istovremeno površina ACT-a, na nekoj određenoj temperaturi emituje intenzivnije nego površina bilo kog realnog tela, a linija spektra je glatka (kao na sledećoj slici).



Slika 26. Laboratorijski ACT

U laboratoriji kao površinu ACT-a koristimo mali otvor na šupljini, čiji su zidovi od materijala koji dobro upija zračenje (npr. čađ). Taj otvor apsorbuje „svo" zračenje, a emituje zračenje samo usled zagrejanosti same šupljine na određenu temperaturu.

Spektar apsolutno crnog tela

Sa porastom temperature, talasna dužina (*wavelength*) na kojoj je maksimalan intenzitet zračenja (*intensity*), pomera se od crvene ka ljubičastoj. Na relativno malim temperaturama talasna dužina na kojoj je maksimalan intenzitet zračenja, leži u infracrvenoj oblasti. **Vinov zakon pomeranja: Talasna dužina na kojoj je toplotno zračenje najintenzivnije obrnuto je srazmerna apsolutnoj temperaturi.**

Sa porastom temperature tela veća je emitovana toplotna snaga (srazmerna je površini ispod krive). **Štefan-Bolcmanov zakon: Ukupna emitovana toplotna snaga srazmerna je četvrtom stepenu aplsolutne temperature.**

Na primer, ako se nekom telu temperatura poveća sa 300K na 600K, emitovana toplotna snaga će se povećati 16 puta. Na osnovu spektra emitovanog zračenja, može se odrediti temperatura neke površine. Na ovaj način je određena temperatura površine Sunca (oko 5700K).

Plankova hipoteza

Krajem 19. veka eksperimentalno je bio poznat izgled spektra toplotnog zračenja. Postojao je problem – fizičari u to doba nisu mogli, teorijskim putem tj. matematičkim izvođenjem da potvrde oblik spektra apsolutno crnog tela!

Problem je rešio nemački fizičar Maks Plank, 1900. godine uvodeći u račun pretpostavku da tela ne emituju energiju kontinuirano tj. u bilo kom iznosu, nego u vidu malih paketića ili porcija.

Taj najmanji, nedeljivi iznos energije zove se KVANT. 1918. Plank je dobio Nobelovu nagradu za ovo otkriće.

Energija kvanta

Energija kvanta direktno je srazmerna frekvenciji zračenja – ν

$$E=h\bullet\nu$$

h – Plankova konstanta, $h=6.626x10^{-34}$ Js

Posledica postojanja kvanta:

Bilo koji iznos razmenjene energije u nekoj interakciji mora biti zbir kvanata – paketića energija. Nijedan sistem ne može imati proizvoljnu energiju, energija sistema je takođe zbir kvanata.

Ova posledica nije primetna u makrosvetu, ali je u mikrosvetu od velikog značaja – npr. elektroni u atomskom omotaču mogu imati samo određene energije, tj. postoje energetski nivoi u atomskom omotaču. Molekuli, takođe mogu vibrirati ili rotirati sa tačno određenim vrednostima energija oscilatornog ili rotacionog kretanja.

Plank je pretpostavio postojanje kvanta proučavajući elektromagnetno zračenje tj. elektromagnetnu interakciju. Elektromagnetna interakcija se ostvaruje preko kvanata elektromagnetnog polja, tj razmenom paketića energija. Osim elektromagnetne, u prirodi postoje i druge vrste interakcije.

U fizici su danas poznate četiri vrste interakcije: gravitaciona, elektromahnetna, jaka nuklearna i slaba nuklearna. Smatramo da se svaka od njih ostvaruje razmenom odgovarajućih paketića energije.

Kvant je opšti pojam, a kvanti za svaku pojedinu vrstu interakcije imaju svoje nazive:

1. Fotoni – kvanti elektromagnetne interakcije
2. Gluoni – kvanti jake (nuklearne) interakcije
3. Bozoni – kvanti slabe (nuklearne) interakcije
4. Pretpostavljeno je postojanje gravitona – kvanata gravitacione interakcije, a eksperimentalno još nisu dokazani

Diskretna slika sveta

Reč diskretno, u fizici, znači suprotno od neprekidnog, kontinualnog. Pre Plankove hipoteze bilo je poznato da je materija sastavljena od elementarnih čestica koje se ne mogu proizvoljno deliti. Plankova pretpostavka je uvela diskretnu strukturu i za energiju, tj i energija i supstanca imaju svoje elementarne deliće.

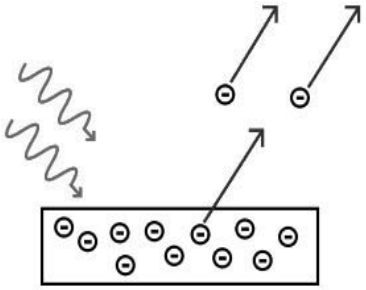
Fotoelektrični efekat

Hronologija fotoelektričnog efekta

1887. Herc je primetio da se između dve elektrode može izazvati varnica manjim naponom nego inače, ako se metalna elektroda obasja ultraljubičastom svetlošću. Nije dalje istraživao taj fenomen.

1899 J.J.Thomson je pokazao da ultraljubičasta svetlost prilikom obasjavanja metalne površine izbija elektrone.

1902. Lenard vrši prva kvantitativna merenja i utvrđuje da sa povećanjem frekvencije svetlosti raste energija koju imaju izbijeni elektroni. Povećanje intenziteta svetlosti dovodi do većeg broja izbijenih elektrona. Lenard je utvrdio i da postoji granična frekvencija. **Ako je frekvencija svetlosti kojom obasjavamo metal manja od te granične vrednosti - fotoefekta neće biti, bez obzira koliki je intenzitet svetlosti! Ova činjenica nije mogla biti objašnjena tadašnjim fizičkim teorijama!**



Slika 27. Fotoelektrični efekat (fotoefekat) je pojava izbijanja elektrona sa površine metala, prilikom obasjavanja vidljivom ili ultraljubičastom svetlošću

Ajnštajn je prvi tvrdio da je snop svetlosti ustvari snop čestica. (Do tada se smatralo da je svetlost talas, jer se pokorava talasnim fenomenima, kao što su prelamanje, interferencija,…) Čestice svetlosti Ajnštajn je nazvao fotoni. Danas se koriste obe teorije tj. nekad svetlost posmatramo kao talas, a nekad kao snop čestica.

Objašnjenje fotoefekta: Foton može da izazove fotoefekat samo ako ima dovoljno energije da izbije elektron iz metala. Ako je taj uslov ispunjen onda veći intenzitet svetlosti tj. veći broj fotona izbija veći broj elektrona. Međutim, ako fotoni nemaju dovoljnu energiju za izbijanje elektrona iz metala, do fotoefekta neće doći bez obzira koliki je intenzitet svetlosti tj. bez obzira koliko fotona pada na površinu metala.

Fotoni su isto što i kvanti. Ajnštajnovo tumačenje fotoefekta je ključni dokaz za postojanje kvanta.

Energija fotona se izračunava prema istoj formuli kao i energija kvanta $E = h\nu$.

Pošto su ν-frekvencija i λ-talasna dužina elektromagnetnih talasa povezani sledećom formulom: $\nu \cdot \lambda = c$, gde je c- brzina svetlosti u vakuumu, možemo energiju fotona izraziti i preko talasne dužine: $E = h \cdot c / \lambda$. Iz te formule vidimo da fotoni veće talasne dužine imaju manju energiju, a fotoni manje talasne dužine imaju veću energiju.

Pomenuta brzina svetlosti u vakuumu je konstantna i iznosi 300000km/s.

Talasnoj dužini svetlosti odgovara različita boja svetlosti. U vidljivom delu spektra talasna dužina raste od ljubičaste preko plave, zelene, žute i narandžaste do crvene.

Minimalna energija koju je potrebno uložiti da bi slobodni elektron napustio površinu metala zove se izlazni rad. (Setite se da u metalima postoje zajednički tj. slobodni elektroni, koji mogu da se kreću po celoj zapremini nekog komada metala i zahvaljujući kojima metal dobro provodi električnu struju). Svaki metal ima odgovarajuću vrednost izlaznog rada. Za cezijum, na primer iznosi 1,9eV. (eV je elektronvolt – jedinica za energiju koja se obično koristi u atomskoj i kvantnoj fizici. $1eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}J$)

Energija kvanta se prilikom fotoefekta raspodeljuje na izlazni rad (A_i) i kinetičku energiju izbijenog elektrona (E_k):

$$h\nu = A_i + E_k$$

1921. Ajnštajn je dobio Nobelovu nagradu „za doprinos teorijskoj fizici, a posebno radi otkrića zakona fotoefekta".

Entalpija, entropija, eksergija i anergija

Entalpija

Nulti princip termodinamike kaže da dva tela različitih temperatura, kada se dovedu u toplotni kontakt, postižu stanje toplotne ravnoteže u kojem se njihove temperature izjednačavaju. Ovo je toliko očigledno iz svakodnevnog života (sve što se ostavi na stolu na kraju dobija sobnu temperaturu) da se često ni ne formuliše kao princip termodinamike. Ovde je važno obratiti pažnju na pojam ravnoteže: izolovan sistem je u ravnoteži kada se tokom vremena ne menja. To ne znači da u njemu nema dinamike (procesa) nego znači da se svi procesi odvijaju tako da stanje sistema ostaje nepromenjeno. Na primer, zatvorena posuda do pola ispunjena vodom, na datim T i P ostaje u istom termodinamički ravnotežnom stanju, iako u posudi voda neprekidno isparava a para se neprekidno kondenzuje. No, ravnoteža je postignuta tako što je broj molekula koji ispari jednak broju molekula koji se kondenzuju pa se, termodinamički gledano, sistem ne menja.

Prvi princip termodinamike je zapravo zakon o održanju energije.

Sada sa gorepomenutom posudom možemo da izvedemo dva ogleda. U ogledu A, zatvorimo posudu čvrsto i pri konstantnoj zapremini (V = const.) podignemo joj temperaturu. U ogledu B posudu poklopimo pokretnim klipom koji obezbeđuje da je u njoj P = const. , i podignemo joj temperaturu. Kad kažemo podignemo joj temperaturu onda to znači, saglasno nultom principu, da je dovedemo u kontakt sa toplotnim rezervoarom koji ima tu novu temperaturu. U oba slučaja, toplota će iz rezervoara teći u posudu do postizanja nove toplotne ravnoteže.

Problem koji sada rešavamo je da li je količina toplote ista u oba slučaja, A i B, a ako nije zašto i koliko. Količina toplote koja pređe u posudu pri dostizanju nove ravnoteže sigurno nije ista jer novo ravnotežno stanje u ogledu A nije isto što i ravnotežno stanje u ogledu B. U A imamo istu zapreminu kao pre ali neki novi P a u B imamo isti P kao pre ali novo V. Pošto znamo da promena zapremine na konstantnom pritisku zapravo predstavlja **rad**, to znači da je razlika u količinama toplote koju posuda primi u ogledima A i B, saglasno prvom principu, jednaka izvršenom radu.

A sada najvažnije: mada su u dva ogleda primljene različite količine toplote, unutrašnja energija sistema je ista u oba slučaja, jer unutrašnja energija zavisi od samo od T.

Dakle, postavlja se pitanje kako opisati ova dva slučaja u kojima je u novoj ravnoteži unutrašnja energija ista ali je sistem B primio više toplote i izvršio rad. Uvek možemo da

kažemo šta nas briga za sistem B radićemo sve oglede na konstantnom V. Međutim, u laboratorijskim uslovima najčešće se radi pod normalnim uslovima, dakle na atmosferskom pritisku pa se slučaj B mnogo češće sreće nego A.

Pošto termodinamika barata stanjima i njihovim ravnotežama onda razmišljamo ovako. U slučaju A sistem ne vrši rad pa se sva količina toplote koristi na podizanje njegove unutrašnje energije, U. Kada sistem dostigne konstantnu temperaturu dobijamo novo stanje koje možemo da okarakterišemo njegovom unutrašnjom energijom. U slučaju B, U nije dovoljno da se okarakteriše novo stanje jer iz U nemamo pojma koliki je rad sistem izvršio pri prelasku na novo T. Dakle treba nam nova funkcija stanja koja će pored U da uzme u obzir i izvršeni rad, dakle koja će da uzme u obzir celokupnu energiju koju je sistem primio pri prelasku na novu T. I onda definišemo veličinu koju zovemo toplotni sadržaj ili entalpija, H, koja ima dve komponente, jednu da opiše U i drugu da opiše rad širenja PV:

$$H = U + PV.$$

Kao što je U funkcija stanja (zavisi samo od T) tako je i H funkcija stanja jer zavisi samo od PVT i ničega drugog. To znači da kada imamo neki sistem na zadatim PVT uslovima njegova entalpija zavisi samo od pritiska, temperature i zapremine ali ne i od načina na koji smo došli u te uslove. To i jeste suština termodinamike: naći funkcije kojima može jednoznačno da se opiše stanje sistema bez obzira na njegovu prošlost. Unutraćnja energija je jedna takva funkcija, entalpija je druga, Gibsova slobodna energija (G) treća itd. Funkcije nisu nezavisne: H zavisi od U, G zavisi od H itd. Lepota termodinamike i leži u tome što se spretnim manipulisanjem funkcijama stanja o sistemu može saznati nešto što se ne može direktno meriti i obrnuto, što može da se predvidi eksperiment iz kojeg mogu da se dobiju funkcije stanja koje ne mogu direktno da se mere.

Entropija

Prvi zakon termodinamike, koji je u stvari zakon očuvanja energije, ne daje mogućnost određivanja smera termodinamičkog procesa. Iz njega ne možemo odrediti smer promene toplote između dva tela različitih temperatura. S gledišta I zakona termodinamike prelaz toplote sa hladnijeg na toplije telo i obrnuto jednako je verovatan. Prema ovome, parobrod bi mogao uzimati toplotu iz mora, pokretati svoje propelere i vraćati je nazad u obliku hladne vode ili čak leda. Kao što znamo iz sopstvenog iskustva ovo je nemoguće. Sadržaj toplote morske vode ili potencijalne energije je beskoristan jer nema rezervoara sa hladnijom vodom ili nema nižeg potencijalnog nivoa vode.

Posmatrajući ove primere možemo zaključiti da postoji „prirodan" tok toplote od toplijeg ka hladnijem, odnosno prirodan smer pretvaranja energije: je od mehaničke energije ka toploti.

U termodinamici je bilo potrebno pronaći veličinu koja karakteriše smer termodinamičkog procesa. Ako su data stanja jednog izolovanog sistema i ako je unutrašnja energija u oba sistema ista, da li je moguće naći kriterijum koji određuje koje se od ta dva stanja može uzeti kao početno stanje, a koje kao konačno stanje jednog procesa koji bi se u sistemu mogao desiti? Da bi rešili ovaj problem treba pronaći funkciju, koja je funkcija stanja sistema i koja bi imala različite vrednosti na početku i na kraju procesa. **Nju je prvi pronašao Klauzijus (Clausius) i naziva se entropija.**

Kao i unutrašnja energija sistema, ona je funkcija samo stanja sistema, i, kao što se može videti, ona ili raste ili ostaje konstantna u svakom mogućem procesu do kog dolazi u izolovanom sistemu. Pomoću entropije drugi zakon termodinamike može se formulisati na sledeći način:

Nisu mogući procesi u kojima bi dolazilo do smanjenja entropije izolovanog sistema, ili, u svakom procesu do kog dolazi u izolovanom sistemu entropija sistema raste ili ostaje konstantna.

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

a integracijom dobija se:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

Veličina **S** naziva se ***entropija sistema***, i za nju važi:

Entropija sistema je definisana samo za ravnotežna stanja

Iz prethodne relacije **može se izračunati samo promena entropije**.

U mnogim praktičnim problemima, kao što je projektiranje parnih strojeva, u obzir dolaze samo promjene entropije. Za entropiju nekog sistema može se, kao pogodnije, uzeti da je entropija nula za neko referentno stanje tako da se svako drugo stanje te supstance može definirati jednom numeričkom vrijednosti.

Entropija sistema u ravnotežnom stanju je funkcija samo stanja sistema, i nezavisna je od njegove prethodne prošlosti. Entropija se, prema tome, može izraziti kao funkcija termodinamičkih promenljivih, kao što su pritisak i temperatura, ili pritisak i zapremina.

Promena entropije može se izračunati na osnovu prethodne relacije samo za reverzibilne (povratne) procese.

Svi stvarni procesi su ireverzibilni (nepovratni). Oni se zbivaju konačnom brzinom, sa konačnim razlikama temperatura i pritisaka između delova jednog sistema ili između jednog sistema i njegove okoline. Pokazuje se da je jedna od posledica drugog zakona termodinamike ta da entropija jednog izolovanog sistema raste u svakom

prirodnom (ireverzibilnom) procesu. Jedan od razloga što se u mehaniku uvodi pojam energije, količine kretanja jeste što se te veličine pokoravaju zakonima očuvanja. Entropija, naprotiv, ne ostaje očuvana osim u reverzibilnim procesima.

Kad se čaša tople vode pomeša sa čašom hladne vode, toplota koju je topla voda izgubila jednaka je toploti koju je hladna voda dobila. Toplota u ovom procesu ostaje očuvana, ili, uopšteno, energija ostaje očuvana. S druge strane, dok se u procesu mešanja entropija tople vode smanjuje a entropija hladne vode raste, smanjenje entropije jednako njenom povećanju i ukupna entropija sistema je na kraju veća nego što je bila na početku. Odakle je došla ova dodatna entropija? Odgovor je da je dodatna entropija nastala u procesu miješanja tople i hladne vode. Također, kad je entropija jednom nastala, ona se ne može nikad više uništiti. Svemir mora trajno nositi ovaj dodatni teret entropije. **„Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti" kaže prvi zakon termodinamike. "Entropija se ne može uništiti" kaže drugi zakon "ali se može stvoriti".**

Možemo zaključiti: „**Entropija izolovanog sistema raste u svakom prirodnom (tj. ireverzibilnom) procesu".**

Eksergija i anergija

Svaki proces se može posmatrati kao serija operacija gde se ulaz u proces (sirovine i energija) transformiše u izlaz iz procesa (proizvodi i otpad). Prema zakonu održanja mase i energije, ulaz materijala jednak je izlazu materijala i ulaz energije jednak je izlazu energije.

Kriterijum za kvalitet energije je njena "transformabilnost" u drugi oblik energije ili rad. Visokokvalitetna energija kojom se snabdeva proces (elektricitet, gorivo ili para) se transformiše u niskokvalitetnu energiju (topla voda i vazduh) napuštajući proces kao energija koja se gubi, odnosno više se ne upotrebljava. Eksergija je udeo energije koji se može transformisati u rad, odnosno eksergija je transformisani (iskorišćeni) deo energije.

Koncept eksergije uzima u obzir kvalitet različitih vidova energije ali i kvalitet različitih materija. Neenergetske sirovine imaju eksergetsku vrednost koja zavisi od njihove hemijske strukture i koncentracije. Upotrebljive sirovine treba da budu koncentrisane i strukturirane na način koji se razlikuje od okruženja sistema (vazduh, voda i zemljište). Vazduh, voda i zemljište se u analizu eksergije smatraju referentnim supstancama koje su dostupne u neograničenim količinama i koje imaju nultu vrednost eksergije. Bilo koja druga supstanca koja se razlikuje u strukturi i koncentraciji od referentnih ima određenu vrednost eksergije. Što je veća uređenost materije manja je entropija, a veća vrednost eksergije.

Kada se u procesima visokokvalitetna energija transformiše u niskokvalitetnu dešava se gubitak eksergije. Gubitak eksergije se dešava i kada se sirovina velikih vrednosti eksergije transformiše u proizvode niže ukupne vrednosti eksergije. Ukupan gubitak eksergije se dobija sumiranjem doprinosa transformacije materije i energije. Međutim, promena

eksergije materije može biti i obratna, npr. sirovina može da se transformiše u proizvode više vrednosti eksergije. U tom slučaju jedan deo eksergije goriva koje ulazi u proces prenosi se na proizvode i oduzima se od gubitka eksergije pri transformaciji energije pri računanju ukupnog gubitka eksergije u procesu.

S obzirom na mogućnost međusobnog pretvaranja različitih vidova energije, postoji sledeća klasifikacija:

- Energija koja se može neograničeno pretvarati u druge oblike energije zove se EKSERGIJA. Potpuno pretvaranje moguće je samo pomoću povratnih procesa. U ovu grupu spadaju: potencijalna, kinetička, mehanička i električna energija.
- Energija koja se može samo ograničeno pretvarati u druge oblike energije kao na primer unutrašnja energija i toplota. Ograničenje pretvaranja je posledica drugog principa termodinamike, a zavisi od oblika energije, stanja u kome se proces odvija i stanja okoline.
- Energija koja se ne može pretvarati u drugi oblik energije zove se ANERGIJA. Primer ove grupe energije su energija okoline i energija mora.

Korišćenjem pojmova eksergije i anergije moguće je definisati zakon o održanju energije i prvi princip termodinamike, kao njegov poseban slučaj, na sledeći način: "U svim energetskim procesima zbir eksergije i anergije je konstantan"

ENERGIJA = EKSERGIJA + ANERGIJA

Jedan od članova desne strane jednačine može imati i vrednost nula. Za pretvaranje energije iz jednog oblika u drugi važi:

1. u svim nepovratnim procesima eksergija se pretvara u anergiju,
2. samo u povratnim procesima eksergija ostaje konstantna, i
3. nemoguće je anergiju pretvoriti u eksergiju.

Svi realni energetski procesi su više ili manje nepovratni, pa se sa pretvaranjem oblika energije smanjuju "zalihe" eksergije jer se deo eksergije pretvara u anergiju. Ovim se opravdava naziv drugog principa termodinamike -"princip smanjenja eksergije".

Za sve energetske procese potrebna je energija i to ne bilo kakva energija već energija koja se može pretvoriti u druge oblike, znači eksergija. Energetski izvori su u stvari izvori eksergije. Izrazi kao što su "potrošnja energije" i "gubitak energije" u suprotnosti su sa zakonom o održanju energije po kome se energija ne može ni potrošiti ni izgubiti. Za razliku od ovih pojmova, pojmovi "potrošnja eksergije" i "gubitak eksergije" imaju puno značenje jer se eksergija troši i gubi pretvarajući se nepovratno u anergiju.

Ono što nudi koncept eksergije je bliska veza između transformacije sirovina i energije. Zahvaljujući tome, ceo životni ciklus se može okarakterisati samo jednom vrednošću za potrošnju (iscrpljivanje) energetskih i sirovinskih izvora. Ta vrednost je ukupni gubitak eksergije tokom celog životnog ciklusa. Prednost korišćenja koncepta eksergije leži u činjenici da vrednost koja karakteriše životni ciklus ima jasno fizičko značenje - gubitak upotrebljive materije i energije.

Približno izračunavanje gubitaka eksergije

Detaljna analiza gubitaka eksergije industrijskih procesa zahteva poznavanje kompletnog energetskog bilansa posmatranih procesa kao i svih temperatura na kojima se razmenjuje toplota sa okolinom. Stoga je, usled nedostataka potrebnih podataka, često nemoguće uraditi detaljnu analizu. Tako se javlja potreba za približnim izračunavanjem pomenutog gubitka eksergije na osnovu dostupnih podataka o potrošnji:

- goriva (MJ/t glavnog proizvoda)
- pare različitih pritisaka (t/t glavnog proizvoda)
- električne energije (kWh/t glavnog proizvoda).

Ovi normativi, takozvani "utilities", sastavni su deo čak i vrlo šturih opisa tehnoloških procesa.

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



O ENERGIJI

Energija je uzrok svemu što se događa oko nas. Pogledajte kroz prozor! Danju sa Sunca dolazi energija zračenja, a s njom toplota i svetlost. Noću ulične svetiljke troše električnu energiju za osvetljavanje. Automobil koji prolazi pokraj nas koristi se energijom uskladištenom u gorivu (benzinu, gasu/plinu, nafti) ili u akumulatorskoj bateriji. Hrana koju jedemo sadrži energiju potrebnu za rad i igranje.

Energija je sposobnost obavljanja rada.

Energija se pojavljuje u različitim oblicima. Postoji hemijska energija, električna energija, toplotna energija, energija zračenja, mehanička energija i nuklearna energija. Važno je zapamtiti da se energija ne može uništiti ni stvoriti, već samo može promeniti svoj oblik.

OBLICI ENERGIJE

Oblike energije moguće je svrstati u različite kategorije i podeliti prema različitim karakteristikama. Jedna od podela je podela na ***nagomilane*** (akumulisanje, uskladištene) i ***prelazne*** oblike energije.

Nagomilani oblici energije mogu se održati u svom obliku kroz duže vremensko razdoblje, dok se prelazni oblici javljaju kratkotrajno. Prelazna energija se pojavljuje kad nagomilana energija menja svoj oblik ili kad nagomilana energija prelazi s jednog sistema na drugi (s jednog tela na drugo).

Nagomilani oblici energije dele se na mehaničku energiju i unutrašnju energiju. U mehaničku energiju ubrajaju se energija mirovanja, potencijalna, kinetička, elastična i rotacijska energija. Energija mirovanja posledica je toga što telo mase *m* poseduje energiju jednaku mc^2 koja je raspoloživa za transformaciju u druge oblike energije. Unutrašnja energija deli se na nuklearnu energiju, hemijsku energiju i unutrašnju kaloričku energiju. Za hemijsku energiju se može reći da je zapravo elektromagnetska potencijalna energija.

Prelazni oblici energije su mehanički rad, toplotna energija, električna energija i energija koja se troši zbog trenja.

Pomoću olovke možete demonstrirati neke od transformacija oblika energije i navedene dve vrste energije.

Stavite olovku na ivicu stola i gurnite je preko ivice da padne na pod. U odnosu na pod olovka poseduje potencijalnu energiju. Za vreme pada olovke potencijalna energija olovke se pretvara u njenu kinetičku energiju. U trenutku kad olovka padne na pod, kinetička energija se pretvara u unutrašnju kaloričku energiju koja se skladišti u olovci i podu. Zbog malene mase olovke u odnosu na pod, temperatura olovke poraste u odnosu na temperaturu poda, dok se, zbog velike mase poda, njegova temperatura praktično ne menja.

Razlika u temperaturi olovke i poda izazvaće prelaz toplotne energije s olovke na pod. Budući da se energija ne može stvoriti, toplotna energija koja prelazi s olovke na pod dobijena je transformacijom unutrašnje kaloričke energije.

Naime, unutrašnja kalorička energije olovke pretvara se u toplotnu energiju koja prelazi s olovke na pod (s toplijeg tela na hladnije) da bi se pretvorila u unutrašnju kaloričku energiju poda. Prelaz toplotne energije, odnosno transformacija unutrašnje kaloričke energije u toplotnu i zatim toplotne u unutrašnju kaloričku energiju, odvija se tako dugo dok se ne izjednače temperature olovke i poda. Temperatura olovke će se pritom snižavati, a poda rasti.

Uzmite sada olovku i vratite je natrag na sto. Da biste podigli olovku, savladavali ste silu teže - privlačnu silu gravitacije kojom Zemlja deluje na olovku. Drugim rečima, obavili ste mehanički rad, „radili ste"! Za podizanje olovke koristili ste se vlastitom nagomilanom hemijskom energijom koju ste u telu nagomilali unošenjem hrane.

Kako stalno ističemo, energija se ne može uništiti ni stvoriti, već može samo promeniti oblik. Mehanički rad koji ste uložili za podizanje olovke dobijen je transformacijom hemijske energije nagomilane u sopstvenom telu i zatim pretvorene u potencijalnu energiju olovke u trenutku vraćanja olovke na sto.

Drugim rečima, hemijska energija nagomilana u ljudskom telu, posredstvom mehaničkog rada, pretvorila se u potencijalnu energiju olovke. Posredstvom prelaznog oblika energije jedan se od nagomilanih oblika energije pretvorio u drugi i „prešao" s jednog na drugo telo.

Kako merimo energiju?

Energija se meri na više načina. Osnovna jedinica za energiju je džul (*joule*) i , obeležava se slovom „J" a nazvana je prema engleskom fizičaru Jamesu Prescottu Jouleu (1818-1889), koji je otkrio da je toplota jedna vrsta (oblik) energije.

Jedan džul je energija potrebna za rad obavljen silom od jednog njutna (newton, „N") kad se njena napadna tačka pomakne za 1 metar u smeru sile. Jedan džul je takođe i energija delovanja snage od jednoga vata (wat, „ W „) u trajanju od jedne sekunde: J = Ws.

Za veće iznose energije upotrebljavaju se jedinice kilodžul (kJ) i megadžul (MJ). „Kilo" označava hiljadu, a „mega" milion. Sagorevanjem jedne šibice oslobodi se otprilike 1000 J toplotne energije, dok je za pripremanje jedne šoljice kafe potrebno otprilike 2 miliona džula (MJ) energije.

Energija se može izražavati i u drugim jedinicama, na primer u kalorijama, kilovat-satima ili britanskim toplotnim jedinicama. Odnos između različitih jedinica za energiju je stalan: jedna kalorija (cal) je 4,18 J; jedan kilovat-sat (kWh) odgovara 3,6 miliona džula (3,6MJ); a 1055 džula odgovara jednoj britanskoj toplotnoj jedinici (Btu). Jedna čaša coca-cole (240 g) sadrži 170 kJ odnosno 40 kcal energije. Istu količinu energije sadrži i jedna jabuka (100 g).

Komad hleba namazan maslacem sadrži oko 315 kJ energije. Ta energija je dovoljna za:

- 6 minuta trčanja ili
- 10 minuta vožnje biciklom ili
- 15 minuta šetnje ili
- vožnju auta 7 sekundi pri brzini od 80 kilometara na sat ili
- rad sijalice od 100 W tokom jednog sata ili
- podizanje tereta od 50 kg na 1 m visine 650 puta.

Transformisanje oblika energije

Jedan oblik energije može se pretvoriti u druge oblike energije. Na primer, deo hemijske energije uskladištene u bateriji pretvara se u svetlost kada uključimo baterijsku lampu/svetiljku.

Hrana takođe sadrži hemijsku energiju. Kada telo koristi tu nagomilanu hemijsku energiju ona se, opet samo delimično, pretvara u mehaničku energiju i/ili mehanički rad. Kada se prejedete, energija iz hrane se akumulira, tj. nagomilana je kao hemijska energija u obliku masnih stanica.

Kada razgovaramo preko telefona zvuk se pretvara u električnu energiju, koja se dalje prenosi preko žice (ili kroz vazduh u obliku elektromagnetske energije). Na drugoj strani telefon pretvara električnu energiju u zvuk preko zvučnika.

Automobil se koristi nagomilanom hemijskom energijom goriva za kretanje. Motor s unutrašnjim sagorevanjem transformiše hemijsku energiju u unutrašnju kaloričku energiju, da bi se unutrašnja kalorička energija pretvorila zatim u toplotnu i mehanički rad.

Slično, u tosteru se električna energija transformiše najpre u unutrašnju kaloričku energiju, a ova zatim u toplotnu i svetlost. (Pogledate li u unutrašnjost tostera videćete užarene žice grejača koje svetle.).

Televizor transformiše elektromagnetsku energiju u svetlost i zvuk.

Toplotna energija

Toplota je prelazni oblik energije. Koristimo je za mnogo toga, na primer za zagrevanje prostorija i pripremanje hrane.

Prelaz toplotne energije između tela različitih temperatura odvija se na dva fizikalno različita načina: prvi je provođenjem i prenošenjem, a drugi toplotnim zračenjem. Prvi je vezan za materiju, a drugi je posledica elektromagnetskog zračenja.

Provođenje se događa kada toplotna energija prelazi s jednog tela na drugo prilikom direktnog/neposrednog kontakta. Kada dotaknemo prstom vruć predmet toplota prelazi na prst provođenjem i zagreva ga. Toplota prelazi s predmeta koji ima višu temperaturu na predmet koji ima nižu temperaturu.

Metal je izvrstan provodnik toplotne energije. Drvo i plastika nisu dobri provodnici toplote. „Loši" provodnici nazivaju se izolatorima. Zbog toga se kuhinjske posude rade od metala a drške od plastike.

Prenošenje je kretanje gasova ili tečnosti od toplijih prema hladnijim mestima. Ukoliko je posuda za supu providna, moguće je videti kretanje struje prenošenja. Topli delovi supe se kreću prema gore, dalje od zagrejavanog dela posude na dnu, prema hladnijem delu posude na vrhu. Hladniji deo supe istovremeno se kreće tako da zauzme mesto toplijeg dela supe. Kretanje je kružnog oblika unutar posude.

Strujanje vazduha u atmosferi često je rezultat provođenja toplote prenošenjem. Dobar primer je vetar koji gotovo uvek duva u blizini mora. Topao vazduh je lakši od hladnog vazduha i stoga se diže. Kopno se zagreva brže od mora, pa je za vreme sunčanog dana kopno toplije od mora. Topao vazduh iznad kopna se diže, a zamenjuje ga hladniji vazduh iznad mora. To kretanje vazduha osećamo kao letnji povetarac.

Energija oslobođena na Suncu naziva se Sunčevom energijom. To je energija koja nastaje u unutrašnjosti Sunca termonuklearnom fuzijom. Spajanjem četiri jezgra vodonika u helijum oslobađa se energija od $1{,}17*10^{-18}$ kWh za svako jezgro helijuma. Ta se energija prenosi kondukcijom prema površini Sunca s koje se emituje u Svemir ($3{,}3*10^{27}$kWh godišnje) u obliku elektromagnetnih talasa, odnosno, kako se još govori, zračenja: radiotalasa, infracrveno, vidljivo, ultraljubičasto, rendgensko i gama zračenje.

Većina energije sa Sunca što dopire do Zemlje je energija ultraljubičastog i infracrvenog zračenja. Naime, ta se energija ne može preneti do Zemlje provođenjem ili prenošenjem toplote zbog gotovo praznog prostora između Sunca i Zemlje. Kako ne postoji materija koja bi prenela tu energiju, ona se prenosi zračenjem pomoću elektromagnetnih talasa odnosno pomoću elektromagnetnog zračenja različitih dužina.

Od energije emitovane sa Sunca do Zemlje dopire tek milijarditi deo ($1{,}556*10^{18}$ kWh godišnje). Od te energije, koja dopire do vrha Zemljine atmosfere, oko 30% reflektuje se natrag u svemir, oko 47% pretvara se u toplotu i emituje kao infracrveno zračenje, oko 23% troši se na isparavanje vode i ciklus padavina u atmosferi, a samo se mali deo pretvara u energiju vetra, troši na fotosintezu i sl.

Kada svetlost dođe do Zemlje, tu se apsorbuje ili reflektuje. Tamnije površine više apsorbuju, a svetlije površine više reflektuju elektromagnetsko zračenje. Dakle, leti će nam biti manje vruće ukoliko obučemo svetliju odeću.

Energija hrane

Energija menja oblik u svakom koraku lanca prehrane. To ćemo opisati na primeru jednog klipa kukuruza.

Fotosinteza je proces u kojem se svetlosna energija pretvara u hemijsku energiju akumuliranu u glukozi. Za fotosintezu je potrebna svetlosna energija, hloroplast, voda i ugljen-dioksid. Dok je izložena svetlosti, biljka apsorbuje ugljen-dioksid, a ispušta kiseonik. Tokom fotosinteze biljka kroz koren uzima hranjive materije iz zemlje.

Kukuruz raste i razvija klipove, tj. vlastito seme. Energija svetlosti, posredstvom fotosinteze, akumulirana je u biljci. Zrna kukuruza puna su energije u obliku šećera i skroba. Obrani kukuruz služi kao hrana pilićima i drugim životinjama. Pilići koriste hranu da bi rasli i kretali se. Deo energije spremaju kao tkivo mišića - proteine, i kao masno tkivo.

Da bi piletina stigla do trgovine potrebna je energija kod obrade, transporta i zamrzavanja. Kod pripreme jela takođe se troši energija.

Mi jedemo hranu za rast, kretanje i akumuliranje. Kada se naše telo koristi energijom iz hrane, potreban mu je kiseonik koji udiše iz vazduha. Kao deo produkata hemijskih procesa u našem telu izdišemo ugljen-dioksid. Ugljen-dioksid opet mogu koristiti biljke za rast. Dakle, to je veliki krug života!

Vrste energije

Vrste energije podrazumevaju pojavni oblik, odnosno načine na koji se uočava delovanje energije, što je jednim delom povezano s njezinim izvorima (npr. potencijalna, kinetička, hemijska, električna ili energija vode, vetra, goriva itd).

Oblici energije obuhvataju izvore i vrste energije, zavisno od njihovog mesta u procesima transformacije:

- primarna energija
- sekundarna energija
- finalna energija
- korisna energija

Primarna energija ili **primarni izvori energije** su izvori koji se dobijaju direktno iz prirode i koji još nisu prošli nijedan proces transformacije, a mogu biti:

fosilni (npr. kameni i mrki ugalj, sirova nafta, prirodni plin i plinski kondenzat i sl)

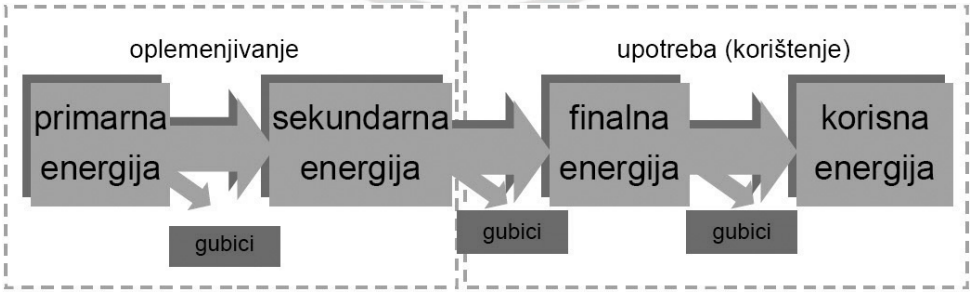
nuklearni (npr. uran, torijum itd)

obnovljivi (solarna energija, energija vetra, energija vodenih tokova, biološkog ili geološkog porekla itd).

Sekundarna energija ili **sekundarni izvori energije** su izvori koji su raznim tehničkim postupcima transformacije dobijeni iz primarnih (npr. koks, briketi, obogaćeno nuklearno gorivo, benzin, lož ulje, električna struja, toplota itd). Tim se procesima transformacije menjaju hemijski ili fizikalni pojavni oblici primarnih izvora, što je nužno jer se većina izvora, u obliku u kojem je dobijena iz prirode, ne može direktno koristiti.

Primarna i sekundarna energija često se nazivaju zajedničkim imenom **energija goriva**.

Finalna energija su izvori ili vrste energije koji krajnjem korisniku stoje na raspolaganju (npr. toplota, električna struja, razna goriva i sl). O načinu njihove primene pri tome odlučuje korisnik te ih odgovarajućim procesima pretvara u korisnu energiju. Finalnu energiju stoga čine i primarni (npr. ugalj) i sekundarni izvori (npr. benzin). Pri procesima transformacije, prenosa i skladištenja energije dolazi do gubitaka, odnosno jedan se deo primarne i sekundarne energije ne može iskoristiti.



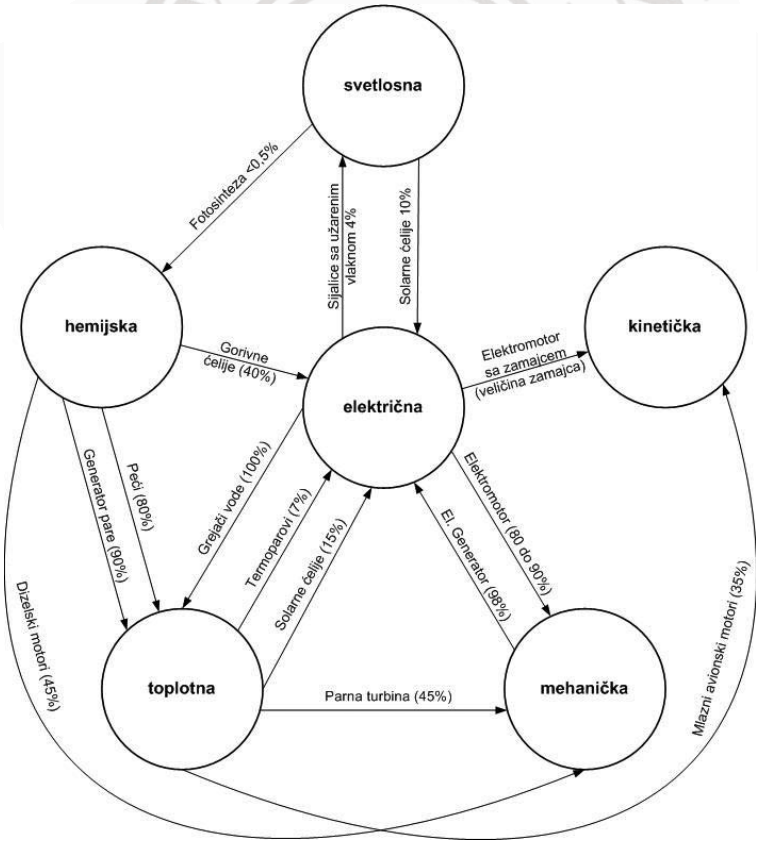
Slika 1. Lanac pretvaranja energije

Korisna energija je onaj deo energije koji se dobija nakon oduzimanja svih gubitaka koji nastaju pri procesima dobijanja, prerade (proizvodnje), skladištenja i prenosa primarnih i sekundarnih izvora te transformacije finalne energije. Korisna je energija krajnjem korisniku na raspolaganju u njemu najprikladnijem obliku.

Govoreći o energiji, procesima njene transformacije i energetskom privređivanju često se susreću izrazi kao što su intenzivnost primene energije i efikasnost njene primene ili transformacije.

Intenzivnost primene energije ili **energetska intenzivnost** je tehničko-ekonomski pojam koji pokazuje koliko se primarne i sekundarne energije troši po jedinici nacionalnog (društvenog) proizvoda po stanovniku neke države ili područja. Manja intenzivnost pri tome znači bolje iskorišćavanje energije.

Efikasnost primene (**transformacije**) **energije** je tehnički pojam koji pokazuje koliki se udeo primarne ili sekundarne energije može pretvoriti u korisnu, odnosno koliki su gubici u celom procesu transformacije. Brojčano se iskazuje odnosima koji se nazivaju stepenima korisnog delovanja ili stepenima iskorišćenja (zavisno od sistema koji se posmatra).



Slika 2. Efikasnosti pretvaranja energija

Klasifikacija primarnih (prirodnih) oblika energije

S obzirom na vremensku mogućnost njihovog iscrpljivanja prirodni (primarni) oblici energije dele se na:

1. Neobnovljivi oblici energije

- Fosilna goriva (ugalj, nafta, zemni gas, uljni škriljci),
- Nuklearna goriva
- Unutrašnja toplota Zemlje (geotermalna energija)

2. Obnovljivi oblici energije

- Vodne snage, (energija vodotokova, morskih struja i talasa, plime i oseke),
- Biomasa (i biogas, uključujući i drvo i otpatke),
- Energija Sunčevog zračenja,
- Energija vetra

Za razliku od neobnovljivih oblika energije, obnovljivi oblici energije NE MOGU se vremenom iscrpiti, ali je moguće u potpunosti iscrpiti njihove potencijale. Primer: Utvrđivanje najpogodnijih lokacija za gradnju HE određene instalisane snage na određenom vodotoku i njihova izgradnja - potpuno iskorišćenje isplativih energetskih kapaciteta vodotoka

Deo obnovljivih izvora energije nije moguće uskladištiti i transportovati u prirodnom obliku (vetar, zračenje sunca), a deo jeste (voda u vodotocima i akumulacijama, biomasa i biogas). Izvore energije koje nije moguće uskladištiti treba iskoristiti u trenutku kad se pojave ili ih pretvoriti u neki drugi oblik energije.

Očite prednosti neobnovljivih izvora su: konstantost, bolja mogućnost prilagođenja potrebama, skladištenja i transporta u prirodnom obliku, manje investicije za izgradnju postrojenja za njihovo dobijanje, pretvaranje i upotrebu, kao i pogon i održavanje (s obzirom na instalisanu snagu).

Ipak najvažnije: veće tehničke mogućnosti i bolja ekonomska opravdanost iskorišćavanja neobnovljivih oblika energije (vezano uz razvoj metoda i postupaka) razlozi su njihovog većeg iskorišćavanja do sada!

Prirodne oblike energije prema fizikalnim svojstvima delimo još na nosioce:

- hemijske energije: ugalj i treset, sirova nafta, zemni gas, uljni škriljci, biomasa, biogas, drvo i otpaci,
- nuklearne energije: nuklearna goriva
- potencijalne energije: vodne snage, plima i oseka
- kinetičke energije: vetar, energije struja i morskih talasa
- toplotne energije: geotermička, toplotna energija mora
- energije zračenja: Sunčevo isijavanje

Prema uobičajenosti upotrebe prirodne oblike energije možemo podeliti i na:

- konvencionalne (fosilna goriva, vodne snage, nuklearna goriva i vrući izvori).
- nekonvencionalne (svi ostali)

Konvencionalni obnovljivi izvori (oblici) energije - energija vodotokova (i to isključivo velike HE), dok su svi ostali nekonvencionalni!

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



GORIVA, SAGOREVANJE, KOTLOVI

Goriva i sagorevanje pretstavljaju važnu oblast neophodnu za razumevanje principa u brojnim disciplinama inženjestva. Znanja iz oblasti goriva i procesa sagorevanja su neophodna za pravilno organizovanje rada raznih uređaja i postrojenja. Izbor adekvatnog goriva i optimalnih uslova vođenja procesa sagorevanja doprinose ekonomičnosti i efikasnosti mnogih procesa i obezbeđuju dobijanje materijala/proizvoda optimalnog kvaliteta.

Goriva

Goriva su primarni oblici energije u kojima je energija uskladištena u hemijskom ili nuklearnom obliku. Oslobađanjem energije goriva povećava se unutrašnja energija radne tvari/supstance koja se tada koristi za dobijanje rada ili toplotne energije. Prema načinu dobijanja goriva se dele na: prirodna i veštačka. U sadašnjem trenutku tehnološkog razvoja najvažnija konvencionalna goriva su fosilna goriva: ugalj, nafta i prirodni gas, a od nuklearnih goriva uran.

Fosilna ili mineralna goriva su goriva koja se sastoje od fosilnih ostataka, tj. od ugljovodonika iz površinskog omotača Zemljine kore. Mogu se naći u sva tri agregatna stanja, od gasovitih sa malim odnosom ugljenik/vodonik kao što je metan, preko tečnih kao što je nafta, do čvrstih koji se sastoje pretežno od ugljenika, poput kamenog uglja.

Fosilna goriva su izuzetno značajna zato što se njihovim sagorevanjem mogu dobiti značajne količine energije. Još od davnina su u upotrebi neka od fosilnih goriva kao što je ugalj. Ipak, tek sa početkom eksploatacije nafte u 19. veku, počinje idustrijski razvoj koji je doživeo ekspanziju u 20. veku. Zato se i kaže da je 20. vek bio vek nafte.

Najvažnije karakteristike goriva su:

- Hemijski sastav,
- Toplotna moć,
- Temperatura sagorevanja,
- Ponašanje goriva u toku procesa sagorevanja.

Gorivo se sastoji od : C (ugljenika), O (kiseonika), H (vodonika) ,N (azota), S (sumpora) ,od čega su sagorivi C, H, S.

Ugljenik je najvažnija komponenta goriva jer njegovim sagorevanjem nastaje najveći deo toplote. Ugljenik je i najviše zastupljena komponenta.

Vodonik je druga po važnosti komponenta goriva jer se sagorevanjem 1kg vodonika oslobađa približno 140 MJ toplote.

Sumpor se u gorivu nalazi u vidu gorive i negorive komponente.Njegovo prisustvo u gorivu je nepoželjno jer izaziva koroziju, a produkti sagorevanja su ekološki veoma štetni (kisele kiše).

Kiseonik nije goriv element, već se sagorevanje odvija zahvaljujući njemu.

Azot se javlja u obliku složenih organskih jedinjenja i ima ga veoma malo (do 2 %) u čvrstim i tečnim gorivima, a u većoj meri u proizvedenim gasovitim gorivima.

Toplotna moć goriva se definiše kao odnos oslobođene količine toplote pri potpunom sagorevanju goriva i količine goriva iz koje je toplota oslobođena:

$$H = Q/m_g,$$

gde je:

H – toplotna moć goriva [kJ/kg],

Q – količina oslobođene toplote [kJ] i

m_g – masa goriva [kg].

U opštem slučaju, gorivo se sastoji od gorivog dela i balasta (negorivog dela). Vlaga, zajedno sa mineralnim materijama, čini tzv. spoljni balast. Vlaga se u gorivu javlja u tri oblika:

- kao gruba,
- higroskopna i
- konstituciona.

Vlaga umanjuje toplotnu moć goriva jer se za njeno isparavanje troši deo toplote nastao sagorevanjem goriva. Shodno tome, razlikujemo **gornju i donju toplotnu moć goriva**.

Gornja toplotna moć goriva (Hg) je količina toplote koja se oslobodi potpunim sagorevanjem jedinice mase goriva pod sledećim uslovima:

(1) voda iz produkata sagorevanja, koja potiče od vlage iz goriva i od sagorelog vodonika (H2), prevedena je u tečno stanje,

(2) produkti sagorevanja goriva dovedeni su na temperaturu koju je gorivo imalo na početku i

(3) sumpor (S) i ugljenik (C) iz gorive materije se nalaze u obliku svojih dioksida (SO_2 i CO_2), dok do sagorevanja azota (N_2) nije došlo.

Donja toplotna moć goriva (Hd) je količina toplote koja se oslobodi potpunim sagorevanjem jedinice mase goriva pod sledećim uslovima:

(1) voda u produktima sagorevanja ostaje u parnom stanju,

(2) produkti sagorevanja goriva dovedeni su na temperaturu koju je gorivo imalo na početku i

(3) sumpor (S) i ugljenik (C) iz gorive materije se nalaze u obliku svojih dioksida (SO_2 i CO_2), dok do sagorevanja azota (N_2) nije došlo.

U opštem smislu, goriva su materije koje sagorevanjem oslobađaju toplotu. U užem smislu, goriva su materijali koje sagorevamo da bismo proizveli toplotu. Osim toga, goriva treba da ispune i sledeće zahteve:

- da proizvode veliku količinu toplote za kratko vreme
- da se nalaze u prirodi u dovoljnim količinama
- da u prirodnom stanju ne sadrži velike količine negorivih materija
- da mogu lako i jeftino da se dopreme do korisnika
- da ne menjaju bitno svojstva i da su bezbedna tokom eksploatacije

Čvrsta goriva

Najvažnije čvrsto gorivo je ugalj. Smatra se da je proces nastajanja uglja započeo pre mnogo miliona godina u močvarnim područjima kada je organska materija biljnog porekla dospela ispod površine vode. U nedostatku vazduha prvo se počinje stvarati treset. Povećanjem pritiska i temperature (tektonske promene, vulkanska aktivnost) proces ugljenisanja tokom vremena napreduje uz smanjenje udela vlage i lakoisparljivih sastojaka. U zavisnosti od područja nastanka i geološke starosti ugljeni se mogu podeliti u četiri osnovne grupe: lignit, mrki ugalj, kameni ugalj i antracit.

Treset je nešto između drveta i uglja, nastaje u vodenoj sredini, u dubini od 7 – 8 metara, pre upotrebe se suši. Njegova toplotna moć je oko 10.000 kJ/kg

Lignit je najmlađa vrsta uglja, žute, tamno smeđe boje, ima 50% vode u sebi. Nalazišta: Kostolac, Kolubarski i Kosovski basen. Predstavlja i jednu vrstu mrkog uglja. Toplotne moći oko 18.000 kJ/kg

Mrki ugalj – procenat vode se smanjuje do 25% kod ove vrste. Poznata dva basena kod nas su Sensko – Resavski i Aleksinački. Postoji u dva oblika, tvrd i mek. Kod tvrdog nisu očuvani biljni ostaci, dok kod mekog jesu i on je zemljaste i tresetaste strukture. Toplotne moći 23.000 kJ/kg

Kameni ugalj – procenat vode se smanjuje, kod ove vrste je od 4 – 10%. Predstavlja najstariju vrstu uglja. Kod nas ga ima u Ibarskom i Timočkom basenu. Toplotne moći 33.000 kJ/kg – 35.00 kJ/kg. Podela prema sadržaju isparljivih supstanci:

- **plameni** – 40% sagorljivih supstanci, koristi se kao gorivo u plamenim pećima
- **gasni** – 32-35% sagorljivih supstanci, koristi se za proizvednju svetlećeg gasa, u gasarama
- **masni** – za proizvodnju metalurškog koksa, 18-28% sagorljivih supstanci
- **posni** – kao gorivo u kotlovima i pećima, 10-18% sagorljivih supstanci
- **antracit** – najstarija vrsta kamenog uglja, koristi se kao gorivo u kotlovima i pećima, od 4-10% sagorljivih supstanci. Bogat je ugljenikom, toplotna moć 35.500 kJ/kg.

U tabeli 1. date su karakteristike prema kojima se mogu klasifikovati ugljevi.

Tabela 1. Klasifikacija ugljeva

	Voda	**Donja toplotna moć**	**Isparljivi sastojci**	**Ukupno ugljenika**
	%	kJ/kg	%	%
Lignit	35-75	6700-19250	53-62	60-67
Mrki ugalj	10-40	18850-26800	45-53	67-77
Kameni ugalj	3-10	23900-35400	10-50	77-92
Antracit	<3	<35400	<10	>91

Osim uglja koriste se još od čvrstih fosilnih goriva uljni škriljci čiji je glavni sastojak organska materija slična nafti. Organska materija zarobljena je u krečnjačkoj strukturi koja predstavlja balast, tako da je toplotna moć uljnih škriljaca znatno niža od naftne.

Drvo je izuzetno značajan i plemenit materijal, koji ima primenu u mnogim oblastima ljudske delatnosti, te ga je kao takvog najmanje isplativo spaljivati. To je najčistije i najbezbednije gorivo koje danas postoji, posebno u odnosu na naftne derivate i nuklearno gorivo, ali je i gorivo sa malim sadržajem azota i sumpora. Energija na bazi drveta je dominantan izvor energije za preko dve milijarde ljudi u svetu, posebno za domaćinstva u zemljama u razvoju.

Drvo tokom sagorevanja prolazi kroz 3 faze

1. **Isušivanje:** sve do temperature od oko 220°C nestaje još uveka prisutna voda u drvetu. Što je drvo vlažnije, biće potrebna i veća energija da bi se drvo isušilo.
2. **Piroliza:** između 220 °C i 270 °C
3. **Gasifikacija i sagorevanje:** Počev od 500 °C startuje finalna oksidacija proizvoda namenjenih za sagorevanje uz oslobađanje toplote.

Da bi shvatili kolika je tačno toplotna moć drveta, može se smatrati da otprilike 3 kg drveta daju istu količinu toplote kao 1 kg lož-ulja.

Biomasa je veoma heterogen i hemijski kompleksan materijal. Razumevanje njene prirodne raznolikosti i opsega hemijskih sastava je ključno za inženjere koj su vezani za istraživanja ili razvoje tehnologija koje koriste biomasu kao resurs. Drvo se generalno deli na dve kategorije meko (četinari) i tvrdo drvo (lišćari). Postoje značajne razlike u strukturi mekog i tvrdog drveta, koje u mnogome definišu njihovo ponašanje tokom sagorevanja ili nekog termohemijskog tretmana.

Hemijski sastav drveta varira u zavisnosti od vrste, međutim generalno se može reći da celuloza, hemiceluloze i lignin generalno čine 95 do 98% od hemijskog sastava drveta. Tri gore navedene komponente ponašaju se različito tokom procesa termičke razgradnje i sagorevanja, što je takođe bitan faktor koji ima uticaja na koncepciju sistema za sagorevanje ovakvih goriva.

Toplotna moć drveta zavisi od sadržaja vlage i približna je toplotnoj moći lignita, toplotna moć suvog drveta ide i do 17 MJ/kg. Sadržaj vlage može da ide i do 60%, ali je u tom slučaju veoma teško obezbediti stabilno sagorevanje. Drvo u odnosu na suvu masu sadrži oko 80% gorivih isparljivih materija, koje u stvari predstavljaju mešavinu raznih ugljovodonika, ugljen monoksida, ugljen dioksida i dr. To je i osnovni razlog zbog kojeg je biomasa interesantno gorivo za gasifikaciju ili neku drugu vrstu termohemijskog tretmana. Pepeo drveta je naročito bogat kalcijumom, koji preračunat na CaO čini 50 do 75% od njegove ukupne količine. Količina kalijuma kreće se od 10 do 30%, dok je sadržaj magnezijuma 5 do 10%. Ostatak uglavnom čine gvožđe, aluminijum i natrijum. Natrijumovi i kalijumovi oksidi definišu nisku tacku topljenja pepela, što kod velikih ložišta stvara preduslove za pojavu zašljakivanja. Međutim, važno je naglasiti da posle sagorevanja drveta ostaje mali udeo pepela (u odnosu na ukupnu masu) koji se kreće oko 1 do 2%.

Razvoj šumarstva i drvne industrije uslovio je stvaranje velikih količina drvnog otpada, koji se posmatrano sa ekonomskog stanovišta mora iskoristiti. Kada se detaljnije analizira nastanak otpatka od trenutka kada se drvo poseče, pa do njegove finalne obrade, dolazi se do podatka da u primarnoj preradi drveta na otpad odlazi 35-40%, od ukupne mase drveta, dok se u finalnoj preradi drveta taj udeo kreće oko 70%. Stoga se kao gorivo još se može koristiti otpadni materijal drvne industrije (piljevina, drvni otpaci) ili biomasa iz poljoprivrede o čemu će biti više reči kasnije u posebnom poglavlju o biomasi.

Tečna goriva

Osnova skoro svih tečnih/tekućih goriva je sirova nafta. Veruje se da je sirova nafta nastala raspadanjem organskih tvari prvenstveno životinjskog, ali i biljnog porekla koje su se istaložile na dnu plićih delova bivših mora i okeana. Sastoji se od različitih ugljovodonika s dodatkom jedinjenja kiseonika, azota i sumpora. U zavisnosti od vrste ugljovodoničnih jedinjenja razlikuje se nafta metanske, naftenske i aromatske osnove te njihove mešavine.

Proces prerade nafte se odvija u dve faze: primarnoj i sekundarnoj. Posle primarne faze dobijaju se:

- gasovita goriva,
- benzinske frakcije,
- petrolejske frakcije,
- dizel-frakcije i lož-ulje,
- frakcije maziva i
- ostatak (bitumen).

U sekundarnoj fazi odvijaju se hemijski procesi:

- krekovanje,
- izgradnja ugljovodonika,
- konverzija ugljovodonika,
- ugradnja vodonika u ugljovodonike

Inicijalna rafinacija nafte vrši se frakcionom destilacijom pri čemu se na različitim temperaturama postepeno odvajaju prvo lakše pa zatim sve teže frakcije. Proizvod koji preostaje nakon procesa destilacije naziva se mazut. Mazut nastao destilacijom nafte s naftenskom osnovom služi u proizvodnji maziva, dok se ostali mazuti koriste uglavnom kao goriva u ložištima generatora pare. Mazuti imaju visoku vrednost donje toplotne moći koja se kreće oko 40000 kJ/kg. Zbog visoke vrednosti koeficijenta viskoznosti mazuta, što se naročito odnosi na parafinske mazute, za transport do i raspršivanje u plamenicima moraju se zagrejavati na temperature od 60 do 130 °C. Nafta se pojavljuje u sedimentnim stenama koje pripadaju mlađim geološkim razdobljima mezozoika i tercijara. Uz naftu se najčešće nalaze i nalazišta zemnog gasa.

Tabela 2. Analiza tipičnih tekućih goriva (po masi)

		Benzin	Dizel	Lako lož ulje	Teško lož ulje	Rezidualno lož ulje
Ugljenik	c	0.862	0.838	0.834	0.829	0.883
Vodonik	h	0.128	0.121	0.117	0.114	0.095
Sumpor	s	0.010	0.035	0.040	0.045	0.012
Azot	n	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kiseonik	o	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vlaga	w	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pepeo	a	0.000	0.006	0.009	0.012	0.010
Gustina	kg/l	0.76	0.87	0.9	0.95	0.95
Gornja toplotna moć	kJ/kgF	46490	44942	44290	43746	42511
Donja toplotna moć	kJ/kgF	43623	42232	41669	41193	40383

Motorni benzini su smeše ugljovodonika od C1 do C12, opsega destilacije od 30 do 200C. Namenjeni su kao pogonsko gorivo za pogon klipnih benzinskih motora. U zavisnosti od tipa benzinskog motora, konstrukcionih karakteristika, motorni benzini se znatno razlikuju po fizičko-hemijskim karakteristika i nameni.

Najvažnija karakteristika motornog benzina je oktranski broj koji je uveden 1927. godine. To je mera za antidetonatorsko svojstvo benzina, odnosno kvaliteta motornog benzina. Definisan je kao težinski deo izooktana sa normalnim heptanom izražen u procentima. Prema opštoj definiciji izooktan ima oktanski broj 100, jer ima dobru otpornost prema detonacionom sagorevanju, a normalni heptan 0, koji ima slabu otpornost prema detonacionom sagorevanju. Antidetonatorsko svojstvo benzina zavisi od njegovog sastava.

Bezolovni benzin se pojavio 1974. godine, kao gorivo za motore u Americi, a kasnije se njegova upotreba proširila i na ostale zemlje sveta. Osnovni razlog uvođenja u upotrebu bezolovnog motornog benzina je ekološki. Naime, njegovim uvođenjem praktično se izbacuju iz upotrebe olovni aditivi, čime se smanjuje prisustvi štetnih gasova, kao što su emisija CO, nesagoreli ugljovodonici i olovna jedinjenja. Za primenu bezolovnog benzina potrebno je da su automobili opremljeni sa katalitičkim konverterom za prečišćavanje ispustnih gasova. U osnovi bezolovni motorni benzin je smeša visooktanskih komponenti dobijenih preradom sirove nafte. Za poboljšanje svojstava ovog goriva dodaju se određene komponente i aditivi koji su rastvorivi u ugljovodonicima.

Teža loživa ulja su viskozne tekućine koje postaju gušće i nefleksibilne što su hladnije. Laka loživa ulja obično će ostati u tekućem obliku bez obzira na hladnoću u atmosferi. Teža loživa ulja zahtevaju grejanje kako bi se uopšte izvukla iz rezervoara. Kako bi se smanjila potrebna energija za pumpanje loživog ulja do gorionika, potrebno je održavati odgovarajuću temperaturu pumpanja.

Za pravilan rad mlaznica gorionika, maksimalna kinetička viskoznost se penje do 25 mm^2/s a za rotirajuće gorionike raste do 60 mm^2/s. Laka ulja zadovoljavaju ove uslove gotovo uvek, ali teža ulja se moraju predgrejati u rezervoaru (da bi moglo da se pumpa) i pre ulaska u gorionik temperatura ulja može ponekad biti iznad 100 $^{\circ}C$.

Postoji sličan odnos između gustine ulja i njegove temperature. Smanjivanjem temperature ulje postaje gušće i pri temperaturi točenja više ne može teći. Temperature točenja su u rasponu od -36 $^{\circ}C$ (lake frakcije) do +5 $^{\circ}C$ (teže frakcije).

Tačka buktanja (kada isparljive tvari iz goriva dođu u vezu sa plamenom i brzo gore) je u rasponu od 60 $^{\circ}C$ (lako ulje) do 125 $^{\circ}C$ (teško ulje).

Prisutnost sumpora u gorivu znatno smanjuje kvalitet tečnog goriva.

Osnovne prednosti tečnih goriva u odnosu na čvrsta goriva su:

- visoka toplotna moć,
- mali sadržaj balasta,
- mali toplotni gubici pri sagorevanju,
- jednostavno regulisanje procesa sagorevanja,
- jednostavan transport cevovodima.

Osnovne mane tečnih goriva su:

- velika zapaljivost i eksplozivnost,
- otrovnost nekih goriva,
- teško odstranjivanje emulgovane vode,
- stvaranje elektrostatičkog napona.

Gasovita goriva

Zemni (prirodni) gas je najvažnije gasovito gorivo. On je smesa lakih ugljovodonika, vode i drugih gasova. Sastav varira u zavisnosti od nalazišta u širokim granicama. Najveći je postotak metana (CH4) koji iznosi 50-100 %. Prema težim ugljovodonicima sastav obično može ići do heksana (C6H14). Pored gasovitih ugljovodonika u sastavu se najčešće nalaze i ugljovodonici koji su pod okolinskim uslovima u tekućem stanju. Takvi sastojci se obično još u toku proizvodnje odvajaju kao gasni kondenzat. Toplotna moć prirodnog gasa iznosi u zavisnosti od sastava 33-38 MJ/m3.

U poređenje s naftom korišćenje prirodnog gasa je novijeg datuma. Zbog lakoće korišćenja prirodnog gasa iz ležišta gasa (direktno se iz bušotine vodi na mesto upotrebe) njegova proizvodnja se stalno povećava. Kasniji početak intenzivnijeg korišćenja zemnog gasa posledica je problema koji su se pojavljivali s transportom i skladištenjem gasa. Danas su međutim tehnički problemi velikim delom rešeni. Izgrađeni su gasovodi koji spajaju zemlje i kontinente te omogućuju transport gasa na velike udaljenosti. S druge strane razvijena je tehnika ukapljivanja gasa koja omogućuje morski transport velikih volumena.

Prirodni gas spada u najčistije, najsigurnije i najkorisnije fosilno gorivo. Sagoreva bez čađi i pepela, sa malim emitovanjem ugljen-dioksida i sumpor-dioksida i zbog toga spada u najčistija goriva. Međutim, i korišćenjem prirodnog gasa i njegovim sagorevanjem u atmosferu se oslobađa određena količina štetnih materija koja takođe dovodi do zagađenja životne sredine. Sagorevanjem prirodnog gasa oslobađa se približno jedna polovina ugljen-dioksida koja se oslobađa spaljivanjem uglja. Ugljen-dioksid prouzrokuje pojačanje efekta staklene bašte i globalnog porasta temperature. Sumpor-dioksid se oslobađa spaljivanjem uglja i tečnih goriva prouzrokujući tako zakišeljenje okoline. Prirodni gas prilikom sagorevanja praktično ne proizvodi sumpor-dioksid. Azotni oksidi se u većoj meri oslobađaju u atmosferu i životnu sredinu nego prilikom sagorevanja nekih drugih energenata.

Prirodnom gasu se dodaje odorant sredstvo jakog, neprijatnog i karakterističnog mirisa da bi prirodni gas, koji je bez mirisa, dobio specifičan miris kako bi se lakše otkrilo curenje gasa iz gasnih instalacija, a sam proces dodavanja odoranta prirodnom gasu zove se odorizacija. Odorant sagoreva zajedno sa prirodnim gasom, a produkti sagorevanja nemaju neprijatan miris. Uređaj, kojim se odorant ubacuje u struju gasa, naziva se odorizator.

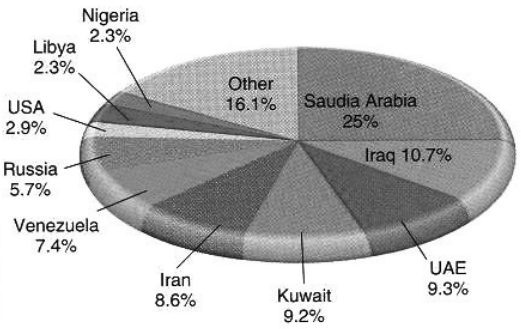
Osim zemnog gasa često se kao gorivo koriste otpadni gasovi iz industrijskih pogona kao npr. koksni gas, i dr.

Na kraju, izbor goriva za konkretnu namenu uključuje uravnoteživanje brojnih faktora, što uključuje kapitalni trošak postrojenja, cenu goriva i troškove pogona i održavanja. U razmatranje treba uzeti i verovatne buduće promene u gorivu i cenovnim politikama, kao i u zakonodavstvu o zaštiti životne sredine. Takođe, treba ostaviti prostora i za neočekivano.

Rezerve fosilnih goriva

Imajući u vidu stalni porast potrošnje fosilnih goriva, treba se zapitati kolike su zalihe s obzirom da je već rečeno da spadaju u neobnovljive resurse. Zalihe nafte, uglja i prirodnog gasa su prilično neravnomerno raspoređene. Od ukupnih rezervi, 57% svetske nafte u Saudijskoj Arabiji, Iraku, Iranu, Kuvajtu i Emiratima.

Kada je ugalj u pitanju, treba napomenuti da se javlja na velikim prostranstvima i da se zahvaljujući istraživanjima raspolaže sa relativno dosta podataka. Procenjuje se da svet raspolaže sa 7640 milijardi tona uglja, od čega je 1486 milijardi tona u SAD. Trenutna dnevna svetska potrošnja odgovara 150 miliona barela nafte i 31 milion tona uglja. To znači da su rezerve uglja dovoljne za narednih 500 do 600 godina (ako potrošnja ne bi rasla). Može se reći da je ugalj energetski izvor budućnosti, jer su rezerve velike, a relativno malo je iskorišćeno. Postavlja se pitanje zašto onda razvijene zemlje ne koriste više ugalj? Postoji više razloga, od kojih su najbitniji:



Slika 1. Izvori i rezerve nafte u svetu

- Podzemni kopovi su jako rizični – smanjenje rizika poskupljuje eksploataciju
- Površinski kopovi veliki poremećaj okoline
- Zagađenje vazduha (sumpor i kisele kiše, CO2 i efekat staklene bašte)
- Odlaganje pepela i šljake na deponije
- Još se traži jeftin, bezbedan i ekološki čist način eksploatacije

Raspored rezervi uglja:

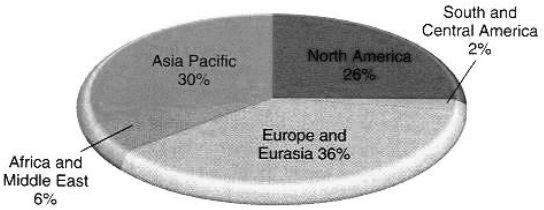
- SAD (27,1%);
- Rusija (17,3%);

- Kina (12,6%);
- Indija (10,2%);
- Australija (8,6%);
- Južna Afrika (5,4%).

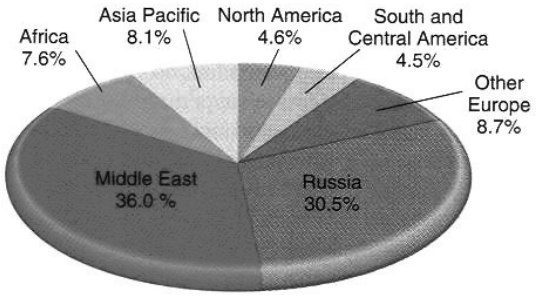
Ukupne, za sada istražene, svetske rezerve prirodnog gasa trenutnu svetsku potrošnju mogu zadovoljiti u narednih 130 do 150 godina. Zalihe nafte su čak ispod 60 godina. Međutim, neistražene zalihe gasa se procenjuju na 130 godina.

Najveće rezerve prirodnog gase se nalaze na teritoriji republika bivšeg SSSR-a, dok su Australija i Južna Amerika siromašne ovim energentom.

Ukupna količina prirodnog gasa se procenjuje na 10000 triliona ft3, a trenutno poznate rezerve su 5500 triliona ft3



Slika 2. Raspored zaliha uglja



Slika 3. Izvori i rezerve prirodnog gasa

Posledice korišćenja fosilnih goriva

Sagorevanje fosilnih goriva stvara sulfatne, karbonatne i nitritne (ugljena i azotna) kiseline koje padaju na Zemlju kao kisele kiše, pogađajući podjednako prirodu i naselja. Fosilna goriva takođe sadrže radioaktivne materijale, prvenstveno uranijum i torijum, koji se oslobađaju u atmosferu. Tokom 2000. godine, u atmosferu je ispušteno 12000 tona torijuma i 5000 tona uranijuma širom sveta.

Još jedna posledica sagorevanja uglja su velike količine šljake i letećeg pepela. Eksploatacija, obrada i transport fosilnih goriva takođe izaziva ekološku zabrinutost. Kopanje uglja, naročito površinski kopovi, imaju negativan uticaj na prirodno okruženje. Rafinerije nafte takođe imaju negativan uticaj pre svega zagađenjem vode i vazduha.

Rezerve fosilnih goriva nisu neograničene i troše se mnogo brže nego što se stvaraju. Ovakvom dinamikom potrošnje čovečanstvo će relativno brzo ostati bez energije zasnovane na fosilnim gorivima i za buduće naraštaje neće ostati ništa. Zato se već sada razmišlja o alternativnim izvorima energije koji bi u budućnosti trebalo da zamene naftu, ugalj, gas. Za razliku od sadašnje situacije koja predstavlja neodrživo rešenje, treba se okrenuti ka obnovljivim izvorima energije.

SAGOREVANJE

U gorivima se sagorevanjem sa kiseonikom oslobađa unutrašnja hemijska energija koja se prenosi na molekule povećavajući njihovu kinetičku energiju. Time se povećava unutrašnja energija radne tvari, a zbog toga i temperatura. Kiseonik se gorivu po pravilu dovodi sa vazduhom u kome ga ima oko 21 % (volumenski postotak).

Sagorevanje može biti potpuno i nepotpuno. Potpuno sagorevanje je ono kod koga svi gorivi sastojci u potpunosti izgore. U slučaju nedostatka kiseonika za sagorevanje ili slabog mešanja goriva i vazduha, proizvodi sagorevanja mogu sadržavati još uvek gorive tvari ili gasove. To je nepotpuno sagorevanje koje je po pravilu nepoželjno jer predstavlja gubitak. Gorivo se sastoji od: gorive tvari, vode i pepela. Sagorevanjem goriva tvar prelazi u gasovitu, voda u paru, a pepeo ostaje u čvrstom stanju.

Uz gorivo i kiseonik za početak procesa sagorevanja potrebno je osigurati i treći uslov, a to je temperatura zapaljenja. Zanimljivo je da se proces oksidacije (spajanje s kiseonikom) javlja na svim temperaturama pri čemu se oslobađa toplota, ali je kod niskih temperatura proces oksidacije tako spor da se odvođenje toplote lako ostvaruje. Kako se temperatura povisuje proces oksidacije, a time i oslobađanje toplote se intenzivira s naročitim ubrzanjem na temperaturi zapaljenja.

Mehanizam sagorevanja goriva je vrlo složen i težak za proračun kada se žele pratiti sve faze procesa. Ako se zadovoljimo samo bilansom tvari i toplote, što je za veliki deo praktičnih problema dovoljno, tada se proračun sagorevanja bitno olakšava. Iz stehiometrijskih jednačina može se na relativno lak način izračunati količina vazduha potrebnog za sagorevanje kao i količine dimnih gasova koje pri sagorevanju nastaju.

Potpunost procesa sagorevanja zavisi od uslova i kvaliteta obrazovanja gorive smeše, i shodno tome minimalna količina kiseonika često nije u mogućnosti da obezbedi potpuno sagorevanje. Pri idealnim uslovima kod gasovitog goriva je moguće obezbediti potpuno sagorevanje, dok kod tečnog i naročito čvrstog goriva uslovi obrazovanja gorive smese su daleko od idealnih zbog čega se u ložište uvodi veća količina vazduha od teorijski potrebnog. Veza između stvarne i teorijski potrebne količine vazduha je linearno proporcionalna. Koeficijent njihove proporcionalnosti naziva se koeficijent viška vazduha.

Ekonomično sagorevanje se postiže pri optimalnim vrednostima koeficijenta viška vazduha a oni su definisani:

- Vrstom goriva
- Načinom sagorevanja
- Vrstom ložišta

Kod savremenih konstrukcija kotlova koriste se λ sonde koje mereći količinu kiseonika u produktima sagorevanja automatski na kotlu povećavaju ili smanjuju količinu vazduha.

Temperatura sagorevanja je temperatura gasovitih produkata, kao rezultat zagrevanja toplotom koja je nastala sagorevanjem goriva. Razlikujemo:

- kalorimetrijsku,
- teorijsku i
- stvarnu temperaturu sagorevanja.

Kalorimetrijska temperatura sagorevanja je temperatura produkata koja nastaje potpunim sagorevanjem pri čemu ne postoje toplotni gubici usled disocijacije i razmene toplote sa okolinom. Ona je najviša temperatura sagorevanja. Više temperature se mogu postići jedino dodatnim zagrevanjem vazduha ili goriva.

Teorijska temperatura sagorevanja uzima u obzir disocijaciju produkata, dok stvarna uključuje i razmenu toplote sa okolinom.

Temperatura sagorevanja zavisi od:

- toplotne moći goriva,
- zapremine produkata sagorevanja,
- sastava produkata sagorevanja,
- specifičnog toplotnog kapaciteta produkata,
- temperature vazduha,
- temperature goriva.

Da bi se vršio bilo kakav proračun razmene toplote u postrojenjima u kojima se koristi fizička toplota gasovitih produkata ili bilo kog fluida potrebno je najpre znati strujne karakteristike fluida.

Strujanje gasova kroz termičko postrojenje može usled razlike biti u gustini toplijeg i hladnijeg fluida, a može se ostvarivati i prinudnim putem. Prvi način se definiše kao **prirodna vuča** a drugi kao **prinuda**. Ovi poslednji sistemi se daleko češće sreću. Zbog toga u delovima postrojenja postoje oblasti u kojima se pritisak razlikuje od atmosferskog.

Otpori pri strujanju gasova kroz termičko postrojenje mogu se podeliti na:

1. otpori pri prolazu vazduha kroz sloj goriva,
2. otpori pri prolazu gasova kroz sloj ispune,
3. podužni otpori pri strujanju gasovitih produkata, i
4. lokalni otpori pri strujanju gasovitih produkata.

Postoji 8 kotlovskih gubitaka o kojima je potrebno voditi računa. Ovi gubici zavise od vrste goriva, načina sagorevanja i konstrukcije kotla tako da ih ne srećemo kod svih vrsta goriva i svih vrsta kotlova. Uglavnom se mogu podeliti na:

1. gubitak usled propadanja goriva kroz rešetku,
2. gubitak usled nesagorelog goriva u šljaci i pepelu,
3. gubitak usled letećeg koksa,
4. gubitak usled hemijski nepotpunog sagorevanja,
5. gubitak usled čađi,

6. gubitak usled fizičke toplote šljake,
7. gubitak u izlaznim gasovima, i
8. gubitak usled spoljašnjeg rashlađivanja.

Dalje stručno razmatranje ove problematike, kao i problematike materijalnog i toplotnog bilansa zalazi u domen specijalističkih znanja što premašuje domen ove knjige.

Uvod u kotlovska postrojenja

Osnovni zadatak kotlovskog postrojenja je transformacija hemijske energije goriva u toplotnu energiju radnog fluida, a po pravilu mu je glavni deo parni kotao – protočni sistem za transformisanje energije. U području izgradnje energetskih, toplotnih i procesnih sistema problemi gradnje parnih kotlova čine posebno područje.

Osnovna namena parnog kotla je proizvodnja vodene pare pritiska većeg od atmosferskog koja se može koristiti za dobijanje mehaničkog rada, za grejanje i za industrijske procese ili za kombinovano proizvođenje mehaničkog rada i toplote.

Na slici 4. je prikazano mesto parnog kotla u pretvaranju energije. Parni kotao je deo kompleksnog energetskog, procesnog ili toplotnog sistema u kom se hemijska energija goriva pretvara u energiju vodene pare. Vrste energija koje se javljaju u parnim kotlovima prilikom pretvaranja energije su:

- Hemijska energija goriva čija količina zavisi od hemijskog sastava goriva,
- Toplotna energija dimnih gasova koji nastaju procesom sagorevanja/izgaranja,
- Energija vodene pare traženih karakteristika (pritisak, temperatura),
- Toplotna energija vode ako se radi o toplovodnim kotlovima.

Nedostatak i nedovršen razvoj teorijskih osnova primenjenih u gradnji parnih kotlova na području strujanja fluida, razmene/izmene toplote, čvrstoće specijalnih materijala, poznavanja sagorevanjaa goriva i upotreba iskustvenih veličina i podataka za gradnju parnih kotlova umesto proverenih teorijskih osnova doveo je do gradnje različitih tipova parnih kotlova, različitih kapaciteta i svojstava pare (parametara pare). Brzi razvoj parnih kotlova ima za posledicu mnoga rešenja koja nisu do kraja ispitana.



Slika 4. Pretvaranje energije i parni kotao

Spomenuto stanje u gradnji parnih kotlova posledica je činjenica:

- koriste se različite vrste goriva (čvrsta, tečna i gasovita), različitih hemijskih sastava, što stvara teškoće u primeni jedinstvenih tipova parnih kotlova;
- istraživanja kompleksnih uslova i procesa sagorevanja raznih vrsta goriva različitih sastava još nisu završena;
- pitanja optimizovanja uslova strujanja fluida i izmene toplote, postavljanje optimalnog proračuna veličine ogrevnih površina treba teorijski i računski rešiti i sistematizovati za pojedine vrste parnih kotlova;
- zbog sagorevanja sve lošijih goriva javljaju se novi, teži uslovi regulacije i automatizacije;
- zbog povišenja radnih pritisaka i temperatura pregrejanja pare upotrebljavaju se kvalitetnije vrste konstrukcijskih čelika (prelazi se od feritnih čelika na austenitne čelike), a potrebno je sprovesti pogonska ispitivanja toplotnih i mehaničkih svojstava materijala tokom deset pa i više godina da bi se pouzdano utvrdile dopuštene granice deformacija i naprezanja materijala za izradu cevi, komora, bubnja i drugih delova parnih kotlova;
- pitanja korozije, trošenja i oštećenja kao i pitanja zagađenja ogrevnih površina na strani vode i pare, kao i na strani dimnih gasova, postaju sve složenija zbog sve viših radnih pritisaka i temperatura i sve šire primene goriva s velikim procentom sumpora i mineralnih materija;
- nova rešenja u razvoju termoenergetskih postrojenja, povezivanje procesa vodena para-gas i upotreba ložišta parnog kotla pod pritiskom, stvaraju niz novih pitanja izgaranja, strujanja fluida i prolaza toplote.

Novija područja u razvoju energetskih postrojenja, (npr. korišćenje nuklearne energije), uslovljavaju druge karakteristike gradnje parnih kotlova i otvaraju niz novih problema.

Razvoj gradnje parnih kotlova, zbog povećanja potrebnih količina električne energije i težnje za što ekonomičnijim energetskim postrojenjem, uslovljava gradnju jedinica velikih kapaciteta s istovremenim povećanjem parametara proizvedene vodene pare (pritisak, temperatura).

Osnovni parametri parnih kotlova, koji mogu dati uvid u njihov razvoj, a koji se pokušavaju normirati, odnosno uklopiti u određene granice jesu:

D - kapacitet parnih kotlova, kg/s

p - pritisak u parnom kotlu, Pa

$t$pr - temperatura pregrejane pare, °C.

ηgp - stepen korisnost parnog kotla, %

Postoje četiri etape razvoja parnih kotlova s konvencionalnim gorivom i 5-ta etapa s nuklearnim gorivom (parni kotao prelazi u ovoj etapi u izmenjivač toplote).

1. etapa: početak gradnje parnih kotlova u vreme oko 1900: ručno loženje na nepomičnim rešetkama; parni kotlovi s velikim sadržajem vode; za potrebe

većih kapaciteta grade se nizovi ili baterije parnih kotlova; parametri kotlova iznose: pritisak pare ~ 1,5 MPa, temperatura pregrejanja pare do 250 °C.

2. etapa: gorivo sagoreva u sloju na mehaničkim rešetkama, tj. rešetkama s pogonom za pokretanje. Osnovni predstavnici ove etape jesu parni kotlovi sa sekcijama (sekcionalni) i strmocevni parni kotlovi; parametri iznose: pritisak pare do ~ 4 MPa i temperatura pregrejanja pare do 450 °C; vreme gradnje od 1900. do 1925.
3. etapa: u razvoju parnih kotlova osim sagorevanja u sloju uvedeno je i sagorevanje goriva u prostoru odnosno sagorevanje pomoću uglja samlevenog u mlinovima. Zbog potpuno novih uslova sagorevanja ugljene prašine, ložište je dobilo određeni oblik i niža zapreminska opterećenja nego pri sagorevanju uglja u sloju. Parametri pare iznose: pritisak pare do 12,5 MPa i temperatura pregrejanja do 525 °C; vreme gradnje od 1925. do 1950.
4. etapa: to je izvedba velikih parnih kotlova u blok-sistemu, tj. parni kotao i turbina čine jednu pogonsku jedinicu; pritisci se penju i preko kritične tačke, tj. i preko 22,1 MPa, a temperatura pregrejanja pare i preko 525 °C; vreme gradnje od 1950. nadalje.
5. etapa: upotrebljavaju se potpuno novi izvori toplotne energije. Kao gorivo služe određeni elementi atomske mase preko 230: torijum (Th-232); uran (U-233, U-235, U238); transuranski elementi; plutonijum (Pu-239) itd.; fisijom (cepanjem) atoma takvih elemenata stvaraju se uz regulisano vođenje procesa goleme količine toplotne energije. Parni kotao u ovom slučaju, tj. u nuklearnim elektranama postaje samo izmenjivač toplote na koji se posredno prenosi toplota dobijena u reaktoru. Nuklearni reaktor sa sistemom izmenjivača dolazi na mesto klasičnog oblika parnih kotlova i čini primarni krug nuklearne elektrane, dok ostali deo nuklearnih termo postrojenja kao turbina, cevovodi i ostalo, ostaje u osnovi nepromenjen.

Osnovna standardizacija obuhvata propise o pritisku, kapacitetu i temperaturi pregrejanja parnih kotlova.

1. Pritisci u parnom kotlu su:

   *p*d, Pa, - dozvoljeni, koncesijski pritisak; to je najviši pritisak pri kom je dopušteno da parni kotao radi. Na taj pritisak deluje sigurnosni ventil, odnosno sigurnosni ventil se automatski otvara kad je dopušteni pritisak prekoračen. On je osnova za proračun čvrstoće zidova cevi, komora, bubnja, itd.;

   *p*r, Pa, - radni, pogonski ili nazivni pritisak (pritisak u bubnju); najčešće je to pritisak 5% ispod dozvoljenog pritiska pa se pri manjim oscilacijama pritiska ne otvara sigurnosni ventil. Veličina radnog pritiska je osnova za proračun cevovoda izvan parnih kotlova u sklopu termoenergetskog postrojenja;

   *p*i, Pa, - izlazni pritisak iz pregrejača pare; to je stvarni pritisak koji se meri na izlazu iz parnih kotlova. Taj pritisak je pogonski ili radni umanjen za veličinu

pada pritiska zbog trenja u sistemu pregrejača pare i spojnog cevovoda u sklopu parnih kotlova. Izlazni pritisak je najčešće 10 do 15% manji od dozvoljenog pritiska;

2. Temperatura pregrejanja pare *t*pr danas iznosi 540 °C a izuzetno je utvrđena sa 675 °C.

   Ograničena je čvrstoćom i sastavom materijala za gradnju pregrejača pare. Temperature pregrejanja mere se na izlazu iz pregrejača i odnose se, prema propisima, na maksimalni trajni kapacitet parnih kotlova. Ako nisu utvrđeni specijalni uslovi, temperatura pregrejanja pare mora biti ostvarena i pri normalnom kapacitetu parnih kotlova.

3. Kapacitet parnih kotlova određen je sledećim veličinama:

   *D*N, kg/s, - normalni kapacitet (proizvodnja); služi kao osnova i merodavan je za projektovanje celog postrojenja;

   *D*max, kg/s, - maksimalni trajni kapacitet; služi proizvođaču parnih kotlova za proračun veličina ogrevnih površina i ostalih elemenata pojedinih delova kotla;

*D*max30', kg/s, - maksimalni kapacitet u 30 minuta;

Dmin, kg/s, - tehnički minimalni kapacitet.

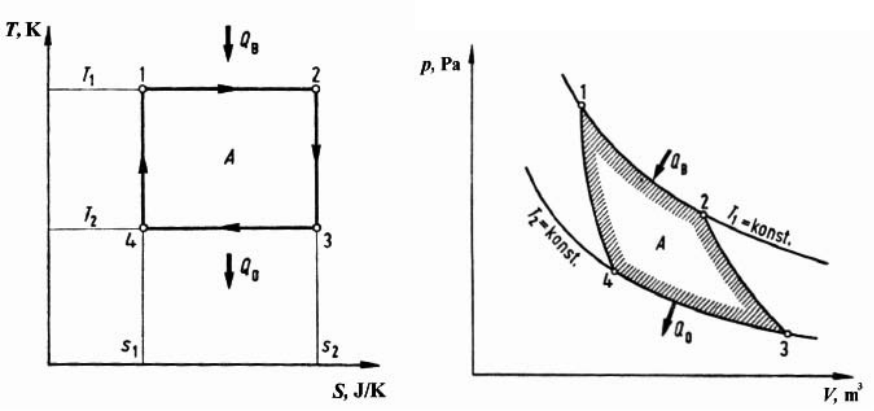
Kod većih jedinica parnih kotlova upotrebljava se kao karakteristična veličina „maksimalni trenutni kapacitet", koji je za oko 10% veći od maksimalnog trajnog kapaciteta ali je dopušteno trajanje takvog kapaciteta samo 30 minuta.

Cilj i zadaci kotlovskog postrojenja

U kotlovskom postrojenju se nastoji postići što veća iskoristivost pri pretvaranju energije (toplotne u mehaničku). Proces dobijanja rada može se najbolje prikazati u toplotnim kružnim procesima.

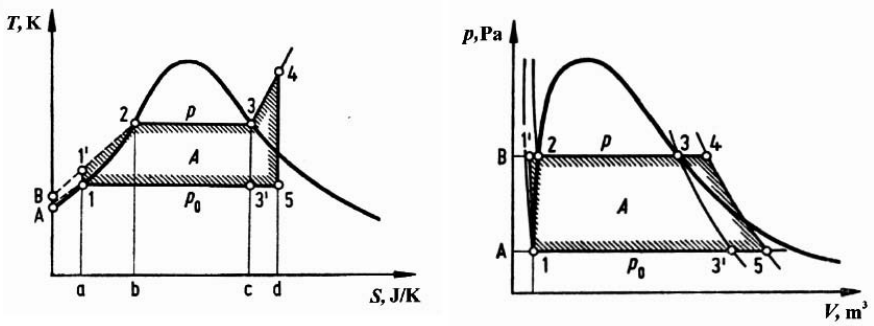
Toplotni kružni proces je niz promena stanja radnog medijuma. Odvija se u delovima termoenergetskog postrojenja: generatoru pare – turbini – kondenzatoru.

Promene stanja medijuma odnosno pretvaranje energije odvijaju se u teorijskim uslovima prema Karnoovom procesu između dve izotermne i dve adijabatske promene stanja prema sl. 5. Toplotna korisnost prema tom procesu je:



Slika 5. Karnoov kružni proces u dijagramu T – s i p – v

Prikazom Karnoovog kružnog procesa utvrđuje se optimalna toplotna korisnost odnosno minimalni utrošak toplote u odnosu prema dobijenom radu. Stvarna toplotna korisnost kružnog procesa pretvaranja toplotne energije u rad je znatno manja od Karnoovog procesa i data je u prikazu po Klauzijus-Rankin (Clausius – Rank) dijagramu, slika 6.



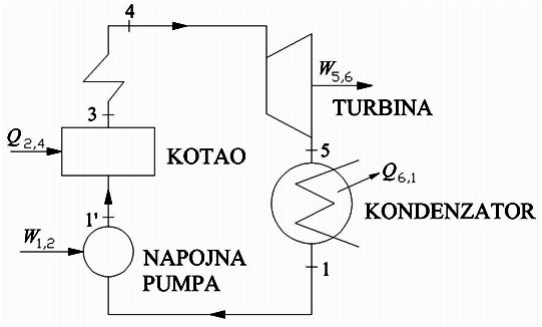
Slika 6. Klauzijus– Rankinov proces

Karnoov kružni proces tehnički je nemoguće ostvariti zbog:

- tehničke nesavršenosti delova postrojenja odnosno svojstava i izvedbenih karakteristika parnih kotlova, turbine itd. ;
- određenih fizikalnih karakteristika medijuma s kojima se proces odvija.

Teorijski proces u termoenergetskim postrojenjima je Klauzijus–Rankinov proces prema kom se odvijaju promene stanja medijuma prilagođene uslovima rada pojedinih delova postrojenja (parni kotao, parna turbina) i prilagođena svojstvima radnih medijuma. Klauzijus – Rankinov proces odvija se između dve izobarne i dve adijabatske pro-mene stanja. Prema slici odvija se Klauzijus – Rankinov proces sa sledećim promenama stanja medijuma u generatoru pare i parnoj turbini:

- Promena stanja 1 – 2 – dovođenje toplote za zagrejavanje vode
- Promena stanja 2 – 3 – dovođenje toplote isparenja
- Promena stanja 3 – 4 – dovođenje toplote pregrejanja
- Promena stanja 3 – 3 – adijabatska ekspanzija zasićene pare
- Promena stanja 4 – 5 – adijabatska ekspanzija pregrejane pare
- Promena stanja 3 – 1 – odvođenje toplote kondenzacije pri zasićenoj pari
- Promena stanja 5 – 1 – odvođenje toplote kondenzacije pri pregrejanoj pari.



Slika 7. Promena stanja kod Klauzijus-Rankin procesa

Toplotna korisnost parnog Klauzijus – Rankinovog procesa za zasićenu paru je:

$$\eta_{tR} = \frac{A_{1233'1}}{A_{123ca1}} * 100 \ [\%],$$

za pregrejanu paru:

$$\eta_{tR} = \frac{A_{123451}}{A_{1234da1}} * 100 \ [\%],$$

$$\eta_{tR} < \eta_{tC}.$$

Načini na koje se tehnički mogu povećat toplotna korisnost ηt su:

- podizanje radnog pritiska i temperature pregrejanja sveže pare u parnom kotlu i sniženje pritiska izlazne pare na turbini (kondenzacijski pritisak),
- uvođenje međupregrejane pare u parnom kotlu,
- regenerativno predgrejanje napojne vode.

Navedene mere neposredno utiču na utvrđivanje osnovnih karakteristika parnog kotla i proces pretvaranja energije u termoenergetskim postrojenjima direktno određuje karakteristike parnog kotla.

Podela kotlovskih postrojenja

U razvoju parnih kotlova i uređaja energetskih postrojenja postignut je veliki napredak naročito poslednjih 50 godina. U teorijskim rešenjima, konstruktivnom izvođenju i usvajanju novih materijala, upotrebljavani su viši pritisci proizvedene pare i više temperature pregrejanja pare.

Osnovne karakteristike razvoja parnih kotlova usmerene su na upotrebu goriva male toplotne vrednosti (otpadni ugalj u rudnicima) kao i na ostala otpadna goriva. U toplotnim proračunima i u projektno-konstrukcijskim rešenjima razvoj parnih kotlova je usmeren na smanjenje pasivnog dela parnih kotlova (ozid, izolacija, čelična konstrukcija itd.), i na relativno povećanje aktivnog dela parnih kotlova (ogrevne površine). Činioci koji uslovljavaju različitost u gradnji, odnosno u određivanju tipova i izvedbi parnih kotlova, jesu:

- kapacitet parnih kotlova,
- temperatura pregrejanja pare,
- prostorni smeštajni zahtevi,
- zahtevi higijensko-tehničkih propisa (čišćenje dimnih gasova),
- zahtevi regulacije i automatike parnih kotlova,
- zahtevi zaštite životne sredine itd.

Podela parnih kotlova na određene tipove može se uraditi s obzirom na:

- namenu parnih kotlova - na stabilne i brodske parne kotlove,
- optok ili cirkulaciju vode i pare (optočni ciklus) u parnim kotlovima,
- izvedbu ložišta, tj. način sagorevanja goriva.

Brodski parni kotlovi moraju zadovoljiti velik broj specifičnih pogonskih uslova koji ih čine različitim od stabilnih parnih kotlova.

S obzirom na ciklus strujanja voda-para, odnosno cirkulacija vode i pare generatori se mogu podeliti na tri osnovne kategorije:

- Parni kotlovi s prirodnim optocima ili cirkulacijom vode - vodna i parna faza odvajaju se u isparivaču, u spojnim cevovodima i u bubnju parnih kotlova.
- Parni kotlovi s prisilnim optokom (pomoću cirkulacijske pumpe ugrađene između bubnja i isparivača) - ovaj tip parnog kotla poznat je pod imenom La Mont.
- Parni kotlovi bez bubnja s prisilnim proticanjem vode i pare u isparivačkim ogrevnim površinama - u ovu kategoriju kotlova uključeni su Benson, Sulzer, Ramzin i još neki tipovi.

Ložišta parnih kotlova s obzirom na vrstu goriva, odnosno na način sagorevanja goriva, mogu se podeliti na sledeće osnovne tipove:

- ložišta za sagorevanje čvrstih goriva s raznim vrstama nepomičnih rešetki ili manjih rešetki na mehanički pogon;
- ložišta za sagorevanje čvrstog goriva u sloju s mehaničkom puzajućom rešetkom s raspodelom vazduha za sagorevanje po pojedinim delovima rešetke (zonama

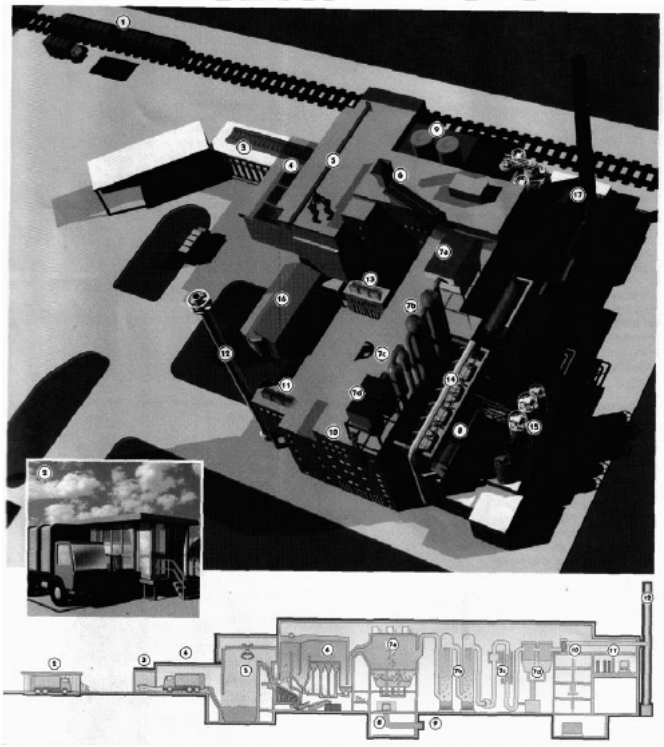
rešetke) ili sa stepenastom rešetkom s regulisanim dovodom vazduha po pojedinim redovima rešetke;

- ložišta za sagorevanje raznih vrsta otpadaka (industrijski ili gradski otpaci) s raznim vrstama rešetki (ovaj tip ložišta razvio se u poslednje vreme u industrijskim i gradskim centrima zbog sagorevanja vrlo velikih količina raznih otpadaka);
- ložišta za sagorevanje čvrstih goriva u prostoru, odnosno ložišta za sagorevanje ugljene prašine (mlinsko loženje);
- ložišta za sagorevanje tečnih goriva s velikim brojem tipova gorionika;
- ložišta za sagorevanje gasovitih goriva s različitim tipovima gorionika;
- ložišta za istovremeno sagorevanje više vrsta goriva s odvojenim gorionicima za svaku vrstu goriva i kombinovanim gorionicima za više vrsta goriva (gasno-uljni gorionici);
- ložišta za korišćenje otpadne toplote, npr. korišćenje toplote gasova iz visokih peći, konvertera itd.

Navedena podela na određene tipove parnih kotlova nije jedina i nije konačna, jer i mnogi drugi činioci uslovljavaju razne izvedbe parnih kotlova.

U poslednje vreme sve se manje proizvode kotlovska postrojenja koja kao gorivo koriste ugalj, a sve se više prave kotlovi - spalionice smeća.

Jedno od takvih postrojenja je prikazano na slici 8.



1-dovoz smeća železnicom, 2-vaganje/kontrola smeća, 3-razdvajanje smeća, 4-odvodnja smeća, 5-spremište smeća, 6-kotlarnica, 7-prostor za pročišćavanje dimnih gasova, 7a-elektrofiltar, 7b-pranje sa vodom, 7c-katalizator, 7d-sakupljač letećih čestica 8-prostor sa parnom turbinom, 9-izmenjivačka stanica toplote, 10-postrojenje za pripremu sone kiseline, 11-laboratoriji, 12-dimnjak, 13-komandno mesto, 14-spremnik za sušenje vazduha, 15-silos i odlagalište otpadnih čestica, 16-društvene prostorije, 17-staro postrojenje

Slika 8. Postrojenje za spaljivanje smeća

Delovi kotlovskog postrojenja

Parni kotlovi sastoje se po pravilu od sledećih osnovnih sklopova, delova i opreme:

- ložišta kao prostori za sagorevanje goriva s potrebnom opremom za pretvaranje hemijske energije goriva u toplotnu energiju dimnih gasova;
- sistem izmenjivača toplote (deo parnog kotla pod pritiskom i zagrejač vazduha), odnosno ogrevne površine parnog kotla na kojima se toplotna energija dimnih gasova prenosi na vodu i vodenu paru; ovi su izmenjivači toplote: zagrejači vode, isparivači vode, pregrejači pare i zagrejači vazduha;
- pomoćni uređaji u parnom kotlu: armatura parnih kotlova (fina i gruba), nosiva čelična konstrukcija, ozid i izolacija
- postrojenje ili uređaji izvan parnog kotla: postrojenje ili uređaji za dovod goriva do parnog kotla, postrojenje ili uređaji za pripremu vode, postrojenje ili uređaj i za napajanje vodom, postrojenje ili uređaji za snabdevanje vazduhom, postrojenje ili uređaji za odvod i čišćenje dimnih gasova, postrojenje ili uređaji za odvod pepela i šljake, postrojenje ili uređaji instrumentacije, regulacije i automatike.

Ložišta, dovod goriva i vazduha, odvod dimnih gasova

U ložištu se hemijska energija goriva pretvara u toplotnu energiju dimnih gasova. Veličina i oblik ložišta i ostale karakteristike zavise u najvećoj meri od upotrebljenog goriva, veličine jedinice, dovoda goriva i vazduha za sagorevanje itd. Osnovni zadatak ložišta je da osigura pravilno i potpuno sagorevanje goriva u optimalnim uslovima. Proces sagorevanja goriva mora završiti u ložištu. Dimni gasovi prenose svoju toplotnu energiju strujanjem na ogrevnim površinama izmenjivača toplote. Toplotna energija dimnih gasova predaje se kod uobičajenih izvedbi prema sledećem redosledu; cevni sistem ogrevnih površina isparivača vode, pregrejača pare, zagrejača ili predisparivača vode i ogrevne površine zagrejača zraka.

Redosled smeštaja ogrevnih površina može biti i drugačiji, a zavisi od toplotnog proračuna jedinice. Dimni gasovi struje dimnim kanalima u sklopu parnog kotla i izlaze pomoću prirodne ili prisilne promaje u slobodnu atmosferu. Kod današnjih jedinica vazduh se dovodi na rešetku ili u gorionike pomoću ventilatora svežeg vazduha (primarna promaja), a dimni gasovi se odvode iz jedinice pomoću ventilatora dimnih gasova (sekundarna promaja). Kod savremenih parnih kotlova s tečnim gorivom često se izvode ložišta s nadpritiskom tako da ventilator za dovod svežeg vazduha služi ujedno i kao ventilator za odvod dimnih gasova u atmosferu. Kod manjih jedinica moguć je rad i bez ventilatora, tj. s prirodnom promajom pomoću dimnjaka određene visine.

Deo parnog kotla pod pritiskom

U deo parnog kotla pod pritiskom dovodi se napojna voda pod pritiskom mnogo višim od atmosferskog. U njemu se zagrejava, predisparuje i isparuje voda i pregrejava vodena para na traženu temperaturu. Prema tome sve ogrevne površine izmenjivača toplote u sklopu parnog kotla: zagrejači vode, predisparivači, isparivači i pregrejači pare, kao i spojni cevovodi, komore i bubanj parnih kotlova (ako je parni kotao izveden s prirodnim optokom), obuhvaćeni su pojmom „deo parnog kotla pod pritiskom".

Ogrevne površine isparivača vode

Osnovni deo parnog kotla je ogrevna površina isparivača vode. To je površina koja je s jedne strane u dodiru s dimnim gasovima a s druge strane s vodom i mešavinom vode i vodene pare. Isparivači su cevi povezane s komorama i bubnjem tako da se odvija normalni optok vode i pare. Kod parnih kotlova s prirodnim optokom bubanj i cevni sistem isparivača i zagrejača vode moraju biti ispunjeni vodom 50 do 70% visine, a iznad toga dela bubnja nalazi se parni prostor. Kod parnih kotlova s prisilnim optokom voda i para često se neposredno odvajaju u cevnom sistemu isparivača bez bubnja. Ova vrsta jedinica ima malu količinu vode a brze promene u opterećenju postižu se dobrom regulacijom dovoda goriva, odnosno sagorevanja. Najniži i najviši vodostaj u generatoru pare moraju biti jasno određeni. Time se sprečava neposredan dodir dimnih gasova visoke temperature s ogrevnim površinama isparivača koje nisu s druge strane hlađene mešavinom vode i vodene pare.

Ogrevne površine pregrejača pare

Pregrejač pare je sklop ogrevnih površina izmenjivača toplote u kom se pregrejava vodena para iz zasićena stanja do određene temperature pregrejanja. U pregrejaču se, osim toga, suši para koja na ulazu u pregrejač sadrži određeni procenat vodenih čestica (od 1 do 5%). Ogrevne površine pregrejača pare izvode se u obliku snopova čeličnih bešavnih cevi, a prema potrebi i od legiranog čelika smeštenih bilo u ložištu bilo u vodovima dimnih gasova. Kod savremenih velikih jedinica visokog pregrejanja pare ogrevne površine pregrejača podeljene su na više delova. Toplota se konvektivnim prolazom i zračenjem prenosi od dimnih gasova na vodenu paru koja struji cevima pregrejača.

Ogrevne površine zagrejača i predisparivača vode

Zagrejač, odnosno predisparivač vode je sklop ogrevnih površina izmenjivača toplote u kom se voda zagrejava ili delimično predisparava. Za niže pogonske pritiske (4-5 MPa) ogrevne površine zagrejača vode izvedene su često i od rebrastih livenih cevi. Za visoke pritiske i novije izvedbe izvedene su od čeličnih bešavnih cevi savijenih u obliku cevnih zmija. Temperatura zagrejavanja vode u zagrejačima kreće se od 25-50°C ispod temperature zasićene pare. Često se u zagrejaču voda zagrejava i do temperature isparavanja, a može se i predisparitи do 25%.

Ogrevne površine zagrejača vazduha

Ogrevnim površinama izmenjivača toplote zagrejava se vazduh za sagorevanje na određenu temperaturu. Ogrevne površine zagrejača vazduha mogu se izvesti kao limeni pločasti zagrejači, cevni zagrejači, livene-rebraste cevi i kao specijalne izvedbe (Ljungström) itd. Vazduh koji se zagrejava prenosom toplote od dimnih gasova, suši se i zagrejava gorivo i stvaraju povoljni uslovi sagorevanja (povišenje temperature procesa sagorevanja) u ložištu parnih kotlova.

Armatura parnog kotla

U ovaj sklop opreme uključeni su svi pomoćni delovi potrebni za potpunu izgradnju jedinice i normalan rad. Gruba armatura obuhvata pomoćne uređaje ložišta, kontrolna vrata, zaklopke, otvore za nadgledanje, razne livene delove itd. Fina armatura obuhvata bitne delove za sigurnost pogona i rada jedinice (manometri, termometri, ventili itd.)

Nosiva čelična konstrukcija parnog kotla

Nosiva čelična konstrukcija parnog kotla osigurava izgradnju kompletne jedinice u jedinstvenu celinu i povezuje pojedine delove parnog kotla. Nosiva konstrukcija jedinice preuzima opterećenje koje nastaje ugradnjom svih delova u parni kotao (ložište sa svojim uređajima, ogrevne površine izmenjivača toplote kao što su isparivač vode, pregrejač pare, zagrejač vode, armatura i ostali delovi). U novije vreme ima raznih izvedbi jedinica parnih kotlova kod kojih ogrevne površine ili optočne cevi ujedno služe i kao nosiva konstrukcija. Kod parnih kotlova s velikim sadržajem vode kao nosiva konstrukcija služi telo parnog kotla.

Ozid i izolacija parnog kotla

Ozid i izolacija parnih kotlova sprečavaju prodor spoljašnjeg vazduha u ložište i kanale jedinice i dopuštaju minimalne toplotne gubitke. Vatrostalni i izolacijski materijal bira se na osnovi toplotnih i mehaničkih naprezanja koja se javljaju zbog temperaturnih stanja u pojedinim područjima parnog kotla. Postoje dve izvedbe parnog kotla (kad je u pitanju izolacija ili ozid parnog kotla): normalna (teška) i laka (izolacija).

Normalna izvedba je ozid koji se sastoji od vatrostalnih (šamotnih) opeka normalnih i fazonskih oblika i vatrostalnih (šamotnih) svodova. Između sloja vatrostalne opeke i spoljašnjeg ozida (građevinska opeka) često se nalazi izolacijski međusloj.

Izvedba izolacije primenjuje se u savremenim kotlovima većeg kapaciteta gde su zidovi ložišta potpuno pokriveni ogrevnim površinama izvedenih od cevi zavarenih u jednom bloku. Iza takvih cevnih zidova u bloku (membranski zidovi) smešten je sloj izolacijskog materijala (staklena ili mineralna vuna); s spoljašnje strane je parni kotao kao celina pokriven limenom oplatom.

Postrojenje za pripremu napojne vode

Ovo se postrojenje sastoji kao celina od termičke (toplotne) i hemijske pripreme vode. U hemijskoj pripremi vode odstrane se štetne materije kao što su soli, mehanička nečistoća itd. Uslovi kojima napojna voda mora odgovarati određeni su u parnom kotlu temperaturom pregrejanja, radnim pritiskom, toplotnim opterećenjem ogrevnih površina i dr.

Uređaji za napajanje parnih kotlova

Ovi se uređaji sastoje od napojnih pumpi, koje se danas izvode kao elektropumpe i turbopumpe; u sklop toga dela pomoćnih uređaja ulaze napojni cevovodi, sigurnosna i pogonska armatura i vešanja cevovoda. Napajanje se reguliše u sklopu regulacije parnog kotla. Sigurno snabdevanje parnog kotla napojnom vodom je najbitniji uslov sigurnosti pogona te zato postoje vrlo strogi propisi o izgradnji i veličini napojnih pumpi (*TRD – Technische Regeln für Dampfkessel*).

Postrojenje za transport i pripremu goriva

Ovo se postrojenje sastoji od niza transportnih uređaja zavisno od vrste goriva (čvrsto, tečno ili gasovito gorivo), kao i o konkretnim smeštajnim uslovima parnih kotlova, njegovih pomoćnih uređaja i kotlovskog postrojenja u celini. Postrojenja za transport i pripremu goriva čine u kotlovskim postrojenjima, a osobito kod čvrstih goriva, složeno i veliko postrojenje.

Uređaji za čišćenje dimnih gasova

Ovi uređaji, odnosno čistači (filtri) dimnih gasova mogu biti izvedeni na osnovi mehaničkog odvajanja čestica pepela, tj. delovanjem centrifugalne sile na čestice pepela u dimnim gasovima, ili kao elektrofiltri na osnovi delovanja elektrostatičkog elektriciteta. Sadašnje izvedbe takvih uređaja dele se na četiri grupe:

- mehanički suvi filtri,
- mehanički vlažni filtri,
- elektro suvi filtri,
- elektrovlažni filtri.

Izvedba i upotreba pojedinih vrsta filtara primenjuje se prema zahtevima koji se postavljaju kvalitetom čišćenja dimnih gasova od pepela.

Uređaji za odvod šljake i pepela

Tim se uređajima odstranjuju i odvode šljaka, pepeo i ostale balastne materije iz ložišta parnih kotlova. Mogu se izvesti kao mehanički, hidraulički i pneumatski uređaji.

Oprema za instrumentaciju, regulaciju i automatiku parnog kotla

Za ispravan rad i pogon parnih kotlova ugrađuje se oprema i uređaji za instrumentaciju, upravljanje, regulaciju i automatiku. Osnovni zadatak te opreme je sledeći:

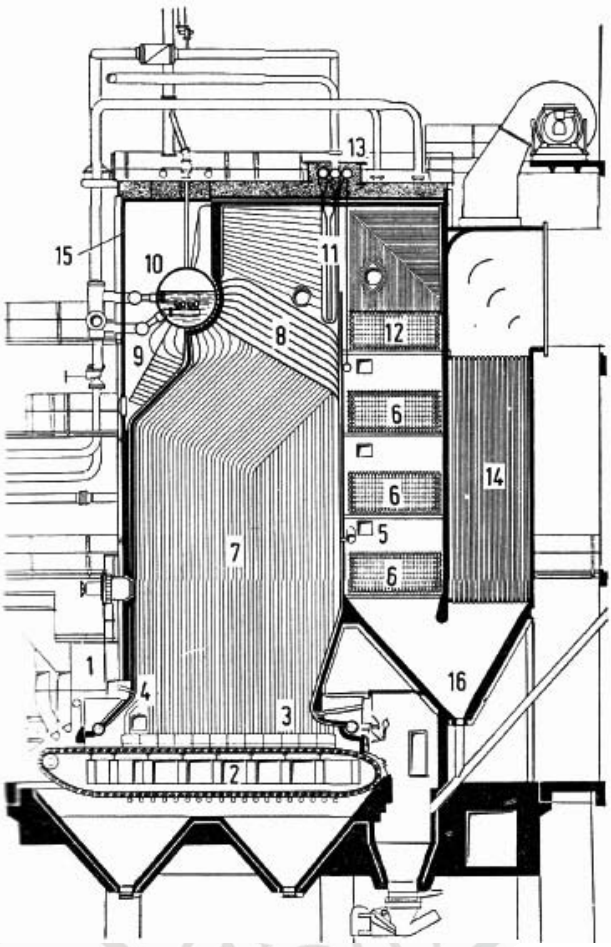
- uskladiti dovedenu energiju u obliku goriva s potrebnom toplotnom energijom koju proizvodi parni kotao;
- uskladiti odnose goriva i vazduha da proces sagorevanja u ložištu parnih kotlova bude najpovoljniji;
- održavati pritisak u ložištu (podpritisak ili nadpritisak) stalnim u svim pogonskim uvjetima;
- održavati temperaturu pregrejanja pare stalnom;
- održati sigurno snabdevanje napojnom vodom.

Princip rada parnog kotla

Generator pare prikazan na sl. 9. izveden je s ložištem za sagorevanje goriva u sloju. Ugalj se nalazi u bunkeru (1); u ložištu je ugrađena mehanička ravna rešetka (2) s dovodom vazduha. U ložištu je ugrađena i ogrevna površina isparivača (7), gde se toplota izmenjuje zračenjem. Drugi deo ogrevne površine isparivača izveden je u obliku snopa cevi (8), gde se toplota izmenjuje delimično zračenjem a delimično konvekcijom. Ogrevne površine pregrejača pare izvedene su u dva dela u obliku cevnog vodoravnog (12) i uspravnog (11) snopa cevi (cevne zmije). Između obaju delova ugrađen je regulator pregrejanja pare (13). Zagrejač vode izveden je od 3 snopa vodoravno položenih cevnih zmija (6). Iza zagrejača vode u toku strujanja dimnih gasova smešten je cevni zagrejač vazduha (14). Dimni gasovi izlaze nakon trećeg voda iz generatora pare u atmosferu odnosno u čistač dimnih gasova.

Ložište je izvedeno s prednjim (4) i stražnjim svodom (3) za osiguranje pravovremenog paljenja goriva i pravilnog odvijanja procesa sagorevanja.

Napojna voda ulazi u zagrejač vode (6) generatora pare preko komore (5). Iz zagrejača vode (6) zagrejana voda ulazi preko vodova u bubanj (10) koji služi za odvajanje vode i vodene pare (prirodni optok). Iz bubnja na najnižem mestu spušta se voda silaznim cevima (9) u komore smeštene u ložištu, a uzlaznim cevima, koje čine površinu isparivača (7), mešavina vode i vodene pare diže se prirodnim uzgonom u bubanj, gde se odvajaju faze vode i vodene pare. U sabirniku i odvajaču pepela (l6) delimično se odvaja pepeo (veće čestice) iz dimnih gasova. Čelična konstrukcija i galerije generatora pare (15) izvedene su od normalnih čeličnih profila.



Slika 9. Parni kotao s ravnom mehaničkom rešetkom



ELEKTRIČNA ENERGIJA

Savremena civilizacija, savremeni način života, naše celokupno okruženje, počivaju na upotrebi električne energije. Nema segmenta savremenog života koji, na neki način, ne zavisi od ove vrste energije. Električna energija pokreće sve: od najsitnijih kućnih aparata do ogromnih fabričkih postrojenja; njome čovek produžava dan, pokreće mašine da rade umesto njega… ukratko, olakšava i ulepšava sebi život.

Mogućnost da to postigne, čovek je, kao i mnogo puta do tada pronašao u – prirodi. Prirodna pojava elektricitet, koja se javlja u obliku munje i gromova, dugo je zaokupljala pažnju običnog čoveka, bila predmet istraživanja mnogih naučnika. Prepričavajući svoje prvo dečačko oduševljenje električnom energijom, Nikola Tesla je 1939. godine napisao: „Dan na dan pitao sam se šta je elektricitet, ali nisam nalazio odgovora. Osamdeset godina proteklo je otada i ja sebi još uvek postavljam isto pitanje, nemoćan da nađem odgovor."

Nauka je utvrdila da elektricitet nastaje kada se elektroni (delovi atoma) međusobno privlače ili odbijaju, i tako kreću. Na tom svojstvu elektrona zasnovana je fizička pojava električna struja – to je usmereno kretanje elektrona pomoću magnetnog polja. Nakon dugog proučavanja i eksperimentisanja, tokom druge polovine 19. veka, naučnici su konstruisali generator, mašinu u kojoj će, najjednostavnije rečeno, to usmereno kretanje elektrona, na kraju, proizvesti električnu energiju. Sama reč „energija" potiče od starogrčke ***energeia*** kojom se označavala sposobnost tela, materije… da obavi neku radnju. Sve što se nalazi oko nas – Sunce, voda, vazduh, vetar, drvo, svaki predmet, svi živi organizmi – ima energiju, obavlja neku radnju. Fizičari su utvrdili da je energija konstantna i neuništiva, ona ne može nastati niti nestati, može samo da pređe iz jednog oblika u drugi. Tako je u prirodi.

Čovek je, nešto slično, zasnovano na tom svojstvu prirode, učinio i sa električnom energijom: po izlasku iz elektrana, električna energija se žicama prenosi i distribuira do svih nas. Mi je koristimo onako kako nam je u tom trenutku potrebno: za osvetljenje (uključivanjem sijalice, električna energija postaje svetlosna energija), za pokretanje mašina i aparata (uključivanjem, na primer, miksera, električna energija postaje mehanička), za zagrevanja (uključivanjem TA peći, postaje toplotna energija), u hemijskim procesima (hemijska)… **Čovek je električnu energiju učinio oblikom energije koji se lako dobija iz bilo kog drugog oblika energije i isto tako - lako, pretvara u bilo koji drugi oblik energije, tj. onaj oblik koji je potreban čoveku**. Zbog toga se i kaže da je **električna energija najplemenitiji oblik energije**.

Električna energija se dobija u elektranama. Generator koga pokreće neka turbina proizvodi električnu energiju. U blizini generatora se pravi trafostanica čija je uloga da napon transformiše u viši, koji se dalje preko dalekovoda prenosi na veća rastojanja. U trafostanici se nalazi i oprema koja omogućuje isključenje pojedinih delova mreže. Kod potrošača se u trafostanici visoki napon snižava na željenu vrednost.

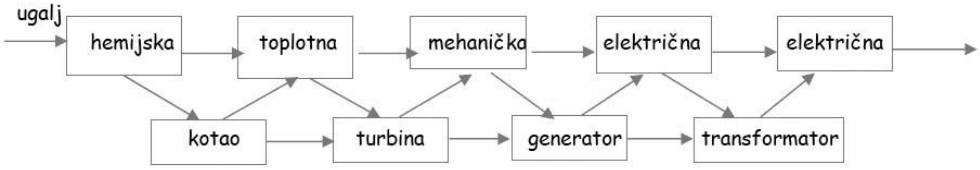
Proizvodnja električne energije

Električna energija se proizvodi u elektranama. Prema vrsti goriva one se dele na :

1. termoelektrane, koriste hemijsku energiju organskih goriva
2. hidroelektrane, koriste energiju vode
3. nuklearne elektrane, koriste nuklearno gorivo

Pored ovih postoje i elektrane koje koriste energiju vetra, sunca, tople vode, plime i oseke.....

Termoelektrane



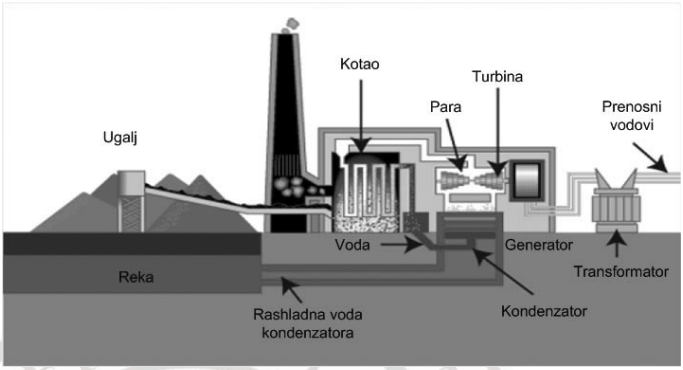
Slika 1. Tehnološka šema proizvodnje električne energije iz uglja

Na slici je prikazana tehnološka šema proizvodnje električne energije iz uglja. Obavljaju se četiri transformacije energije. Prva je u parnom kotlu, gde se hemijska energija transformiše u toplotnu energiju pregrejane vodene pare. Druga u parnoj turbini, gde se toplotna energija vodene pare transformiše u mehaničku energiju u vidu obrtanja turbine.

Treća je u sinhronom generatoru u kome se mehanička energija pretvara u električnu energiju. Četvrta se obavlja u transformatoru, da bi se učinila pogodnijom za prenos.

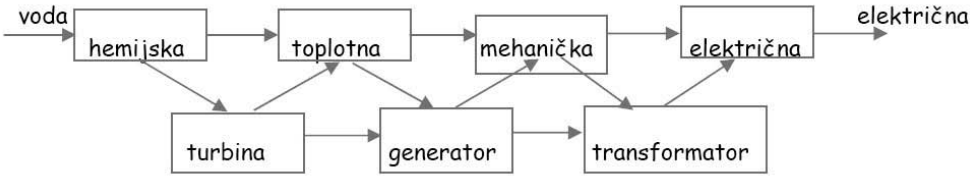
Kotao, turbina, generator, transformator i prateća postrojenja predstavljaju termoenergetski blok. Termoelektranu čini više blokova. Svaki blok je autonoman.

Gorivo sagoreva u parnom kotlu, pa prolazeći kroz parni generator dovedena voda se pretvara u paru, koja se zatim pregreva. Pod visokim pritiskom se ova para dovodi u parnu turbinu. U sprovodnim kanalima turbine para ekspandira i stvara se kinetička energija struje pare. Struja pare velikom brzinom udara u radne lopatica rotora turbine i on se okreće. Osovine rotora turbine i elektrogeneratora su mehanički spojene, tako da se pomoću ove sprege na krajevima generatora dobija električna energija. Da bi se potencijalna energija pare što više iskoristila ekspandiranje pare u turbini treba da omogući što manji pritisak i temperaturu. U kondenzatoru se para iz turbine pretvara u kondenzat, a kako se obim pare smanjuje desetak hiljada puta, u kondenzatoru se obrazuje veliki vakuum. Kondenzat se pomoću pumpe usmerava u parni generator radi ponovnog isparavanja. U savremenim termoelektranama, u električnu energiju se pretvara oko 40% utrošenog goriva.



Slika 2. Princip rada termoelektrane

Hidroelektrane



Slika 3. Tehnološka šema proizvodnje električne energije kod hidroelektrane

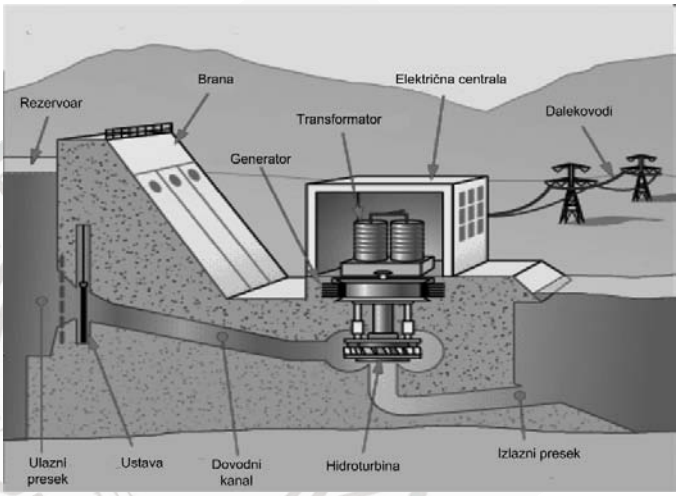
Osnova rada hidroelektrana je promena potencijalne energije vode. Prema vrsti rezerve vode hidroelektrane (HE) mogu biti akumulacione i protočne. Prema padu vode mogu biti sa niskim pritiskom (do 15m), sa srednjim pritiskom (15 do 50m) i visokim pritiskom (pad preko 50m). Prema načinu gde su smeštene turbine i generatori mogu biti

pribranske i derivacione. Prema vrsti turbina mogu biti sa Peltonovim, Francisovim, Kaplanovim ili propelerne turbine.

Akumulacione hidroelektrane (Trebinje) se grade tamo gde je moguće lako i jeftino izgraditi akumulaciono jezero. Ove elektrane malo zavise od atmosferskih usova. Protočne HE (Đerdap) koriste prirodni protok vode koji zavisi od količine padavina. Pre izgradnje potrebno je imati podatak o padavinama za prethodnih 20 godina.

Upotrebljena voda se po izlasku iz turbine može vraćati cevima nazad u veštačku akumulaciju. Kada u rečnom koritu nema dovoljno vode istim cevovodom se ta voda može vraćati do turbina. To je reverzibilna elektrana (Bajina Bašta).

Da bi se iz potencijalne energije vode dobila električna potrebno je izvršiti tri transformacije energije. Prva se obavlja u hidrauličnoj turbini, gde se potencijalna energija vode transformiše u mehaničku energiju na vratilu turbine. Druga je u sinhronom generatoru gde se mehanička transformiše u električnu. Treća je u transformatoru, podiže se napon radi prenosa na daljinu.



Slika 4. Princip rada hidroelektrane

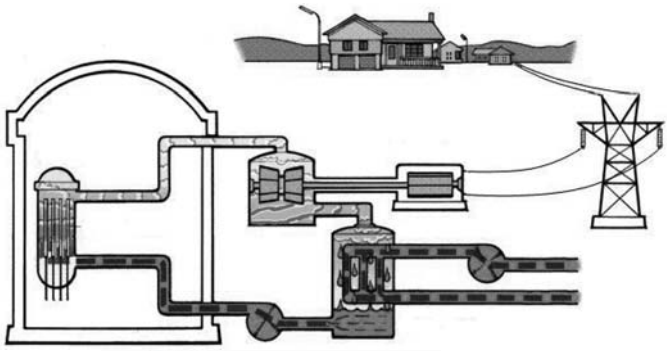
Brana služi da skrene vodu sa njenog toka i povisi nivo na odgovarajuću vrednost. Zahvat vode odvodi vodu iz jezera do turbine. Dovod vode spaja zahvat sa vodostanom i može biti kanal ili tunel. Vodostan je rezervoar na kraju tunela koji treba da ograniči porast pritiska nastao naglim zatvaranjem turbine. Brzina vode u cevovodu je 4 do 10 m/s.

Hidraulične turbine energiju toka vode pretvaraju u okretanje rotora. Mlaz vode deluje na lopatice u pravcu tangente. Stvara se obrtni moment pod čijim dejstvom rotor počinje da se okreće.

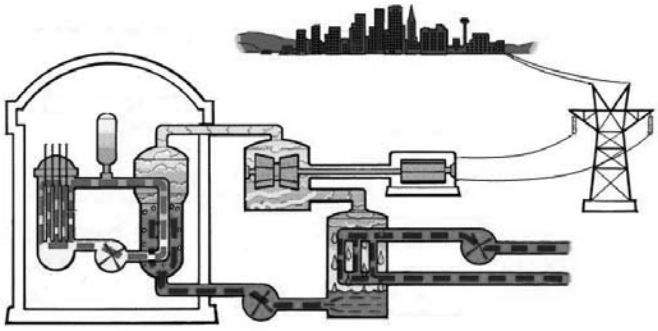
Posebnu vrstu čine HE na plimu i oseku. Prva je izgrađena u Francuskoj snage 340MW, amplituda plime dostiže 11m. U Velikoj Britaniji se gradi jedna snage 800MW, amplituda plime je 13,8m.

Nuklearne elektrane

Razlikuju se od termoelektrana po tome što umesto kotla imaju reaktor. Raspadanjem jezgara fisionih materijala u reaktoru se stvara toplota koja se na poseban način odvodi iz reaktora. Glavni delovi reaktora su: telo reaktora, reflektor, sistem za hlađenje, sistem za regulaciju i sistem zaštite. U telu reaktora jezgro atoma nuklearnog goriva se cepa. Ako je fisiono gorivo pomešano sa nekim usporivačem (moderatorom) takav reaktor se naziva spori ili termalni. Ako nema usporivača onda je to brzi reaktor. Kao moderator se najčešće koristi grafit, teška voda ili obična voda. Iz reaktora se toplota odvodi pomoću vode, gasa (CO_2) ili istopljenog metala (Na, legure Na i Sn). Održavanjem granične struje neutrona održava se lančana reakcija. Pomoću šipki od kadmijuma reguliše se struja neutrona.



Slika 5. Jednostavan koncept nuklearne elektrane



Slika 6. Uobičajeni tip nuklearnog reaktora

RAZVODNA POSTROJENJA

Elektroenergetski sistem se sastoji iz više elektrana i trafostanica. Elementi razvodnih postrojenja su:

a) **Sabirnice** - Povezuju dovodne vodove sa odvodnim vodovima. Izrađuju se od golih (neizolovanih) bakarnih ili aluminijumskih provodnika. Poprečni presek provodnika zavisi od struje u normalnom pogonu, porastu temperature za vreme kratkog spoja, mehaničkog naprezanja.

b) **Izolatori** - 1) potporni, nose sabirnice, preuzimaju na sebe mehaničke sile i izoluju sabirnicu od uzemljenih delova. Mogu biti porculanski ili od veštačke smole. 2) provodni, izoluju sabirnice od zidova i metalnih delova. Upotrebljavaju se pri prolasku sabirnice iz jedne u drugu prostoriju.

c) **Rastavljači** - to je mehanički rasklopni aparat koji služi da vidno odvoji deo postrojenja koji je pod naponom od dela koji nije. On provodi struje u normalnim uslovima rada kao i struje kratkog spoja, ali se sa njim ne sme manipulisati ako je prekidač u zatvorenom položaju. Mogu biti jednopolni i tropolni. Pokreću se ručno, pneumatski ili motorno.

d) **Prekidači** - to su aparati koji uključuju i isključuju strujno kolo kroz koje protiče bilo koja vrednost struje uključujući i struju kratkog spoja. Moraju da izdrže sva termička i dinamička naprezanja koja se pri tome pojavljuju. Brzo reaguju, 40 do 60 ms. Otvaranjem kontakata prekidača pojavljuje se luk, struja protiče i dalje. Luk se gasi u delu prekidača koji se naziva komora za gašenje luka. Postoje uljni, malouljni, pneumatski, vakuumski prekidači.

e) **Rastavljač snage** - rasklopni aparat koji u određenim pogonskim uslovima uključuje, provodi i prekida nominalne struje.

f) **Osigurači** - koriste se za prekidanje struje. Sastoje se od porculanske cevi u kojoj se nalazi jedan ili više srebrnih provodnika. Cev je ispunjena kvarcnim peskom.

g) **Merni transformatori** - da bi se visoki naponi i struje mogli meriti koriste se merni transformatori. Naponski merni transformatori služe da visoki napon transformišu u napon koji mogu podneti uređaji za merenje i zaštitu. Strujni merni transformator transformiše struju velike jačine u male vrednosti (1 ili 5 A).

h) **Prigušnice** - induktivni namotaji bez gvožđa koji se vezuju na red sa potrošačem i služe da ograniče struju kratkog spoja.

i) **Kablovi** - kada je u postrojenjima visokog napona nemoguće montirati gole vodove, primenjuju se kablovi za spoj među delovima postrojenja, za vezu generatora i transformatora. Dele se prema naponu (za visoki ili niski napon), vrsti struje (naizmenična i jednosmerna), broju žila (jedno, dvo i trožilni), materijalu (aluminijum, bakar), vrsti izolacije (papirna, gumena, uljna).

j) **Odvodnici prenapona** - zbog raznih prelaznih pojava u mreži pojavljuju se naponi koji su dosta viši od nominalnih i nazivaju se prenaponi. Takođe, javljaju se i atmosferski prenaponi. Da bi se onemogućili koristi se odvodnik prenapona.

Električne mreže

Prenos električne energije od elektrane do potrošača obavlja se mrežama visokog napona različitih naponskih nivoa. Visina napona zavisi od snage i daljine. Standardni naponi su 110, 220, 380 i 400kV. Postoji više sistema za raspodelu električne energije kao na primer radijalni (otvoreni), prstenasti (zatvoreni) i kombinacija ova dva.

Prednost radijalnog su jednostavnost i manje investicije a nedostatak povećan pad napona kod potrošača. Ako dođe do kvara u jednoj grani svi potrošači te grane ostaju bez napona napajanja. Zatvoreni sistem je skuplji ali sigurniji.

Popravka faktora snage

Potrošnja električne energije se može podeliti na dva dela, aktivnu energiju i reaktivnu energiju. Prva se direktno pretvara u mehaničku energiju, a druga služi za stvaranje naizmeničnog magnetnog polja. Njima odgovaraju aktivna i reaktivna struja, koje su fazno pomerene za 90 stepeni. Poznati su izrazi:

$$I^2 = I_a^2 + I_r^2$$

$$S^2=P^2+Q^2$$

$$\cos\varphi=P/S$$

Vidi se da će u slučaju manjeg faktora snage biti potrebna veća prividna snaga, veća struja i povećanje preseka sabirnica. Zato je opšti interes da ugao fi bude što manji, tj. kosinus fi da teži jedinici. Popravka faktora snage se vrši pomoću sinhronih kompenzatora i kondenzatora.

Uređaji za upravljanje potrošnjom

Mrežna tonfrekventna komanda (MTK) ima zadatak da upravlja tarifama, javnim osvetljenjem, mrežnim opterećenjem. Sastoji se od centralne emisione automatike, emisionog postrojenja (proizvodi tonsku frekvenciju i superponira je u mrežu) i prijemnika MTK.

Zaštita

Maksimalna struja koja može prolaziti kroz čovečije telo bez opasnosti po život je 50mA. Naponi do 65 V su bezopasni za čoveka (1300Ω je otpor čovečijeg tela, ali se menja sa naponom). Sve preko toga je opasno. Zbog toga svi delovi koji se nalaze pod naponom moraju biti zaštićeni.

Zaštita od atmosferskog pražnjenja

Podrazumeva se gromobranska zaštita. Struja udara groma može biti nekoliko desetina kA (kiloampera) pa i stotina kA. Ova struja se vrlo brzo uspostavi i vrlo brzo opadne,

otprilike za stotinak mikrosekundi. Udar groma u vodove i postrojenja prouzrokuje visoke potencijale i oni se prazne prema zemlji. Uzemljenje za zaštitu od udara groma treba da je takvo da pri udaru groma u stub ili zaštitno uže ne dođe do preskoka na provodnike. Na dalekovodima postoji zemljovodno uže, ono se dovodi do postrojenja i tu se spaja sa zaštitnim uzemljenjem postrojenja.

Uzemljenja se mogu podeliti u dve grupe: jedna štiti postrojenja (pogonsko) a druga ljudske živote (zaštitno, gromobransko). Pogonsko uzemljenje povezuje sa zemljom delove električnih aparata kako bi se onemogućila pojava prenapona. Zaštitno uzemljenje onemogućava stvaranje napona koraka i dodira. apon dodira je napon koji nastaje između tla i dela postrojenja koje je u kvaru. Dozvoljeni napon dodira u mrežama niskog napona je 65V a kod visokonaponskih 125V. Napon koraka je napon koji čovek može da premosti dužinom svog koraka, a ostvaruje se u raskoraku kada je tlo na nekom potencijalu.

Zaštita mreža sastoji se u sprečavanju dejstva većih strujnih opterećenja. Ako opterećenja nisu mnogo velika koriste se osigurači, a za veća prekostrujna relejna zaštita. Selektivno isključivanje delova voda može se postići nezavisnim maksimalno-vemenskim relejima koji imaju strujno i vremensko podešavanje. Vod se takođe štiti i od zemljospoja i prenapona.

Električne instalacije

Vrste i uloga električne instalacije

Kućni priključak je skup vodova koji povezuju elektroenergetske instalacije u zgradi sa niskonaponskom mrežom. Sastoji se od spoljašnjeg i unutrašnjeg priključka. Spoljni kućni priključak može biti nadzemni i podzemni. Vod kućnog priključka se štiti pomoću osigurača postavljenih na niskonaponskoj mreži (stubu) i u zgradi. Unutrašnji priključak povezuje spoljašnji kućni priključak sa instalacijom zgrade, a završava se pred električnim brojilom.

Razvodne table su ploče snabdevene opremom za razdvajanje strujnih krugova. Prvo se napravi projekat. Projektni zadatak sadrži podatke o nameni objekta i zahtevima investitora. Plan instalacije se unosi u plan građevinske osnove crtanjem oznaka za provodnike, razvodnu tablu, prijemnike i zaštitu. Zatim se vrši proračun korišćenjem tablica. Zatim se vrši specifikacija materijala, predmer i predračun.



EKONOMIKA I ENERGETIKA

Energetika je oblast privrede koja se bavi istraživanjem, analizom, proizvodnjom, prenosom i distribucijom energenata i energije. Danas je kao pojam opšte prihvaćen, zbog čega ga je moguće definisati na nekoliko načina. U naučnom smislu je to nauka o energiji i tehničkom korišćenju izvora energije. U ekonomskom smislu je energetski skup privrednih aktivnosti usmerenih na istraživanje i proizvodnju primarnih i sekundarnih izvora energije, transformaciju, prenos i distribuciju do potrošača. U filozofskom smislu, energetika je pogled na svet koji sve što postoji i što se zbiva u prirodi i društvu svodi na energiju, čak i materiju i duh.

Energetika se bavi proizvodnjom i prometom čvrstih, tečnih i gasovitih energenata kao i električnom i nuklearnom energijom.

Energetika u ekonomskom smislu je skup privrednih delatnosti - aktivnosti pomoću kojih se pronalaze izvori energije, transformišu u veštačke izvore i dostavljaju je potrošačima u proizvodnoj i konačnoj potrošnji. Prema tome, energetika je privredna aktivnost koja se bavi obezbeđenjem potrošača energijom.

Cilj ekonomike energetike je da se dobije što jeftinija i „kvalitetnija" energija, koju omogućuju dati nivo razvoja tehnike i tehnologije i da se pri tome obezbedi najveći stepen korisnog dejstva čime se minimiziraju troškovi energije u proizvodnji određenih roba, a preko njih i ukupne cene koštanja.

Zadatak energetike jeste ekonomična proizvodnja i smanjenje gubitaka energije, efikasan razmeštaj proizvođača i izbor optimalnog načina transporta. Pored toga je bitan zadatak smanjenje negativnih uticaja na čovekovu okolinu, odnosno smanjenje emisije gasova koji su uzrok efekta staklene bašte.

Danas troškovi energije predstavljaju značajnu stavku u strukturi ukupnih troškova, pa otuda svaka promena cena energije utiče na generisanje troškovne inflacije. Takozvana „energetska kriza" vezana je za promenu cena energije na svetskom tržištu, a ne za iscrpljenje energetskog potencijala u celini, ili nekog osnovnog izvora energije. Ta promena cena ima karakteristike borbe zemalja u razvoju za novi međunarodni ekonomski poredak, i borbe za suvereno pravo raspolaganja svojim nacionalnim bogatstvom.

Savremeni privredni razvoj uslovljen je industrijalizacijom, a ona pak zahteva sve veću količinu energije.

Proces mehanizacije i automatizacije čini ljudski rad suvišnim, i u krajnjoj liniji povećava produktivnost rada i smanjuje količinu rada sadržanog u robi. Otuda, proces industrijalizacije nije samo „gola" zamena živog rada minulim, nego i podizanje proizvodne snage i smanjenje cene proizvoda i usluga, što predstavlja pouzdan ekonomski razvoj.

Sve promene koje su se desile i koje se dešavaju u sektora energetike jesu dramatične. One su takve jer od kompanija, sektora, drzava, regiona zahtevaju samostalnost i povezivanje, tržišnu orjentaciju i državnu intervenciju, kao i međunarodnu konkurentnost. Najbitniji zadatak koji se danas postavlja pred energetiku jeste koncept održivog razvoja. Zemlje poput Srbije moraju mnogo dinamičnije da rade ka tom putu, posebno imajući u vidu da energetika danas u BDP učestvuje sa samo 7.5%.

Privredni razvoj zahteva ne samo dovoljnu količinu ukupne energije, nego i određenu strukturu, koja treba da odgovara određenom nivou tehnološkog razvoja, ekonomskoj celishodnosti, određenom komforu i ekološkim zahtevima. S druge strane, struktura potrošnje energije uslovljena je tehno-ekonomskim faktorima kao što su:

- nivo privredne aktivnosti i društvenog standarda;
- obim i straktura energetskog potencijala zemlje (stepen istraženosti, stepen razvijenosti eksploatacije, tržišni uslovi);
- stepen energetske zavisnosti zemlje od drugih zemalja;
- odnosi cena energetskih sirovina, i
- platno-bilansne mogućnosti zemlje.

Otuda, privredni razvoj zemlje uslovljen je raspoloživim izvorima energije i mogućnostima uvoza.

Razvoj energetike mora da bude u funkciji privrednog rasta. Nedostatak energije usporava privredni rast, dok višak energije znači neracionalno korišćenje resursa i poskupljenje proizvodnje.

Uloga i značaj energetike

Preokupacije savremene civilizacije jesu da obezbedi dovoljno hrane za sve veći broj stanovnika, dovoljno sirovina za savremenu industrijsku proizvodnju i dovoljno jeftine i kvalitetne energije. Pomanjkanje bilo hrane, sirovina ili energije dovelo bi do ozbiljnih poremećaja u savremenoj privredi i društvu. Nedostatak energije imao bi katastrofalne posledice jer bi celokupna savremena tehnika bila paralisana, a proizvodnja manuelnim putem bila bi isuviše skromna da obezbedi dovoljno dobara potrebnih za zadovoljenje sadašnjeg nivoa društvenih potreba.

Globalizacija je ključna reč novog doba. Informatika i razvoj tehnike su nas približili jedne drugima. U isto vreme, nepravda, siromaštvo i problemi vezani za životnu sredinu su sve veći širom sveta. Zemlje bilo da su razvijene ili manje razvijene, iscrpljuju bogatstva u cilju daljeg razvoja.

Energetika se javlja kao modifikator privrednih struktura i akcelerator opšteg ekonomskog napretka.

Kao modifikator energetika doprinosi ne samo brzom razvoju postojećih grana i delatnosti, već omogućuje razvoj i novih proizvodnih delatnosti, a isto tako pospešuje razvoj nekih nerazvijenih delatnosti.

Kao akcelerator ekonomskog progresa energija omogućuje efikasniju i jeftiniju proizvodnju, što sve više doprinosi povećanju životnog standarda. Porast životnog standarda opet utiče na ekspanziju proizvodnje i potrošnje energije. Otuda ovo uzajamno delovanje doprinosi opštem privrednom razvoju. Energetika je postala strategijska industrija savremene civilizacije.

Današnji svet je opterećen slalno rastućom brigom, odnosno potrebom za obezbeđenjem dovoljne i adekvatne ponude energije, odnosno energetskom bezbednošću. Energetska bezbednost je multidisciplinarni koncept jer u vrh prioriteta dovodi stalan rast cena fosilnih izvora energije, ali i jednako brz rast straha od klimatskih promena. Uzroci rasta cena su u brzom rastu tražnje, i nestabilnom geopolitičkom okruženju u većini regiona bogatim ovim resursima. Za države potrošače, energetska bezbednost predstavlja sigurno snabdevanje energentima po prihvatljivim cenama. Za države proizvođače radi se o stabilnoj i predvidljivoj tražnji po adekvatnim cenama. Reč je o međuzavisnosti koja globalno gledano, počiva najmanje ili nimalo na mehanizmima saradnje, a mnogo više na borbi za pristup, kontroli i eksploataciji energenata.

Paralelno i u tesnoj vezi sa tim kretanjima imamo pojavu velikih socijalno-ekonomskih promena u svetu. To znači da sa procesom naučno-tehnološke revolucije kao materijalno-tehnološke baze, dolazi do revolucionarnog preobražaja celokupnog ljudskog društva.

Koliko je značaj energije za revolucionisanje ljudskog roda potvrđuje i činjenica što se periodizacija društvenih epoha vezuje za oblik energije koji je dominantan u toj epohi.

U tom procesu revolucionisanja prisutna je tendencija smena „lidera" sa stanovišta izvora energije. Istovremeno u tim procesima ljudska energija supstituisana je drugim oblicima

energije, a uloga čoveka sve se više svodi na ulogu inicijatora, organizatora i kontrolora tehnoloških procesa. Time se proizvodna snaga rada društva neprestano povećava. Otuda je sasvim opravdano da se količina energije po stanovniku uzima kao merilo i kriterijum stepena razvoja pojedinih nacionalnih ekonomija.

Smena „lidera" u potrošnji energije zasniva se na ekonomskoj celishodnosti potrošnje pojedinih oblika energije. Tradicionalni izvori energije, drvo i ugalj, u poslednje vreme prepuštaju ulogu lidera plemenitim izvorima energije: nafti i gasu. Ova dva izvora energije su za vrlo kratko vreme postali dominantni u potrošnji ukupne energije, ali zbog intenzivne potrošnje preti im opasnost da uskoro ustupe mesto „lidera" još plemenitijem izvoru energije - nuklearnoj energiji. Budućnost čovečanstva više je usmerena na nuklearnu fuziju nego na nuklearnu fisiju, obzirom da se radi o praktično neiscrpnom izvoru energije.

Upotrebom tih različitih izvora energije omogućeno je da čovek poboljša uslove života i poveća proizvodnju najrazličitijih upotrebnih vrednosti. Tradicionalni izvori energije vremenom su do te mere postali sastavni deo čovekove delatnosti da se uspostavila uzajamna veza između oblika korišćenja energije i čovekovog materijalnog blagostanja. Otuda je potrošnja energije po stanovniku jedno od najpouzdanijih merila stepena razvoja materijalne kulture. Takođe, koeficijent korelacije između dostignutog nivoa društvenog proizvoda po stalnim cenama i dostignutog nivoa potrošnje energije po stanovniku u Srbiji iznosi 0.962 a sveta 367, dok zemlje u razvoju imaju koeficijent od 5.208.

Različiti stepen korelacije između društvenog proizvoda i potrošnje energije u raznim zemljama i oblastima, kao i u istoj zemlji u raznim vremenskim periodima, uslovljen je: promenom strukture privrede, klimatskim uslovima, razlikama u životnom standardu, i promenama u strukturi energije, obzirom na njihov različit stepen korisnog dejstva. Otuda samo u opštem slučaju mogu da važe sledeće konstatacije za razvrstavanje zemalja na bazi potrošnje energije po stanovniku:

- ispod 1.000 kg ekvivalentnog uglja su nerazvijene zemlje,
- između 1.000 i 2.000 kg ekvivalentnog uglja jesu zemlje u razvoju,
- od 2.000 do 3.000 kg imaju srednje razvijene zemlje, i konačno,
- iznad 3.000 kg ekvivalentnog uglja imaju vodeće zemlje tehnološkog doba.

Način kako svet koristi energiju je jedna od osnovnih karakteristika ekonomije i čitave civilizacije. Napredak od zaprežne snage do parne mašine, potom motora sa unutrašnjim sagorevanjem, i na kraju električne snage jesu ključni elementi i pokazatelji razvoja sveta.

Energetska politika i strategija

Energetika se javlja kao bazni modifikator privredne strukture, odnosno kao snažni propulzivni faktor ukupne materijalne proizvodnje.

Neki izvori energije stiču ova svojstva jer se tehničko-tehnološki pronalasci - inovacije baziraju na njihovoj potrošnji. Takva svojstva je ranije imao najviše ugalj, a danas su to električna energija, nafta, prirodni gas. Iz ovog razloga snažno su se razvile elektro-

industrija, elektrohemija, elektro-metalurgija, elektronska industrija, kao i industrija automobila, brodogradnja, avionska, petrohemija, i to tako da su ove industrijske delatnosti i grane, pored ekstraktivne industrije ustvari nosioci celokupnog savremenog ekonomskog razvoja svake zemlje. U odnosu na sve vrste električna energija je u najvećoj meri pokretač privrednih struktura. I obnovljivi izvori energije - OEI (nuklearne sirovine, energija sunca, geotermalna, energija plime i oseke, energija vetra) se mogu koristiti tek nakon transformacije u električcnu energiju.

Energetska politika, kao deo opšte ekonomske politike, definisana je kroz načela, ciljeve, zadatke, mere i instrumente, počev od istraživanja i razvoja, dobijanja, distribucije i korišćenja energije sa svrhom obezbeđenja dovoljne količine energije uz prihvatljive cene energije. Uspešnost ostvarenja ovog zadatka energetike moguća je ako se odredi jedinstvena energetska politika, a ne preko politike parcijalnih interesa pojedinih faza/sfera privrednog života, ili parcijalnih interesa pojedinih regiona zemlje.

Pošto je činjenica da je energetska snabdevenost bitna pretpostavka privrednog i ukupnog društvenog razvoja zemlje, adekvatna energetska ponuda kao odgovor na energetsku tražnju mora biti usklađena sa ukupnim društvenim razvojem zemlje. To podrazumeva da se zasniva koliko je to moguće na povezivanju, i drugim bitnim odrednicama, od kojih izdvajamo sledeće:

- na korišćenju domaćih ekonomski isplativih izvora energije,
- razvoju najpovoljnijih transportnih i prenosnih sistema energije, njihovim povezivanjem sa susednim međunarodnim energetskim sistemima,
- smanjenju uvozne zavisnosti zemlje,
- uspostavljanju i jačanju tržišnih uslova privređivanja,
- povećanju energetske efikasnosti u proizvodnji, preradi, transportu i potrošnji energije, revitalizaciji i rekonstrukciji postojećih kapaciteta, i završetku započetih investicija,
- većem korišćenju OEI energije,
- uvođenju novih i modernizaciji postojećih tehnologija,
- aktivnom regionalnom povezivanju ,
- minimizaciji negativnih uticaja na životnu sredinu,
- podsticanju domaće privrede, kao i koncesionim istraživanjima i proizvodnji.

Energetska politika iskazuje ciljeve i instrumente kojima vlada jedne zemlje treba da razvija energetski sektor u pogledu: sigurnog i pouzdanog snabdevanja energijom, zaštite životne sredine, vlasništva, tržišnog poslovanja, investicija, energetske efikasnosti, novih obnovljivih izvora, povezivanja sa regionom i šire, mera socijalne zaštite i dr. Nemoguće je definisati energetsku politiku, bez sklada sa privredno-ekonomskim razvojem zemlje, ali i sa energetskom praksom i standardima zemalja u okruženju, ili drugim međunarodnim dokumentima. Energetska politika definiše načine uspostavljanja odgovarajućeg pravnog, institucionalnog, finansijskog i regulatornog okvira, koji je potreban za dostizanje nivoa održivog razvoja energetskog sektora.

Energetska strategija jedne zemlje predstavlja definisani i konsenzusom prihvaćeni dokument koordinacije daljeg rada institucija koje se bave snabdevanjem energijom, koji postavlja konkretne ciljeve i definiše mehanizme za prelazak od klasičnog podrazumevanja snabdevanja potrošača sa energijom, ka sigurnom, konkretnom i ekološki prihvatljivom snabdevanju energetskim uslugama. Strategija razvoja energetike jeste vizija upravljanja energijom jedne zemlje u određenom vremenskom periodu, a zasniva se na postignutim rezultatima opsežnih naučnih istraživanja, kao i na upotrebi mnogih metodologija (MEDEE, WASP, sektorsko-specifične metodologije (za planiranje mreže..) kao i posebne koje se odnose na izradu energetskih bilansa (EIHP)), uz postojeće EUROSTAT i IEA metodologije.

Strategija je dokument koji nastaje kao rezultat tesne saradnje vladinih institucija, ekspertskih organizacija, naučnih i razvojnih instituta.

Danas sve energetske strategije bilo da su nacionalne, regionalne ili globalne imaju svoju energetsku, ekološku, ekonomsku, zakonodavnu, organizacionu, institucionalnu i obrazovnu dimenziju.

Energetska politika upravo zajedno sa energetskom strategijom ukazuje energetskim subjektima na njihovu ulogu u reformi energetskog sektora i podstiče domaće i strane investitore na ulaganja u nove energetske objekte.

Samo na taj način se može obezbediti potreban i pouzdan razvoj energetike, a bez velikih stresova i kriza, odnosno pravi uticaj na privredne i društvene tokove. Zbog toga je bitno oceniti i efekte interakcijskog delovanja, delovanja mera ekonomskih i neekonomskih instrumenata na tokove razvoja energetike. Ciljevi energetske strategije su:

- sigurna i dostupna energetska ponuda,
- povećanje stepena energetske nezavisnosti zemlje,
- zadovoljavanje energetske tražnje po pristupačnim cenama,
- maksimiziranje ekonomskih efekata,
- kontrola pristupa energetskim resursima, i
- zaštita životne sredine.

Instrumenti koji omogućavaju realizaciju ciljeva energetske strukture mogu se grupisati u:

- spoljnotrgovinske instrumente (carine, premije, kontigenti, zabrane, sporazumi),
- valutne instrumente (određivanje valutnog kursa, devizna ograničenja) i
- instrumente unutrašnjeg tržišta (porezi, politika cena).

Snaga uticaja pojedinih nosilaca energetske politike u funkciji su njihove ekonomske i neretko političke moći, u delovima procesa reprodukcije. Kako je energetika prateći činilac svih društvenih i privrednih tokova, to dalje znači da su stvarna kretanja u energetici pod uticajem svih pomenulih subjekata, ali sa različitim efektima na njena kretanja. Uticaj mera energetske politike može izazvati pozitivne i negativne posledice. Nekada i postojanje konfliktnih situacija.

Smanjenjem energetske potrošnje primera radi, utiče se na pad tražnje za vozilima. Ne samo da to na prvi pogled utiče na proizvodnju u automobilskoj industriji, već to dalje utiče na sve ostale grane koje ovu industriju prate, na smanjenje proizvodnje, prihoda i zaposlenosti, kao i ozbiljnog pada društvenog blagostanja.

Obezbeđenje željenog - optimalnog razvoja energetike moguće je samo merenjem efekata direktnog i indirektnog dejstva određenih mera. Primenom novih mera energetske politike u određenom periodu, usmerenih na uravnoteženje energetskih tokova, nužno se prenose njihovi efekti i na buduće privredne tokove. Negativna dejstva (koja su moguća) zahtevaće nove mere koje treba da omoguće povoljnije uticaje na privredne tokove i ostvarenje projektovanih ciljeva. Efekti mera dominantno će zavisiti i od opšte društvenih, privrednih i energetskih tokova u svetu, a posebno u zemljama iz neposrednog okruženja, kao i uticajem specifičnih ekonomskih energetskih prilika u zemlji.

Dugoročne strategije energetskog razvoja sadrže i visok stepen neizvesnosti, obzirom na neizvesnost kretanja svih parametara relevantnih za razvoj energetike, kao na primer: stopa privrednog razvoja, cena energije (posebno nafte i nuklearnih goriva na međunarodnom tržištu), primene nove tehnologije za korišćenje OEI, stopa investicija potrebnih za razvoj energetike.

Ciljevi i projekcije dugoročnog strateškog energetskog razvoja su okvirni i često su podložni promenama. Ipak predstavljaju okvir unutar kojeg se definišu programi, planovi, taktičke i operativne mere.

Dugoročne energetske strategije treba permanentno preispitivati, prilagođavati konkretnim potrebama, uslovima i mogućnostima. Sve svetske energetske institucije, prate i preispituju svoje dugoročne strategije, kako bi na što efikasniji način odgovorile izazovima savremenih energetskih odnosa. Energetska strategija Evropske Unije je u poslednjih desetak godina dopunjavana i menjana nekoliko puta. Što se Srbije tiče, ona ne pripada takvim inventivnim zemljama. Jedva definišući Strategiju razvoja energetike Srbije do 2015. godine, već pri njenom usvajanju bila je u nekim delovima zastarela, a sa druge strane neke oblike proizvodnje energije i energente nije ni predvidela odnosno uvrstila u energetski razvoj Srbije (poput tečnog naftnog gasa, ili spregnute proizvodnje toplotne i električne energije). Sve što se dalje baziralo i definisalo na osnovu ovakve strategije, danas traži ozbiljnu reviziju.

Razvijene zemlje, ali i sve veći broj zemalja u tranziciji su institucionalizovale dugoročne (strateške) i operativne planove korišćenja energije, i donele odgovarajuće programe, odnosno projekte upravljanja energijom. Rezultat ovakvog organizovanog pristupa energetici u razvijenim zemljama je smanjenje potrošnje energije, ne samo u specifičnim, nego i apsolutnim iskazima. Deklarativno društveno opredeljenje samo po sebi, ne može dovesti do promena u energetskoj potrošnji (nivo i struktura) primarne i finalne energije, većeg korišćenja energetski efikasnijih tehnologija i drugih postavljenih ciljeva. Bez obzira na „ugrađene" samoregulišuće mehanizme, tržište nije u stanju da samostalno dovede do ovakvih strukturnih promena u relativno kratkom vremenskom periodu.

Proizvodni sektor u uslovima permanentne i oštre konkurencije na slobodnim tržištima, nije u stanju da dovoljno brzo razvije efikasne tehnologije. Zato je u uslovima slobodnog delovanja tržišta, neophodna intervencija države. Različiti su načini, mere i instrumenti kojima država može intervenisati u energetskom sektoru, preko zakonodavne regulative, bankarskog sistema, poreske politike, politike cena, sistema subvencija, dotacija i kredita, ali i edukacijom stručnjaka, informisanja javnosti i drugih aktivnosti.

U zemljama u tranziciji tržište se često glorifikuje kao svemoćni mehanizam koji uz „pravilne" paritete cena energenata dovodi do racionalne potrošnje energije. Zaboravlja se da potpuno liberalno tržište ne postoji kao što ne postoji jedinstveni „pravilni" paritet cena energenta. Početkom 80-ih godina prošlog veka u razvijenim zemljama se javio trend institucionalizovanja energetskih poslova, odnosno formiranja operativnih tela - Agencija za energiju. U svetu postoje različita rešenja po pitanju vlasništva organizacije i kontrole rada ovih agencija.

U svim zemljama sveta, država ima određeni stepen uticaja na funkcionisanje energetskog sektora, bilo kroz svoje instrumente, monetarnu i fiskalnu politiku, bilo kroz praćenje i kontrolu, sa ciljem povećanja konkurentnosti energetskog sektora i razvoja i usavršavanja tržišta energije i energenata.

Energetski bilans

Energetski bilans se može definisati kako sa fizičkog i biološkog, tako i sa geografskog, energetskog i inženjerskog stanovišta. U ekonomici energetike, energetski bilans zemlje jeste agregatna slika svih ljudskih aktivnosti koje se tiču energije, izuzev prirodnih i bioloških procesa. Nacionalni energetski bilans se utvrđuje za najmanje godinu dana unapred. Zajednička metodologija utvrđivanja i prezentovanja energetskog bilansa omogućava pregled i analizu stanja i projekcije energetskog sektora zemlje.

Energetski bilans je periodični izveštaj koji se definiše sa ciljem da se utvrde bilansi između domaće proizvodnje, uvoza primarne odnosno sekundarne energije iz procesa transformacije, konverzije u energetskim sistemima/bjektima, sa prikazom obezbeđenja energetskih potreba za finalnu potrošnju, saglasno potrebama privrede i građana, odnosno sektora potrošnje. Tokovi energije se prikazuju u fizičkim i energetskim jedinicama.

Energetski bilans prati tokove energije od njene pojave do upotrebe.

Tokovi energije imaju sledeće faze: proizvodnja oblika energije, energetske transformacije, upotreba transformisanih oblika energije, uvoz i izvoz primarne i sekundarne energije, upotreba pojedinih oblika energije u okviru pojedinih sektora potrošnje, transformacija i upotreba korisnih oblika energije.

Energetski bilans služi kao osnova za planiranje i prognoziranje mogućnosti i tempa razvoja ne samo energetske privrede već i čitave nacionalne ekonomije. Obzirom na takvu ulogu i mesto energetski bilans je upotrebljiv i kao instrument za efikasno vođenje

energetske politike zemlje. Preko njega se utvrđuju i analiziraju uzroci energetskih gubitaka na različitim stepenima energetskih metamorfoza za pojedine oblike energije te se na taj način pruža mogućnost za preduzimanje efikasnih mera za njihovo smanjenje.

On je neizostavan deo strategije i programa razvoja energetike jedne zemlje, jer direktno utiče na obezbeđenje stabilnog, sigurnog i pouzdanog i kvalitetnog snabdevanja energijom.

Gotovo obavezni elementi dugoročnog bilansa energije su:

- predviđanje potreba za pojedine vrste energije,
- predviđanje potreba za snabdevanje sa primarnim resursima energije, uključujući obnovljive izvore energije, proizvodnju električne i toplotne energije, proizvodnju briketa, uglja i tečnih goriva, kao i predviđanje raznošenja štetnih supstanci iz energetskih izvora,
- predviđanje načina za zadovoljavanje potreba za pojedinim vrstama energije uključujući primarne (obnovljivi i neobnovljivi) i finalnu energiju,
- predviđanje količine štetnih supstanci iz energetskih transformacija i uticaj na životnu sredinu koja proizlazi iz proizvodnje i korišćenja energije,
- lista neophodnih uslova usklađivanja i rezervni kapacitet u cilju postizanja planiranog nivoa pouzdanog snabdevanja.

Obavezni elementi godišnjeg energetskog bilansa su:

- godišnja potrošnja za pojedine vrste zaliha energije, nivo zaliha i rezervni kapaciteti,
- godišnji nivo štednje (rezervni kapaciteti) energetskih postrojenja i objekata,
- neophodni nivo operativnih zaliha svake godine i kriterijumi energetske efikasnosti za svaku godinu.

Energetski bilans stoga mora posebno i detaljno da prikaže pojedine oblike energije i njihove transformacije, njihovu međusobnu zamenjivost i upotrebljivost. Otuda energetski bilans osim kvantitativne strane (količine pojedinih oblika energije) sadrži i kvalitativnu komponentu (strukturu oblika energije).

Energetski bilans pruža podatke o strukturi energetskih oblika, a svi ti oblici moraju se iskazati istim mernim jedinicama putem energetskih ekvivalenata, čime se obezbeđuje svođenje i uporedivost i obezbeđuje mogućnost zamene (supstitucije) uz utvrđivanje stepena delovanja pojedinih transformacija.

Međutim, to ne znači da se parcijalni bilansi ne iskazuju u mernim jedinicama koje se upotrebljavaju za pojedine oblike energije. Energetski bilans može da se prikaže tabelarno i grafički.

Grafički energetski bilans prikazuje ceo tok energije od primarne, sekundarne, preko gubitaka u metamorfozama do finalne potrošnje.

Tabelarni pregled zanemaruje gubitke u transformacijama iako oni predstavljaju značajnu stavku u ukupnom energetskom bilansu. Otuda samo grafički prikaz bilansa je formalno uravnotežen, prema bilansnoj relaciji:

ZALIHA + PROIZVODNJA + UVOZ - POTROŠNJA + IZVOZ + GUBICI

Po energetskom bilansu Srbije za 2008. godinu, proizvodnja primarne energije iznosi 8.939 mil toe, što je blizu 2% više nego godinu dana pre, dok će neto uvoz energije biti 6.490 mil toe. Takvi odnosi narušavaju energetsku bezbednost zemlje, pa je uvozna zavisnost 2008. godine projektovana na 42%. U neto uvozu energenata dominira nafta (54%), pre svega sirova, kao i gas.

Struktura bruto potrošnje energije ukazuje na dominaciju uglja 52%, nafte 38%, gasa 13%, i obnovljivih izvora energije 6%.

Predviđeni obim i struktura potrošnje energije treba da omogući ostvarivanje predviđenog tempa industrijskog razvoja, zatim da podsticajno deluje na izvoz, proizvodnju hrane, razvoj saobraćaja i obezbedi dovoljno kvalitetne energije za snabdevanje stanovništva.

Pri projekciji energetskog bilansa pošlo se od proklamovane energetske politike - oslanjanje na domaće izvore energije, zatim obezbeđenje kontinuiranog priliva sredstava i proširenja saradnje sa zemljama iz kojih se uvozi nafta po osnovu kompenzacionih poslova, povećanje pogonske spremnosti i fleksibilnosti energetskog sistema i obezbeđivanja dovoljno zaliha energetskih sirovina koje bi omogućile kontinuirano snabdevanje cnergijom i ublažile sezonske oscilacije. U proizvodnji primarne energije, ugalj učestvuje sa 80%, i to je energetski izvor na kojem se bazira srpska energetika.

Ukupna potrošnja nafte u 2007. godini iznosila je 2.626 mil toe, što je za oko 11% manje od plana za 2008. godinu. Blizu 80% se obezbeđuje iz uvoza. U ukupnoj bruto potrošnji nafta se projektuje da će 2008. godine učestvovati sa 28%, što je neznatno povećanje u odnosu na prethodnu godinu. Odnos u proizvodnji belih i crnih derivata više je funkcija tražnje nego tehničkih mogućnosti rafinerija.

Planirana primarna proizvodnja gasa 2008. godine je 0.183 mil toe, što je smanjenje u odnosu na prethodnu godinu. Sa druge strane uvoz gasa projektuje rast od 11%. Povećanje proizvodnje prirodnog gasa u mnogome ce se pokriti od obezbeđenja sredstava za nabavku specijalne opreme, repromaterijala i rezervnih delova. Sledeće i narednih godina očekuje se brže povećanje potrošnje gasa širenjem nove gasne mreže do velikih potrošača.

Ukupna proizvodnja električne energije u 2008. godini iznosiće 3.170 mil toe, što je povećanje od 2.3% u odnosu na prethodnu godinu. Uvoz električne energije je povećan za tri puta, sa projekcijom daljeg rasta, kako zbog ubrzanog rasta tražnje sa jedne, i izostanka ulaganja i izgradnje novih elektroenergetskih kapaciteta, sa druge. Od bruto primarne energije odbijanjem gubitaka u termoelektranama i toplanama, gubitaka u

rafinerijama, koji su funkcija energetskih metamorfoza, zatim odbijanjem gubitaka prenosa i distribucije električne energije, izvoza, neenergetske i sopstvene potrošnje, dobija se energetski potencijal raspoloživ za finalnu potrošnju.

Od ukupne finalne potrošnje projektovane za 2008. godinu (8.173 mil toe), 34% se troši u industriji, 26% u saobraćaju, a čak 40% u sektoru domaćinstava, komunalnih preduzeća i poljoprivrede. Prema globalnim procenama stepen delovanja energetskih metamorfoza u finalnoj potrošnji energije iznosi:

- za termičke procese 60%
- za mehaničke procese 42%
- za osvetljenje 3%, i
- za ostale svrhe 80%.

Na osnovu gornjih procenata dobijamo sledeće količine korisne energije prema energetskom bilansu za 2008. godinu:

Toplotna energija	5.6959 mil toe	76.94%
Mehanička energija	1.5925 mil toe	21.54 %
Svetlo	0.0044 mil toe	0.06%
ostalo	0.1142 mil toe	1.46 %
Svega korisna energija	7.407 mil toe	100.0

Prema tome, od 15.58 mil toe bruto raspoložive energije u sekundarnu energiju pretvoreno je 8.173 mil toe (I energetska transformacija), a u korisnu energiju svega 7.407 mil toe (II energetska transformacija), pa je ukupna energetska efikasnost svega 47.5%.

Ovako niska energetska efikasnost je funkcija strukture energetskih izvora, u kojima dominantno mesto ima lignit kod koga je vrlo nizak stepen korisnog dejstva. Sa izmenom strukture potrošnje energije, sa povećanjem učešća gasa, koksa i derivata nafte, kod kojih je stepen korisnog dejstva znatno veći, povećaće se i ukupna energetska efikasnost.

Indikatori razvoja energetike

Ukupne energetske rezerve u svetu iznose oko 900 x 10^9 toe. Vek eksploatacije pojedinih energetskih izvora (rezerve/potrošnja) izgleda ovako: nafte 40 godina, gasa 55-60 godina, kamenog uglja 195 godina, lignita 295 godina, a uglja ukupno oko 210 godina.

Rezerve po stanovniku iznose oko 1.600 toe.

U Evropi te rezerve iznose oko 350 toe, u USA 4.200 toe. Rezerve u energentima Srbije su u svetskim okvirima zanemarljive sem lignita koji učestvuje sa ispod 2%.

Stanovništvo Srbije 2000. godine u svetskom stanovništvu učestvovalo je sa 0.188%, a u stanovništvu OECD-a 0.958%.

Proizvodnja energije u Srbiji učestvuje u svetskim okvirima sa 0.100, a u odnosu na zemlje OECD-a proizvodnja iznosi 0.264%. Bruto potrošnja energije u Srbiji učestvuje u svetskoj potrošnji sa 0.136, a u potrošnji zemalja OECD sa 0.258%. Potrošnja energije po stanovniku u Srbiji iznosi 1290 kg oe, u svetu 1600 kg, što je za 30% više.

Zemlje OECD-a imaju potrošnju od 4740 kg što je više u odnosu na Srbiju za 3.67 puta.

Učešće bruto proizvoda Srbije u svetskim okvirima iznosi 0.039, a u odnosu na zemlje OECD 0.048.

Efikasnost upotrebe energije posmatra se iz odnosa jedinice potrošnje energije po jedinici društvenog proizvoda i ona iznosi za 2000x0.50/0.30 = 1.667, što znači da Srbija troši više energije za proizvodnju jedinice društvenog proizvoda za 62%. Ako se taj indikator posmatra u odnosu na zemlje OECD-a tada imamo veću potrošnju za 2.63 puta (0.5/0.19), što znači da smo toliko puta neefikasniji u potrošnji energije.

Ako se posmatra inverzni oblik, odnosno društveni proizvod/ukupna potrošnja energije, tada taj koeficijent u svetskim okvirima iznosi 3.367, a u odnosu na zemlje OECD taj koeficijent je 5.207 što pokazuje kolika je efikasna upotreba energije Srbije u odnosu na svet i zemlje OECD.

Bruto potrošnja električne energije u Srbiji učestvuje u svetskim okvirima sa 0.136 a u odnosu na zemlje OECD-a sa 0.258. Potrošnja električne energije po stanovniku u Srbiji iznosi 3.128 kWh, svetu 2.343, a zemlje OECD troše po stanovniku 8.088 kWh.

Najveću potrošnju energije po stanovniku u svetu ima Katar 26.17 toe, a najmanje Bangladeš svega 0.14 t/per capita, što je razlika od 191.2 puta. Efikasnost upotrebe energije potrošnja energije/društveni proizvod u Severnoj Koreji iznosi 5.55 a u Švajcarskoj samo 0.08, što je razlika od 69.4 puta.

HDI inače ukazuje na stanje u ekonomiji zemlje i sveta, brzinu kretanja ka razvijenim zemljama što znači da je reč i o kretanju privrede i potrošnje energije.

Finansiranje razvoja energetskih kapaciteta

Način donošenja investicionih odlika u velikoj meri utiče na visinu troškova, kao i na nivo cene električne energije. Osnovni faktori na osnovu kojih se donose odluke vezane za investiciona ulaganja su tehno-ekonomskog karaktera, a uslovljene su:

a) raspoloživošću energenata,
b) pouzdanošću, kao i
c) njihovim uticajem na ekologiju.

Promene koje su se desile na energetskom odnosno tržištu električne energije, a u vidu uvođenja konkurencije i sve veće zastupljenosti privatnog sektora, zatim nivoa i kvaliteta usluga, tehnološke i informativne osnove su u značajnoj meri uticali na opredeljenje prilikom donošenja investicionih odluka. U Srbiji se na uvođenje konkurencije u energetskom sektoru još uvek čeka, iako je jasno da je to jedina moguća pokretačka snaga ovakvih velikih i inertnih sistema.

Tradicionalno organizovana preduzeća, finansijski potpomognuta od strane države, bila su orijentisana na velika kapitalna ulaganja u bazne kapacitete sa velikom snagom i visokim časovnim korišćenjem, pri čemu je amortizacioni vek tih ulaganja bio vrlo dugačak. Privatne kompanije, u uslovima postojanja konkurencije teže ka manje kapitalno intenzivnim ulaganjima i ka kraćem periodu povraćaja sredstava. Postojanje monopolske pozicije uz poznavanje regulatornih propisa, omogućava veću sigurnost ulaganja, što je i osnovni cilj svakog investitora.

U onoj meri kako se rizik od ulaganja u elektroenergetske kapacitete povećava, što je slučaj kada postoji konkurencija, dolazi i do rasta stope povraćaja na uložena sredstva, kako bi se kompenzovao povećani rizik. Ukoliko toga ne bi bilo, to bi se vrtoglavo odrazilo na raspoloživost kapitala za ulaganja. Novi objekat je skuplji, posebno u slučaju da se njime proveravaju nove tehnologije, materijali ili sistemi pa korišćenje postojećih objekata može biti produženo i radi izbegavanja neizvesne investicije zbog čekanja da se perspektive tehnologije osvedoče i komercijalizuju. Interes je da se bez srazmerno velikih ulaganja u nove, nastavi što duže korišćenje postojećih resursa, što revitalizaciju čini opravdanom posebno kod manjih kapaciteta (25-1100 MWe).

Zbog toga je važno definisati i proučiti faktore koji utiču na donošenje investicionih odluka:

- **Troškovi**, koji uključuju inicijalne investicije, kamate za vreme perioda izgradnje, kao i troškove zatvaranja elektrana (posebno kod NE). Bitan elemenat u strukturi troškova svake TE su troškovi goriva, koji su po kWh ključni elemenat svake investicione odluke. Elementi ukupnih troškova koji se mogu planirati su operativni i troškovi održavanja. Ovi troškovi rastu tokom životnog veka elektrana, ali po predvidivoj progresiji. Bitna stavka ukupnih troškova su i troškovi zaštite životne sredine, sa tendencijom da će u budućnosti, ovi troškovi u strukturi povećavati svoje učešće, posebno kod elektrana koje koriste fosilna goriva;
- **Tehnološke karakteristike** su bitne kod donošenja investicionih odluka, a odnose se na dužinu perioda izgradnje, koji je upravo srazmeran veličini kapaciteta. Dug investicioni period povlači sa sobom i veliki rizik. Dužina ovog perioda je različita i kreće se u rasponu od 4 - 6 godina kod elektrana na ugalj, 3 godine kod elektrana na gas, i 7 - 10 godina kod nuklearnih elektrana. Životni vek elektrana je važan element zbog kretanja troškova održavanja i kreće se od 25 do 40 godina. Pooštreni ekološki zahtevi za nove objekte mogu dovesti do još viših investicija, ako se uslovljava da i postojeći objekti u okolini budu opremljeni tako da budu zadovoljena propisana ograničenja integralno. Obzirom da su

postojeći elektro-energetski objekti (EEO) građeni u vreme kada ni poznavanje njihovih negativnih uticaja, niti propisi za zaštitu životne sredine nisu bili kao danas, njihova revitalizacija je poslednja prilika da ispune važeća ograničenja, kao uslov za njihov dalji pogon. Na primer, emisija sumpordioksida iz javnih elektroprivrednih preduzeća u bivšoj Zapadnoj Nemačkoj je još u 1990. godini svedena na samo 17% od početka emisije, masovnim ugrađivanjem postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova uz ulaganje 14 mlrd dem za kapacitet od 38000 MW (368 dem/kWh). Do poboljšanja je došlo kada su isključene iz pogona stare TE, koje nisu obuhvaćene revitalizacijom. Tokom 1991. godine završeno je uvođenje sistema za uklanjanje azotnih oksida pa je od ukupno 285000 emisija NOx smanjena na 295 mg/m^3 (I,I gNOx/kWh), a nakon 1993. je i niže. **Napomena**: Veličina kapitalnih troškova izgradnje elektrana 2000. godine različita je zbog različite dužine trajanja njihove izgradnje i tehnologija koje su korišćene: a) raspon kapitalnih troškova NE se kreće od 1200$/kW - 2900 $/kW, b) kod TE na ugalj u rasponu od 800 -1800 $/kW, c) TE na gas 400 - 1200 $/kW, d) elektrane na obnovljive energetske izvore 930 $/kW za elektrane na vetar, do 4130 $/kW za mini hidroelektrane (*IEA/NEA 1996, Paris, OECD, Projected Costs od Generating Electricity*).

- **Diskontna stopa** koja se koristi za ocenu opravdanosti investicionih odluka, stvaranjem uporedivih vrednosti, prilagođavanjem procene prihoda i troškova koji se dešavaju u različitom vremenskom periodu. Utvrđivanje diskontne stope može biti u funkciji željene politike, pa visoke stope imaju za cilj da podstaknu investiciona ulaganja. Umerene vrednosti su uglavnom uzrokovane namerom da se uspostavi harmonija, u skladu sa društvenim i privrednim ciljevima. U najvećem broju zemalja, za velike investicione projekte od strane privatnih preduzeća, a u uslovima postojanja konkurentnog okruženja, koriste diskontnu stopu od 10%. Prosečna godišnja realna stopa povraćaja u razvijenim zemljama OECD-a, na uloženi kapital se poslednjih godina kretala u rasponu od 9-14%.

Elektroprivredne kompanije koje su tradicionalno vertikalno integrisane sa monopolskom pozicijom, koriste diskontnu stopu, oslobođenu rizika za ocenu vrednosti investicija, koja se kreće u rasponu 3 - 5%. Ovakva stopa ukazuje na postojanje jakog državnog zaleđa, ili monopolske pozicije preduzeća. Nakon definisanja faklora koji utiču na donošenje investicionih odluka, utvrđuju se faze izgradnje elektro-energetskih objekata.

Faze u izgradnji elektro-energetskih objekata su:

- analiza opravdanosti,
- projektovanje,
- građenje,
- primopredaja i
- proizvodnja.

Pošto aktivnosti na izgradnji složenog energetskog objekta traju 8 - 10 godina, njegovo vremensko korišćenje u proizvodnji iznosi 25 - 30 godina. Uobičajeno je da se ukupno vreme izgradnje i korišćenja energetskog objekta označava kao životni vek energetskog objekta koji se sastoji iz više faza životnog veka datih u tabeli:

Analiza opravdanosti	Projektovanje	Gradnja	Primopredaja (probni rad)	Proizvodnja – radni vek	Revitalizacija	Dodatna proizvodnja – produženi radni vek	Uklanjanje
2 – 3 godine	1 – 2 godine	4 – 5 godina	1 godina	25 – 30 godina	1 – 2 godine	15 godina	1 – 3 godine

Zbog visokih cena izgradnje novih kapaciteta, mnoge elektroprivrede, posebno zemalja koje su u teškim ekonomskim i privrednim problemima odlučuju se za investiciona ulaganja u revitalizaciju postojećih kapaciteta, kako bi produžili korišćenje i povećali efikasnost i pouzdanost EEK.

Kriterijumi izbora oblika energije

Osnovni postulat ekonomije jeste proizvesti energiju što jeftinije, u dovoljnoj količini i propisanog kvaliteta. Tako kvantitativni i kvalitativni aspekt ima u vidu karakteristike pojedinih izvora energije u svim fazama tokova energije, i to:

I faza bruto proizvodnja energije

Iskazuje obim svih izvora primarne energije. Analizom troškova i cena po uslovnoj jedinici energije moguće je da se utvrdi ekonomska celishodnost proizvodnje energije po pojedinim izvorima energije, i da se utvrde elementi i faktori komparativne prednosti proizvodnje pojedinih oblika energije;

II faza konverzija

Pruža podatke o odnosu ulaza primarne energije u proces konverzije, i dobijene sekundarne energije. Ovde je reč o procesima konverzije koji se odvijaju u termoelektranama, rafinerijama, gradskim plinarama, postrojenjima za preradu uglja. Troškovi procesa konverzije su osnovni činilac, odnosno faktor usmeravanja proizvodnje energije u svim onim slučajevima gde postoje tehničke mogućnosti alteraativnog korišćenja ulaznih sirovina;

III faza potrošnja energije

Faza se odnosi na potrošnju energije koja daje količinu energije raspoloživu za krajnju potrošnju kako po oblicima energije tako i po sektorima potrošnje;

IV faza potrošnja upotrebe energije

Iskazuje potrošnju neupotrebne energije; u ovoj fazi ne postoje pouzdani podaci o efektima pretvaranja energije u upotrebnu energiju, pa otuda ne postoje mogućnosti utvrđivanja komparativnih prednosti upotrebe pojedinih oblika energije.

Predviđanje energetskih potreba kod krajnjih korisnika uslovljeno je trošenjem krajnje upotrebnog oblika energije, efektom krajnje konverzije i tendencijama supstitucije pojedinih oblika energije drugim oblicima.

Tražnju pojedinih oblika energije kreira visina njihove cene, a efekat krajnje konverzije uslovljava tehnički razvoj. Sama supstitucija energije je funkcija tehničkog progresa, čime se podstiče proizvodnja i potrošnja pojedinih oblika energije, zatim nivoa životnog i društvenog standarda, kao i odnosa cena različitih oblika energije.

Kod krajnjeg potrošača, prilikom valorizacije u konačnom obliku, uzimaju se u obzir:

1. Troškovi investicija

- su ulaganja u fiksne fondove za pojedine oblike energije; efikasnost ulaganja (e) se utvrđuje odnosom godišnjeg porasta proizvodnje (P) i kapitalnih ulaganja u objekte za proizvodnju konkretnog oblika energije (K);
- intenzitet osnovnih sredstava pojedinih industrijskih grana se ocenjuje prema učešću investicija pojedinih grana energije u ukupnim investicijama industrije, i predstavlja osnovni pokazatelj ulaganja u pojedine grane industrije;
- efikasnost investicija se bliže određuje odnosom investicija i obima proizvodnje ili drugim rečima koliko treba angažovati osnovnih sredstava za proizvodnju određene jedinice energije; pri tome se uzima sadašnja vrednost aktivnih osnovnih sredstava i utvrđuje se najpre visina ovih sredstava po jedinici svakog oblika energije a zatim se ove jedinice svode na jedinstveni ekvivalent odnosno zajedničku jedinicu energije.

2. Troškovi proizvodnje energije

- uslovljeni brojnim faktorima interne i eksterne prirode;
- Interni: izmena strukture proizvodnje energije, kvalifikaciona struktura, efikasnost investicija, stepen korišćenja kapaciteta i produktivnost rada,
- eksterni: spoljnotrgovinska i devizna politika, fiskalna politika;
- komparativna analiza troškova proizvodnje energije je otežana ne samo zbog brojnosti elemenata, nego zbog nemogućnosti jednoobraznog prikazivanja pojedinih elemenata troškova; troškovi proizvodnje energije su pod naglašenim uticajem faktora interne prirode, koje kreira sama kompanija pa su javno nedostupni, a ti troškovi i njihove tendencije služe kao osnova za vođenje racionalne tekuće i usmeravanje dugoročne ekonomske politike, ne samo u oblasti energetike već nacionalne ekonomije u celini.

3. Troškovi transporta energije

- su uslovljeni: udaljenošću na koju se energija transportuje, vrstom transporta, energetskom vrednošću, veličinom kapacitetne jedinice u transportu, stepenom korišćenja transportnih sredstava, organizacijom utovara i istovara, specifičnošću agregatnog stanja pojedinih izvora energije;
- intenzitet učešća troškova transporta u ceni koštanja, i prodajnoj ceni može biti element koji opredeljuje konkurentnu sposobnost pojedinih izvora energije; Obim i način transporta energije zavise od:
- nivoa i strukture proizvodnje odnosno potrošnje goriva,
- od prostornog razmeštaja, odnosno stepena koncentracije proizvodnje i potrošnje pojedinih oblika energije,
- od gustine mreže svake grane saobraćaja,
- od geografske veličine i specifične udaljenosti zemlje, kao i od konfiguracije terena;
- optimalnost razvoja transporta goriva u sklopu sa ukupnim privrednim razvojem ocenjuje se kroz kretanje udela transporta goriva u ukupno transportovanoj robi, udela ekonomičnih načina transporta goriva u ukupno prevezenom gorivu, kao i na bazi predenog prosečnog puta određenog goriva određenim načinom transporta;
- ekonomija proizvodnje vrste energije je funkcija troškova proizvodnje, a ova je u korelaciji sa cenom utrošene energije; što je veće učešće troškova energije u troškovima proizvodnje energije to i troškovi transporta dobijaju na značaju; u isto vreme troškovi transporta određuju i ekonomsku poziciju pojedinih energetskih grana na tržištu i prema tome utiču na stepen konkurentnosti pojedinih izvora energije;
- ovi troškovi u strukturi nabavne cene i cene koštanja svih oblika energije predstavljaju važnu stavku, i mogu da se kreću 35-50% u nabavnoj ceni;
- troškovi transporta i prenosa električne energije sa gubicima u prenosu važan su faktor odlučivanja o načinu transporta energije - da li transportovati energiju u primarnom ili sekundarnom obliku; troškovi transporta energije se posmatraju: a) kroz potrošnju energije u raznim vidovima transporta za istu daljinu, ili b) kroz cenu različitih oblika transporta.

Upotrebljena energija u transportu se može utvrditi prema sledećem obrascu:

$$E = (Pkm + Tkm)U_i * e_i$$

gde su (Pkm+Tkm) zbir svih pređenih putničkih i tonskih kilometara, U_i=faktor iskorišćenja vozila, e_i = faktor iskorišćenja goriva u km/toni.

4. Troškovi transformacije energije

- energija se ne može proizvesti niti uništiti, ona samo prelazi iz jednog oblika u drugi; savremeno čovečanstvo sve više upotrebljava sekundarnu umesto primarne energije, odnosno sve veće količine energije se koriste u transformisanom obliku, zbog čega troškovi transformacije energije (primarne energije u sekundarnu) dobijaju na značaju;
- brzi porast elektroenergije u odnosu na ukupan rast potrošnje energije, i u odnosu na opšti privredni razvoj ukazuje na povećanje uloge i značaja ovog oblika energije jer se ona koristi ne samo u termičke svrhe nego i u obliku pogonske snage za pokretanje savremenih agregata čime se vrši supstitucija živog rada radom mašina;
- sve brži tehnički progres i privredni razvoj kao i sve viši nivo životnog standarda uz povećanu proizvodnu snagu rada, odnosno povećanje proizvodne efikasnosti uloženog rada zahteva sve veću količinu električne energije, čime se doprinosi poboljšanju tehnološkog procesa, kvalitetu proizvodnje i povećanju racionalnosti proizvodnje i privređivanja uopšte;
- Stalni porast potrošnje elektroenergije zahteva intenziviranje izgradnje hidro, termo, i nuklearnih elektrana; učešće termoenergije u ukupnoj proizvodnji elektroenergije je različito po zemljama, a ono je uslovljeno strukturom izvora za proizvodnju električne energije;
- troškovi proizvodnje termoenergije su funkcija: veličine termoelektrane, stepena korišćenja termoelektrana, vrsta i kvaliteta goriva, troškova transporta goriva, cene goriva, cene kapitalnih ulaganja, stepena mehanizacije i automatizacije termoelektrana; troškovi proizvodnje termoelektrične energije se sastoje iz fiksnih troškova odnosno troškova snage, i varijabilnih troškova odnosno troškova rada;
- smanjenje specifičnog utroška energije za proizvodnju jednog kWh može biti neutralisano natprosečnim porastom cena goriva, skupom radnom snagom i porastom troškova sredstava za rad što u krajnjoj liniji doprinosi nestabilnosti cena elektroenergije iz TE; visoko učešće troškova goriva u TE čini ovo vrlo osetljivim na svako povećanje tih troškova, a to znači da ono vrši pritisak i na cenu električne energije;
- troškovi prerade nafte su funkcija kompleksnosti rafinerija, veličine i stepena korišćenja kapaciteta, vrste odnosno kvaliteta sirove nafte, cene nafte, struktura proizvodnje, geografske lokacije rafinerija, cene ostalog repromaterijala, broj, zaposlenih, fiskalna politika (utiče na troškove prerade preko komunalnih doprinosa, carina, poreza i ostalih dažbina); nafta odnosno njena vrednost čini preko 85% troškova poslovanja rafinerija pa otuda svaka promena cena nafte direktno kreira i visinu troškova prerade ali i cenu derivata i utiče na kreiranje ostvarenog poslovnog uspeha.

5. Tržišne cene energije

- izbor najjeftinije energije sa stanovišta potrošača mora biti i najcelishodniji sa stanovišta društva u celini; cene energije korespondiraju sa troškovima proizvodnje pa upućuju potrošača na izbor onog oblika energije koji ima najniže troškove proizvodnje, odnosno najnižu cenu;
- niske cene dovode do neracionalnog trošenja energije, a visoke do štednje u potrošnji energije; ukoliko se cene formiraju na troškovnom principu potrošači preferiraju onu vrstu energije čija je potrošnja najracionalnija i sa društvenog aspekta;
- ako se u cenu pored ekonomskih ugrade i neekonomski troškovi, proizvodnja nastaje prividna suprotnost između zahteva da se cene fonniraju po troškovima proizvodnje i potreba da se u cenu uključe i neekonomski momenti;
- prema tome, cene energetskih goriva ne formiraju se na tržištu odnosom ponude i tražnje, već je reč o nekoj vrsti obračunske cene, koja sadrži utrošene vrednosti sredstava za proizvodnju i potrebne vrednosti za reprodukciju radne snage sa stanovišta društva; cene stimulišu potrošače na opredeljenje za onaj oblik potrošnje energije koji je i društveno celishodan; funkcija cena treba da bude takva da obezbedi ravnotežu prihoda i troškova u radu i razvoju energetskog sistema zemlje, zatim da obezbedi opšte ekonomske i društvene ciljeve i da omogući da svaki potrošač određene vrste energije snosi troškove svoje potrošnje;

6. Stepen korisnog dejstva

- različite upotrebne karakteristike pojedinih oblika energije kao i različite tehničko-tehnološke karakteristike pojedinih postrojenja uslovljavaju da se veći ili manji deo dovedene energije korisno upotrebi; stepen korisnosti odnosno efikasnosti upotrebe pojedinih oblika energije teško se precizno utvrđuje; to nameće potrebu da se stepeni delovanja svedu na izvorne, odnosno da se pronađu gubici u tokovima energije od primarne do korisne ili da se na osnovu većeg broja podataka razne vrste energije pretvaraju u uporedive ekvivalente;

7. Uticaj pojedinih oblika energije na platni bilans zemlje.

Preferencije potrošača prema određenom obliku energije zasnivaju se na neposrednim i posrednim prednostima koje mu pružaju pojedini oblici energije. Neposredni faktori opredeljenja za određenu vrstu energije su nabavne cene, stepen korisnosti u postrojenjima potrošača, troškovi manipulacije (unutrašnji transport, deponovanje ...). Posredne koristi leže u poboljšanju tehnološkog procesa koji ima za posledicu povećanje proizvodnje, bolji kvalitet proizvoda, mogućnosti trajne regulacije temperature, čistoće atmosfere i komoditetu.

U tržišnoj ekonomiji potrošač se opredeljuje za gorivo na bazi prodajne cene pojedinih oblika energije. Na taj način on sam procenjuje efikasnost upotrebe različitih izvora energije, i donosi odluku o vrsti energije koju će koristi. Sa društvenog aspekta potrebno je pronaći uzajamnu vezu između efekata pojedinih oblika energije i minimiziranja troškova proizvodnje, troškova transporta i transformacije energije. Uvažavajući ovu činjenicu stvara se optimalna energetska struktura.

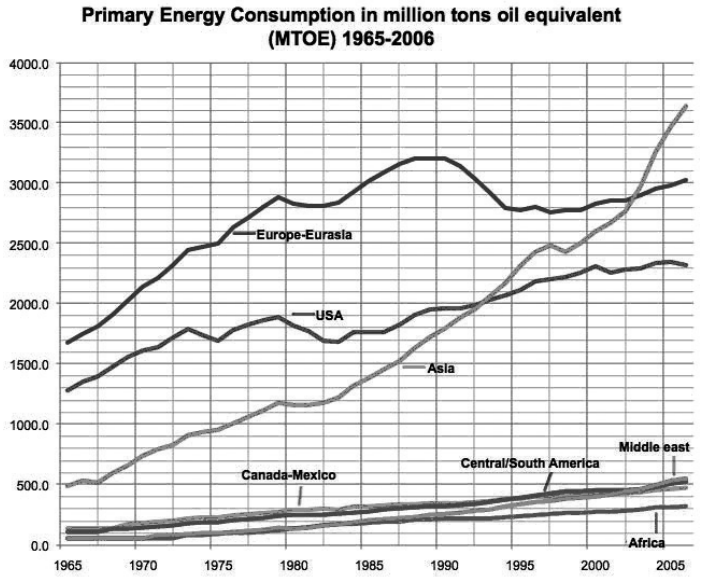
Peak oil ili energetska kriza je nastupila i potrajaće.

Ako je cena sirove nafte neki indikator, jasno je da smo na početku energetske krize. I ova kriza, za razliku od prethodnih, je duboka, strukturalna i trajaće sve dok traje i naša zavisnost od fosilne energije. Dostigli smo ili smo skoro na vrhuncu maksimalne proizvodnje nafte. Od sada pa nadalje, sledi silazna putanja kombinovana sa povećanjem potražnje. Hajde da istražimo šta to znači za sve nas.



Rastuća potražnja za primarnom energijom

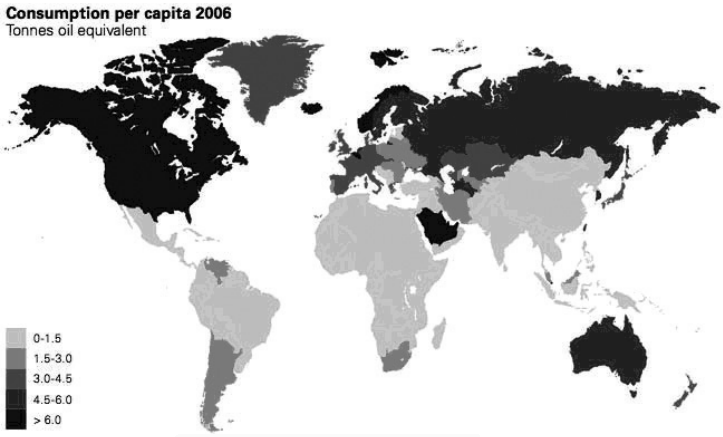
Čitav naš moderni napredak je razvijan sa jeftinom fosilnom energijom iz nafte, gasa i uglja (i u manjem obimu iz uranijuma kroz nuklearne elektrane). Osobenost ovih fosilnih goriva je da nisu obnovljiva. Postoji ograničena količina takvog goriva u zemlji i pošto ga stalno crpimo, ta količina se smanjuje. Proteklih decenija, eksploatisane rezerve su smenjivala nova nalazišta i proizvodnja je strahovito rasla. Ali ukupne, globalne rezerve su se smanjivale.



Slika 1. Potrošnja primarne energije u milionima tona ekvivalentne nafte (MTOE) 1965-2006

Zadugo, mislilo se da su rezerve ogromne i skoro da nije bilo razloga za zabrinutost i razmišljanje o alternativnim izvorima. Postojala je jaka vera u tehnološki napredak i buduća otkrića i smatralo se da će se naći rešenja pre nego se

pojavi problem sa zalihama fosilnog goriva. Tako se nastavilo sa sve većom upotrebom fosilne energije za pogon neprekidno rastuće ekonomije. U stvari, stalni rast je postao jedini pravac napred za svetsku ekonomiju, i taj rast je usko povezan sa raspoloživošću pristupačne izobilne energije.



Slika 2. Potrošnja primarne energije po glavi stanovnika 2006 u tonama ekvivalentne nafte po osobi

Primarna energija obuhvata samo komercijalno prodavana goriva. Izuzeta su goriva kao drvo, treset i životinjski izmet (važna u mnogim zemljama ali nepouzdano dokumentovana). Takođe nije uzeta u obzir proizvodnja energije na vetar, geotermalnu i solarnu energiju. (Podaci iz BP Statistical Review of World Energy June 2007.).

Industrijalizovane zemlje, kao što su evropske, počele su da stabilizuju njihovu potrebu za fosilnim gorivom zbog njihovog sporog razvoja, racionalnijim trošenjem energije i povećanjem upotrebe obnovljive energije. Ali zemlje u razvoju, posebno Kina i Indija, razvijaju se neverovatnom brzinom i isto tako i njihova potreba za fosilnom energijom. Ipak, teško ih je osuđivati pošto količina koju oni koriste je opet samo mali deo u odnosu na onu koju razvijene zemlje troše po osobi.

Potreba za energijom je takođe vezana za rast populacije. Dok su industrijalizovane zemlje u većini stabilizovale svoju demografiju, populacija u Aziji je u stalnom porastu. U Aziji, kombinacija rasta populacije, masovne industrijalizacije, nastanak bogatije klase uzrokuje veoma jaku i uvećanu potražnju za energijom.

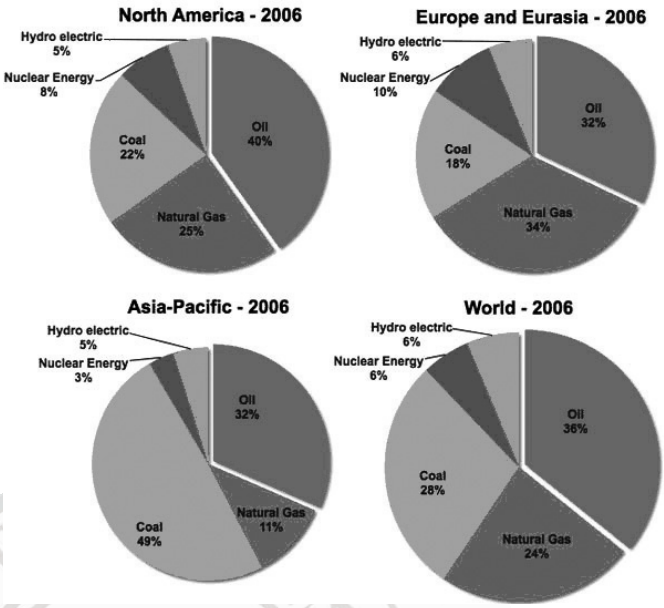
Značaj nafte u primarnoj energiji koju koristimo

Nafta igra veoma važnu ulogu kao izvor primarne energije. U svim delovima sveta, nafta je najvažniji ili drugi po važnosti izvor energije. **Globalno, nafta je na prvom mestu i čini 36% ukupne primarne energije koja se koristi u svetu** (graf ispod).

Primarna energija obuhvata samo komercijalno prodavana goriva. Izuzeta su goriva kao drvo, treset i životinjski izmet (važna u mnogim zemljama ali nepouzdano dokumentovana). Takođe nije uzeta u obzir proizvodnja energije na vetar, geotermalnu i solarnu energiju.

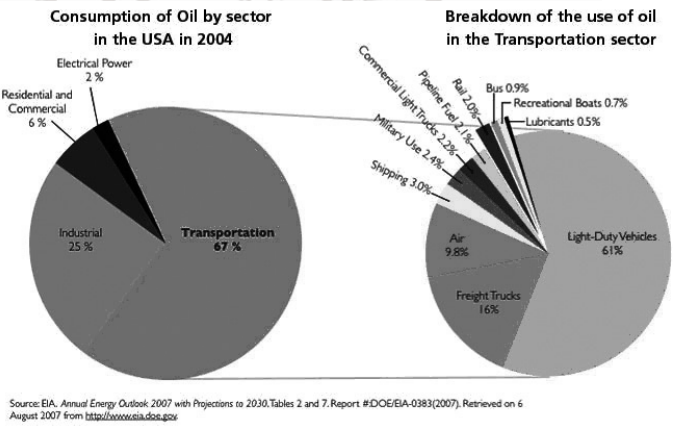
U industrijalizovanim zemljama, najviše nafte se koristi na transport. Podatak da SAD troše oko 1/4 u svetu, pokazuje vam nepravednost situacije. **Američki narod koristi 10% svetske nafte samo za pogon svojih automobila**. Da uporedimo, **Afrika koristi samo 3,4% svetske nafte za život.**

Više od 2/3 nafte se koristi za transport. Najviše nafte koja se koristi za transport se troši na privatne automobile. (Izvor Rocky Mountain Institute.)



Slika 3. Raspodela Potrošnje Primarne Energije po vrsti u 2006 za Severnu Ameriku, Evropu-Evroaziju, Aziju-Pacifik i kombinovano za svet

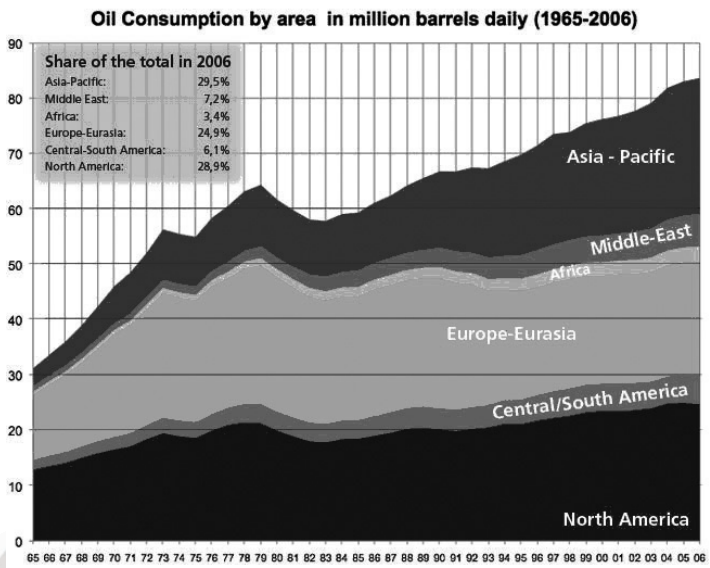
Ovo je posebno nepravično jer u zemljama u razvoju, nafta se troši potpuno drugačije. Većina njih koristi naftu da bi proizveli električnu energiju. U Senegalu na primer, oko 70% električne energije je generisano iz nafte.



Slika 4. Potrošnja nafte u SAD po sektoru (2004)

Azija, koja je još daleko iza Severne Amerike i Evrope po pitanju individualnog transporta, koristi naftu mnogo manje od uglja koji obezbeđuje pola njihove energije (uglavnom za industriju i proizvodnju električne energije). Ali potražnja za automobilima u Kini ubrzano raste a time i potražnja za naftom. U zadnjih 30 godina, posle naftne krize sedamdesetih, samo su Evropa i Evroazija smanjile potrošnju nafte koristeći sve više prirodni gas gde god je to bilo moguće. Svi drugi delovi povećali su svoju potrebu za naftom, a najviše od svih Azija.

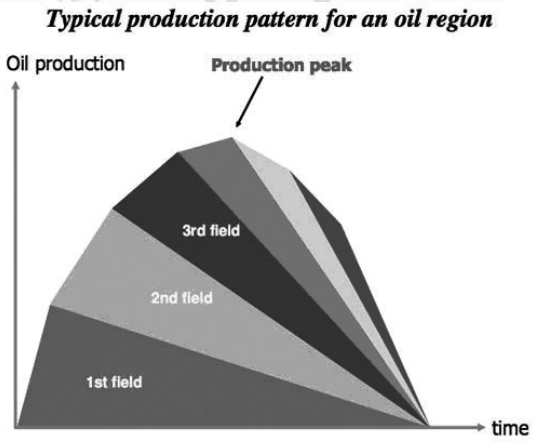
Znači svetska potražnja za energijom je u porastu, uglavnom zbog Kine i Indije. Potražnja za tri osnovna izvora energije, naftom, prirodnim gasom i ugljem je u porastu. Prema tome, pitanje je: da li možemo izvaditi dovoljno fosilne energije da pokrijemo potražnju? Gledajući po pitanju nafte, odgovor je jasan: više ne.



Slika 5. Potrošnja nafte po regionima u milionima barela dnevno (1965-2006) (Podaci iz BP Statistical Review of World Energy June 2007.)

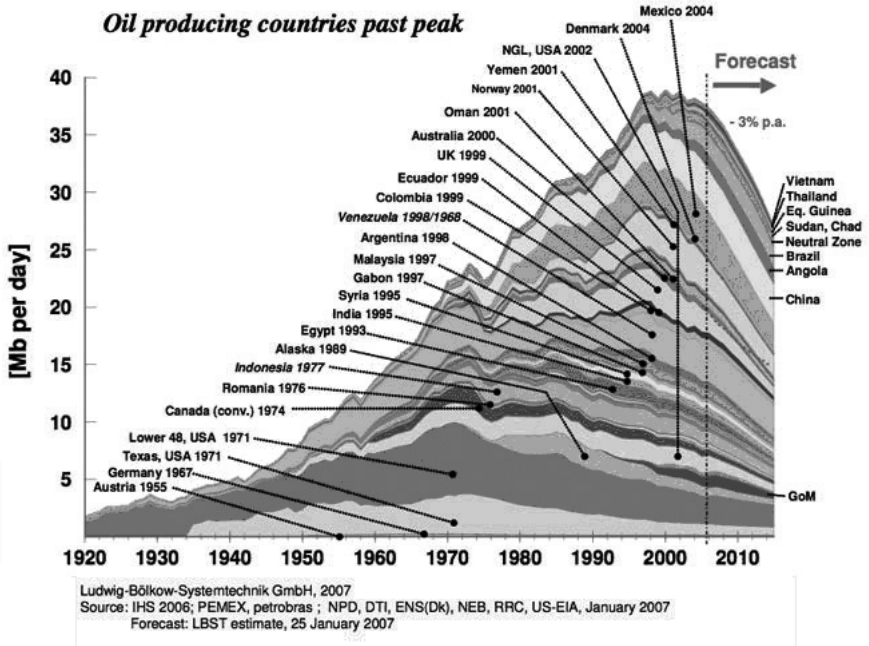
Vrhunac poizvodnje nafte

Crpljenje nafte nije kao pumpanje vode iz rezervoara sa konstantnim prilivom dok je više nema. Kada naftno polje otpočne proizvodnju, nafta, često pod pritiskom, izlazi veoma lako. To je inicijalni period gde se izvađene količine povećavaju sa svakom bušotinom. Kako vreme ide, voda, para ili gas moraju biti ubrizgavani u bušotine da bi se pritisak povećao. Na kraju, jednom kada se većina lako dostupne nafte iscrpi, postaje nemoguće održati isti nivo proizvodnje. Ostatak nafte zahteva više vremena za eksploataciju. Zavisno od tipa prirodnog rezervoara, moguća eksploatacija nafte varira od 10% do nešto više od 50%. Eksploatacija naftnog polja može trajati od 5 do 10 godina do preko 50 godina za najveća polja na Srednjem Istoku.



Slika 6. Tipični patern proizvodnje za naftni region (Izvor Energy Watch Group, Oil Report 2007.)

U zemlji koja proizvodi naftu, razvoj polja se odvija u fazama. Najlakša i najveća polja se prvo razvijaju. Posle toga dolaze na red ona teža i manja. Kada sve više naftnih polja dostigne vrhunac proizvodnje, ukupna proizvodnja zemlje, koja predstavlja udruženu proizvodnju individualnih polja, će na kraju takođe dostići svoj vrhunac i početi opadati (graf iznad).



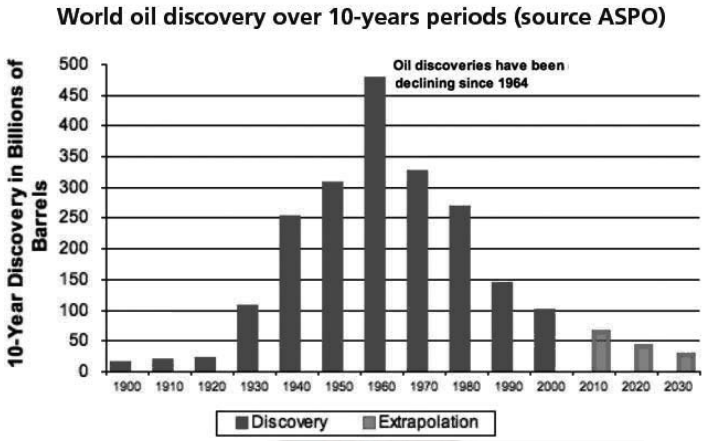
Slika 7. Zemlje koje su dostigle i prošle vrhunac proizvodnje nafte

Godinu dana posle dostizanja vrhunca proizvodnje gde naziv zemlje pokazuje godinu u kojoj je postignut. (Izvor Energy Watch Group, Oil Report 2007.)

Ovo je veoma dobro razumljiv proces jer iskustvo u tome imaju mnoge zemlje koje su prešle svoj nacionalni vrhunac proizvodnje nafte.

Globalni vrhunac proizvodnje nafte

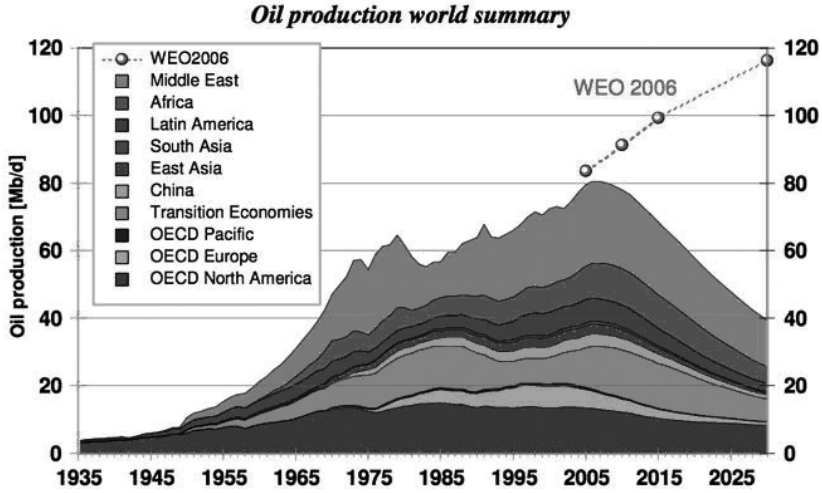
Budući da sve više i više zemalja dostiže sopstveni nacionalni vrhunac proizvodnje nafte, pitanje koje se nameće je kada će doći do svetskog vrhunca proizvodnje nafte, koji se zove *peak oil*. Prognoziranjem nastanka vrhunca proizvodnje nafte bavio se *M. King Hubbert*. Godine 1956, sa uspehom je predvideo da će 1971 nastupiti američki vrhunac proizvodnje nafte. Bazirao je svoj model na novim otkrićima nafte, predviđajući da proizvodnja sledi otkrića po istoj krivi u obliku zvona.



Slika 8. Svetska otkrića nafte u periodima od po 10 godina (izvor ASPO The Oil Drum: Peak Oil Overview - March 2008.)

Nalazišta nafte dostigla su vrhunac šezdesetih što znači da većina nafte koja se crpi danas dolazi iz starih naftnih polja koja su otkrivena pre više decenija. Nekoliko nezavisnih organizacija proučavaju ovu stvar veoma osetljive i političke prirode. 95% predviđanja vide vrhunac proizvodnje između 2008 i 2010. Pa sadašnjem saznanju, sva tečna proizvodnja dostigla je vrhunac u julu 2006.

Ispod je prognoza svetske proizvodnje nafte od strane **Energy Watch Group**. Po njima, vrhunac proizvodnje nafte se već desio 2006 godine. I dodatno tome, posle nekoliko godina ravne proizvodnje, predviđaju da će proizvodnja naglo i strmo opasti.



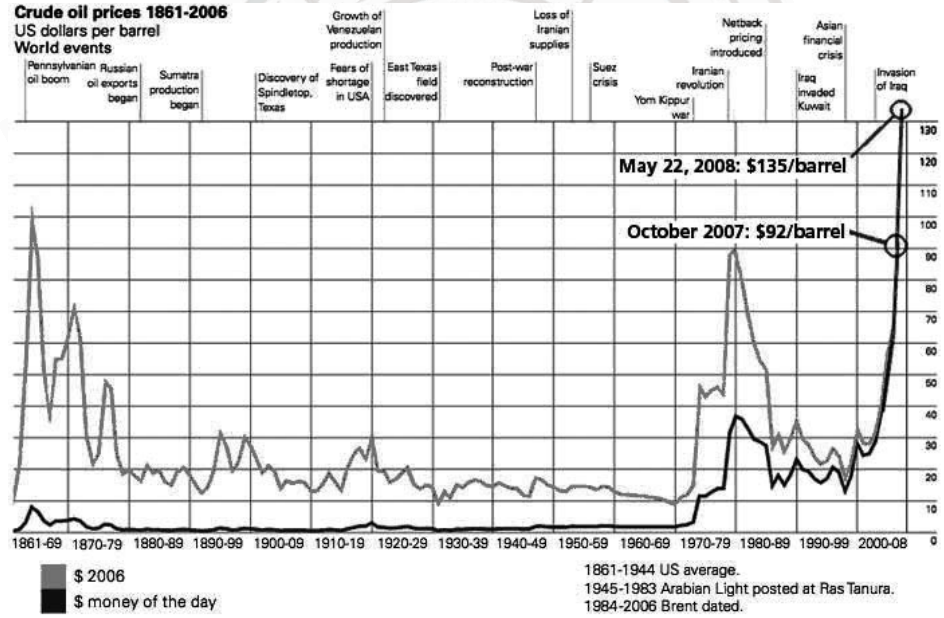
Slika 9. Proizvodnja nafte - svetski pregled i prognoza

Prema studiji organizacije Energy Watch Group, vrhunac proizvodnje nafte se dogodio 2006 godine i sada sledi stalno opadanje proizvodnje. Crvena tačkasta linija pokazuje projekciju iz World Energy Outlook (WEO) objavljene od strane internacionalne Agencije za Energetiku (the International Energy Agency -IEA) koja je totalno van realnosti. (Izvor Energy Watch Group, Oil Report 2007.)

Šta sve ovo znači za vas i za mene?

Raspravljanje o stvarnom datumu vrhunca proizvodnje je, u stvari, irelevantno. Ono što je važno razumeti je **da smo svedoci da je došao kraj jeftine i izobilne energije**. Energija postaje sve skuplja i skuplja zbog smanjenja proizvodnje nafte.

Već vidimo posledice ove krize na **ceni nafte**. Sirova nafta nikada pre nije bila tako skupa. I globalni trend je da ide naviše.



Slika 10. Cene sirove nafte od 1861-2008 (US dolara po barelu) (Izvor BP Global.)

Na individualnom nivou, treba da se pripremamo da smanjimo našu zavisnost od fosilne energije. Na primer, u stambenom sektoru koji nas interesuje u Beogradu, prosto je neodgovorno nastaviti gradnju energetski neefikasnih zgrada koje koriste struju ili prirodni gas za grejanje. Neodgovorno je graditi ovakve zgrade i definitivno nema smisla za ljude da ih kupuju. I još ponajmanje za cenu koja se traži za njih.

Možda će nas nešto spasiti?

Možemo li zameniti naftu sa nekim drugim energetskim gorivom?

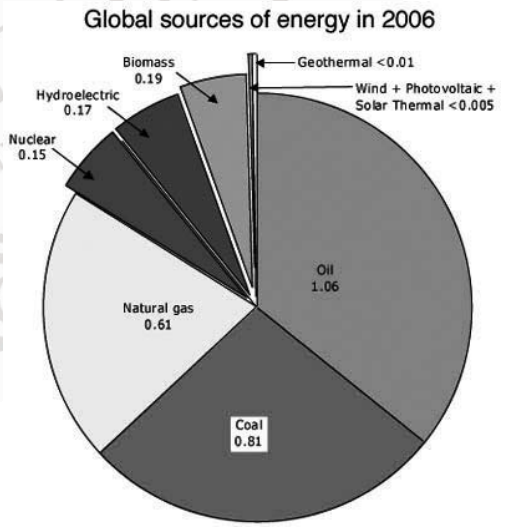
Korišćenje prirodnog gasa je moguće ali može samo pokriti mali deo onoga za šta sve koristimo naftu. Prirodni gas je fosilno gorivo koje sledi naftu u svom opadanju. I dodatno, više pritiska na snadbevanje gasom povećaće njegovu cenu. Prirodni gas će najverovatnije slediti naftu što se tiče povećanja cena.

Veća upotreba uglja je veoma problematična zbog njegovog ogromnog doprinosa globalnom zagrevanju. Sve industrijalizovane zemlje teže ka smanjenju emisije CO2 i ugalj zbog toga nije opcija. Biogoriva takođe nisu rešenje i to je veoma dobro objasnio David Fridley u „*The Myths of Biofuels*" (koji možete besplatno snimiti). Nuklearne elektrane su suštinski problematične i uranijum je takođe resurs koji se prazni. Hidrogen i fuzijska energija su decenijama daleko.

I na kraju, najverovatnije je da ćemo koristiti više prirodnog gasa, više uglja, više nuklearne snage, više biogoriva ali to neće biti dovoljno. **Veoma jednostavna činjenica je da ćemo imati veliki problem i nećemo imati rešenje za njega**. Možemo samo pokušati da ublažimo posledice vrhunca proizvodnje nafte.

Dve najefektivnije mere koje bi mogli preuzeti su **čuvanje energije** i **masovni preokret ka upotrebi obnovljivih izvora energije**. Očuvanje energije je najjeftinija mera. Na primer, povećanjem efikasnosti transporta, boljom organizacijom urbanog razvoja u smislu smanjenja upotrebe automobila ili povećanjem energetske efikasnosti u stambenom sektoru. Samo smanjenje upotrebe automobila bi uštedelo velike količine nafte.

Upotreba obnovljivih izvora energije je pravi put. Ali trebaće decenije da se nafta zameni sa obnovljivim izvorima energije. Graf gore daje informacije koliko energije dobijamo iz fosilnih goriva i kako malo dobijamo iz obnovljivih izvora energije.



Slika 11. Globalni izvori energije u 2006 godini prikazani u kubnim miljama nafte (CMO) (Izvor SRI International.)

Zaključak

Ozbiljnost problema je takva da zahteva dramatične akcije inteligentnih političara da kompletno promene naše trošenje energije i način snabdevanja. Postoje načini da

se ublaži i pripremi za ovaj dolazeći pad u snabdevanju naftom. Najveći problem je što je sve u biti povezano. Nafta se koristi u proizvodnji i transportu hrane, prirodni gas za proizvodnju veštačkih đubriva, biogoriva čine da se proizvodnja goriva nadmeće sa proizvodnjom hrane, transport je neophodan za funkcionisanje najvećeg dela naše ekonomije. Nedostatak i povećanje cene energije će imati duboke posledice.

Ono što nismo pomenuli dosada je da vrhunac proizvodnje nafte je samo jedan simptom ozbiljnijeg oboljenja: neodrživog razvoja koji je doveo do globalnog zagrevanja, masovnog istrebljenja, naglog rasta populacije, krize vode, dezertifikacije, nestanka šuma i zagađenja.

Znači ako gledamo da rešimo ***peak oil***, izgleda da je pravo rešenje u odgovornom i **održivom razvoju**. Uobičajeni način rada više nije opcija. Kao pojedinci činićemo ono što mi možemo, a to je da ćemo nastaviti da radimo na energetskoj efikasnosti i snažno se usmeriti ka upotrebi obnovljivih izvora energije.

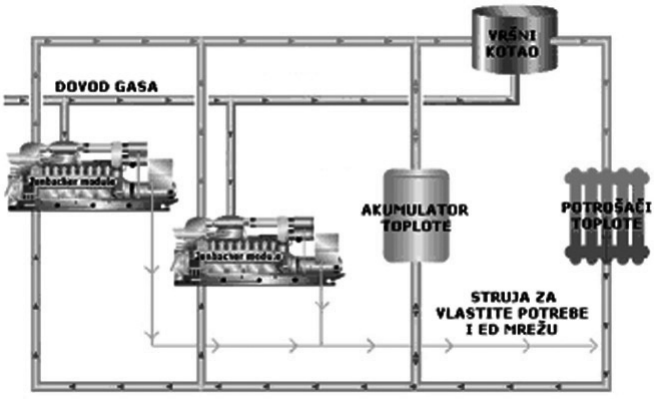
UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM



KOGENERACIJA

Kogeneracija se može definisati kao proces korišćenja primarne energije goriva za proizvodnju dvaju korisnih energetskih oblika: toplotne energije i korisnog rada. Dobijeni korisni rad koristi se najčešće za proizvodnju električne energije, dok se proizvedena toplotna energija koristi u tehnološkim procesima, procesima grejanja ili procesima hlađenja.

Kogeneracija je takođe proizvodnja električne energije iz otpadne toplote bilo kog toplotnog procesa. Proces se odvija s maksimalnom upotrebom hemijske energije goriva, tj. smanjenjem gubitaka, ali je preduslov veliki broj radnih sati tokom godine.



Slika 1. Kogeneracija

PREDNOSTI KOGENERACIJE

Zadovoljenje sve većih energetskih potreba u budućnosti, uz moralan odnos prema životnoj sredini kao i raspolaganje prirodnim resursima s ciljem privrednog razvitka i civilizacijskog napretka, iziskuje gradnju novih energetskih postrojenja uz sve strože zahteve

upravljanja energijom, racionalizaciju investicionih ulaganja i zaštitu okruženja. Tako je pred energetičare postavljen zadatak pronalaženja načina proizvodnje energije uz najvišu moguću energetsku efikasnost, koristeći najbolje raspoložive tehnologije i ekološki prihvatljiva goriva na krajnje racionalan način. Kogeneracioni procesi su upravo takva tehnologija koja zadovoljava sve navedene uslove/zahteve.

Primena kogeneracionih sistema se prvenstveno razmatra zbog njihove visoke energetske efikasnosti i s time povezanim ekološkim i ekonomskim prednostima. Ukupni stepen efikasnosti ovih postrojenja (toplotna efikasnost) u nekim slučajevima iznosi i preko 90 posto, pa se može konstatovati da, u odnosu na tradicionalne sisteme, kogeneracija predstavlja najefikasniji oblik pretvaranja energije, kako s energetske tačke gledišta tako i s aspekta zaštite okruženja. Kogeneracijskom proizvodnjom smanjuje se uticaj na okruženje po svim aspektima, a posebno se smanjuje emisija CO2, SO2 i NOx.

Najznačajnije prednosti kogeneracijske proizvodnje u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u klasičnoj elektrani i toplotne u kotlarnici/toplani ogleda se kroz:

- znatne uštede primarne energije iz čega proizlaze i manji troškovi,
- kvalitetnije snabdevanje električnom energijom i veća pouzdanost, što je izuzetno važno za potrošaće osetljive na prekide snabdevanja,
- smanjenje štetnog uticaja na okruženje, jer iz visoke energetske efikasnosti i manje potrošnje primarnog energenta proizlaze manja emisija štetnih materija, manja količina otpadne toplote i manja emisija buke,
- relativna ulaganja u odnosu na pozitivne karakteristike i isplativost za nekoliko godina,
- kratak rok izgradnje zbog paketne izvedbe agregata i prethodno fabrički sklopljenih elemenata,
- jednostavniji put dobijanja raznih dozvola, naročito u slučaju industrijskih pogona ili nekog javnog objekta.

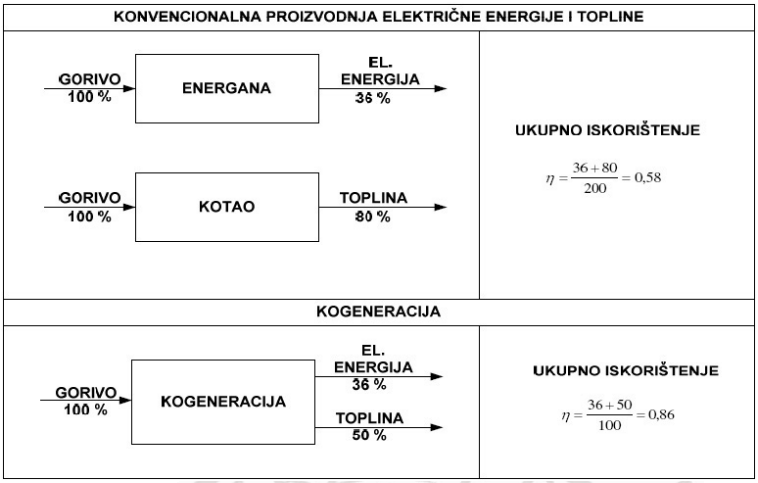
Prednosti kogeneracijskih sistema nad klasičnim sistemima s odvojenim snabdevanjem električnom i toplotnom energijom, vidljive su ako se međusobno uporede gubici koji nastaju pri proizvodnji energije u oba posmatrana sistema. Takvo poređenje kogeneracijske i odvojene proizvodnje energije sa stanovišta stepena iskorišćenja data je na slici 2. Pritom treba istaći da je ovakav stepen iskorišćenja kogeneracijskog postrojenja svojstven režimu rada pri kom se utroši sva toplotna energija proizvedena u sistemu.

Osnovna prednost kogeneracije je povećana efikasnost energenta u odnosu na konvencionalne elektrane koje služe samo za proizvodnju električne energije i industrijske sisteme koji služe samo za proizvodnju pare ili vruće vode za tehničke procese.

Kogeneracije imaju značajnu ulogu kao distribuirani izvor energije zbog pozitivnih učinaka:

- manji gubici u mreži,
- smanjenje zagušenja u prenosu,
- povećanje kvaliteta napona i
- povećanje pouzdanosti snabdevanja električnom energijom.

Uz sve navedeno, smanjen je i štetan uticaj na okruženje.



Slika 2. Poređenje kogeneracijske i konvencionalne proizvodnje energije

Prepreke za kogeneraciju

Premda postoji veliki potencijal za kogeneracijsku proizvodnju, a energetski zakoni su prepoznali kao nacionalni interes, ključne prepreke za kogeneraciju su i dalje prisutne. Najvažnijim preprekama mogu se smatrati:

- Izostanak jasno definisanog i jednostavnog postupka priključenja na mrežu, te građevinsko-tehničke procedure izgradnje kogeneracijskog postrojenja
- Nepovoljan odnos cena električne energije i goriva koji favorizuje korišćenje električne energije
- Nerazumevanje i neprepoznavanje mogućnosti doprinosa kogeneracije smanjenju emisija, u pogledu globalnog bilansa, kao i u zakonskim aktima, zatim potencijalno penaliziranje kogeneracijske proizvodnje zbog povećanja lokalnih emisija
- Nedovoljna zainteresovanost i razumevanje finansijskih institucija za finansiranje projekata energetske efikasnosti uopšteno, kao i same kogeneracije
- Nepostojanje fiskalnih ili drugih podsticajnih mera
- Izostanak specijalističkog obrazovanja i osposobljavanja stručnjaka za usluge konsaltinga u energetskoj efikasnosti, zatim slabo razumevanje primene kogeneracije u pogledu zadovoljavanja korisnih toplotnih potreba
- Informisanje i edukacija potencijalnih korisnika
- Spora dinamika donošenja i implementacija zakona, a posebno nepostojanje specifičnog zakonskog akta za kogeneraciju u kojemu bi se celokupna problematika mogla sistemski definisati

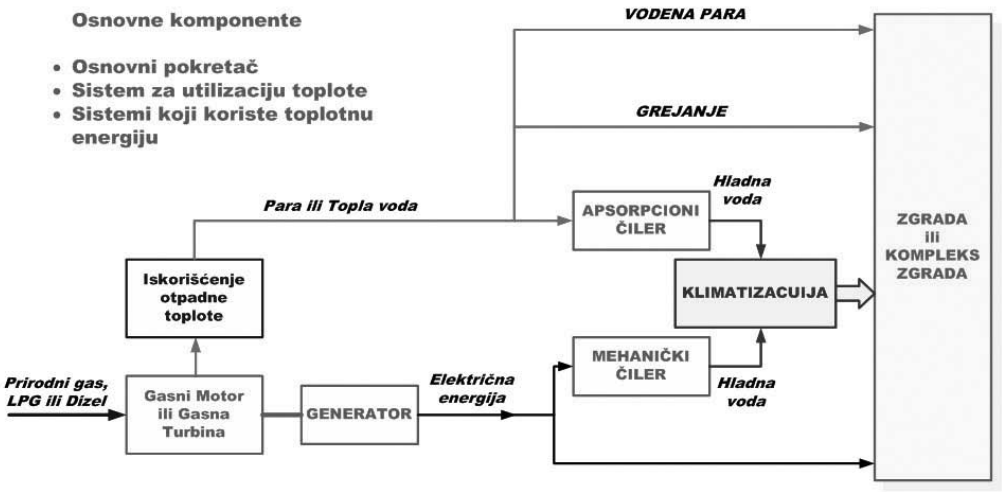
Kogeneracijska postrojenja

Kogeneracijska postrojenja se dele na:

1. Kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage do uključivo 1 MW, priključena na distributivnu mrežu. a) kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage do uključivo 50 kW, tzv. mikro-kogeneracije, b) kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 50 kW do uključivo 1 MW, tzv. male kogeneracije
2. Kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW, priključena na prenosnu ili distributivnu mrežu. a) kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW do uključivo 25 MW, tzv. srednje kogeneracije ,b) kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 25 MW, tzv. velike kogeneracije
3. Individualna kogeneracijska postrojenja koja nisu priključena na prenosnu ili distributivnu mrežu.

Svako kogeneraciono postrojenje sastoji se od četiri grupe osnovnih elemenata. To su:

- Primarni motor, koji može počivati na različitim tehnologijama, kao što su:
    - Kombinovana gasno-parna turbinska postrojenja,
    - Protivpritisna parna turbina,
    - Kondenzaciona parna turbina sa oduzimanjem pare,
    - Gasna turbina sa rekuperacijom toplote,
    - Motor sa unutrašnjim sagorevanjem (Otto ili Diesel),
    - Gasne mikroturbine,
    - Stirlingove mašine,
    - Gorivne ćelije,
    - Parni motori,
    - Organski Rankinovi ciklusi,
    - Bilo koji drugi tip, ili kombinacija raznih tehnologija;
    - Električni generator (sinhroni, retko asinhroni);
    - Sistem za rekuperaciju toplote (kotlovi – utilizatori);
    - Sistem upravljanja.



Slika 3. Konceptualna šema kogeneracijskog postrojenja

Parna turbina pripada grupi toplotnih motora, poput motora sa unutrašnjim sagorevanjem, koji pretvaraju toplotnu energiju u mehanički rad.

Parne turbine se koriste u kombinovanim procesima u različitim kombinacijama, ali po pravilu uz gasnu turbinu i dodatke za dodatno loženje i proizvodnju pare visokog pritiska, a rezultat je veća elektroenergetska karakteristika i veća delotvornost celog postrojenja. Stepen iskorišćenja goriva za proizvodnju električne energije doseže 52 %.

Visok stepen iskorišćenja postrojenja, velika snaga, veliki odnos snage prema masi motora, sigurnost u pogonu, visok stepen automatizacije neki su od razloga zbog kojih parna turbina i danas zauzima vodeće mesto u proizvodnji električne energije.

U konvencionalnim parnim elektranama para visokog pritiska ekspandira u parnoj turbini i kao para niskog pritiska odlazi u kondenzator. Kada se parne turbine koriste kao kogeneracijska tehnologija, para se može koristiti direktno za potrebe procesa u industriji ili se može preko izmenjivača toplote dalje koristiti za grejanje u domaćinstvima.

Kod kogeneracije **gasne turbine** se koriste za područje snage od 1,6 do 10 (MWe). Imaju lošiju elektroenergetsku karakteristiku u odnosu na motore, ali zato imaju bolju toplotnu karakteristiku.

Moguće su mnoge varijante kogeneracijskih postrojenja s gasnim turbinama koje se prilagođavaju raznim energetskim konzumima, kao što su:

- kogeneracijsko postrojenje s gasnom turbinom i apsorpcijskim rashladnim uređajem,
- kogeneracijsko postrojenje s gasnom turbinom i dodatnim loženjem,
- kogeneracijsko postrojenje s gasnom i parnom turbinom (kombinovani proces).

Osnovne karakteristike gasnih turbinskih kogeneracija su sledeće:

- koriste se pri većim snagama; 1,6 do 10 (MW)e,
- imaju nižu elektroenergetsku karakteristiku,
- imaju veću toplotnu karakteristiku u odnosu na motore,
- specifična potrošnja goriva po jedinici energije veća je nego kod motora,
- troši više goriva s regulacijom opterećenja po jedinici energije nego motor,
- snaga uređaja se menja s promenom okolne temperature,
- rade se u paketnoj (kontejnerskoj) izvedbi.

Motori s unutrašnjim sagorevanjem su toplotni motori kod kojih se toplota pretvara u mehanički rad. To se postiže odvijanjem nekog toplotnog procesa unutar nekog mehaničkog sistema.

Motori s unutrašnjim sagorevanjem se u kogeneracijskim postrojenjima mogu koristiti kao:

- gasni motori (Otto),
- dizelski motori,
- gasno-dizelski motori.

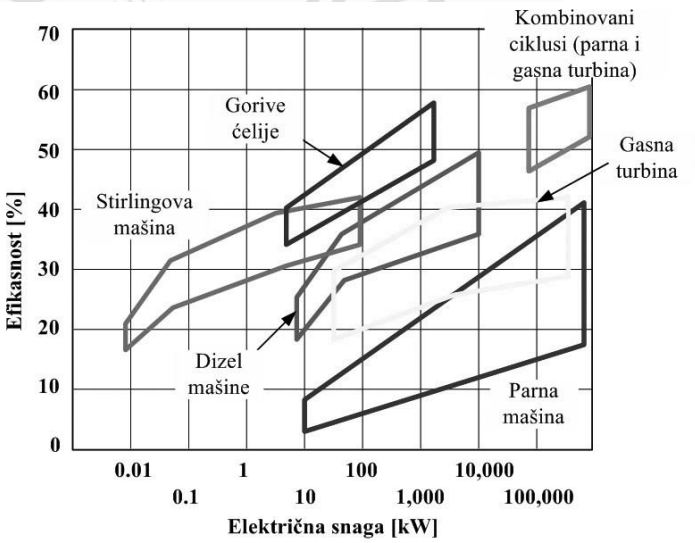
Prema broju obrtaja motori mogu biti:

- sporohodni 80-300 o/min,
- srednjohodni 450-1000 o/min,
- brzohodni 1200-3000 o/min.

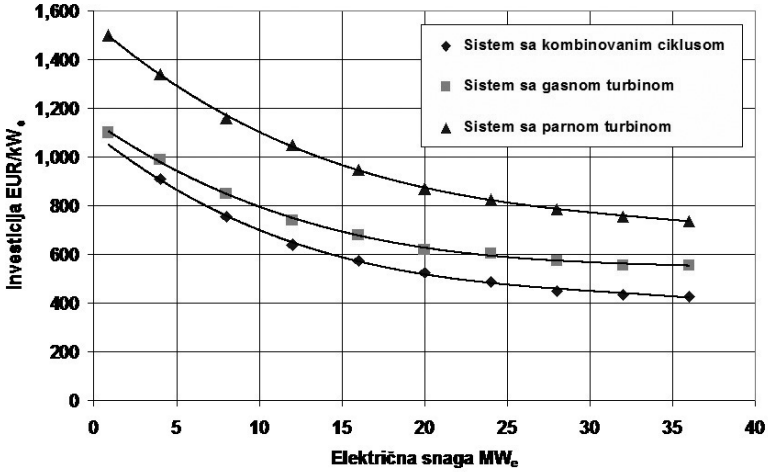
Kod standardnih kogeneracija najviše se koriste brzohodni motori.

Kod dualnog motornog pogona (gas-dizelsko gorivo) osnovno gorivo je gas, a dizelsko gorivo se dodaje u iznosu od 3 do 15 %, što omogućava lakše paljenje jer prirodni gas zahteva višu temperaturu paljenja nego dizelsko gorivo.

Gasni motori su najprihvatljiviji kogeneracijski uređaji sa aspekta gasnih distributivnih mreža, jer ne zahtevaju posebne pritiske gasa u mreži i mogu se snabdevati sa standardnim tokovima distribucije gasa.



Slika 4. Poređenje efikasnosti i snage pojedinih kogeneracijskih tehnologija



Slika 5. Investicioni troškovi različitih sistema u zavisnosti od snage

Područja primene kogeneracionih postrojenja

Prema Direktivi EU (br. 2004/8/ES), postoje sledeće četiri osnovne kategorije primene kogeneracije:

- Mala kogeneraciona postrojenja, koja se uz proizvodnju električne energije obično koriste za grejanje vode i zagrevanje prostora u zgradama. Ona se baziraju na stabilnim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS) sa električnim paljenjem;
- Velika kogeneraciona postrojenja, obično pridružena proizvodnji pare u velikim zgradama, koja se baziraju na SUS motorima sa kompresionim paljenjem, parnim ili gasnim turbinama;
- Veliki kogeneracioni sistemi za daljinsko grejanje („District heating") u okolini termoelektrana ili velikih postrojenja za spaljivanje otpada, sa rekuperatorima, koji snabdevaju toplotom lokalnu mrežu za grejanje;
- Kogeneraciona postrojenja, koja se snabdevaju primarnom energijom iz obnovljivih izvora, malih ili velikih kapaciteta.

Veličina kogeneracionih sistema može varirati u širokom spektru snage od svega nekoliko kW do nekoliko stotina kW, što ih čini prilagodljivima širokom spektru zahteva potrošača. Najprikladniji objekti za primenu kogeneracije su oni kod kojih se toplotna energija troši kontinuirano, duži vremenski period tokom dana, nedelje, odnosno godine. Prikladni su i u slučajevima kada postoje razna otpadna goriva (drvni ostaci, biogas, …), koja se mogu koristiti kao primarni energent.

Najčešću primenu imaju u industriji gde se koriste za proizvodnju pare različitih parametara koja se zatim koristi kao toplota u tehnološkom procesu i u onim industrijama u kojima tokom tehnološkog procesa nastaje otpad koji se može koristiti kao primarno gorivo

Kogeneraciona postrojenja mogu se koristiti i za podmirenje energetskih potreba u poljoprivrednom sektoru. Podrazumeva se potrošnja električne i toplotne energije u raznim tehnološkim procesima prerade i proizvodnje prehrambenih proizvoda kao što je npr. zagrevanje staklenika.

U sektoru opšte potrošnje, prikladni objekti za primenu kogeneracionih postrojenja su oni u kojima se istovremeno koriste različiti oblici energije (električna, toplotna, rashladna) i za koje je kontinuirano snabdevanje energijom od presudnog značaja.

Potrošnja energije za grejanje i kondicioniranje vazduha čini najznačajniji deo toplotne energetske potrošnje. Zavisno od namene objekta i klimatskih uslova, hlađenje može učestvovati s većim udelom u ukupnoj energetskoj potrošnji za grejanje i klimatizaciju. S porastom životnog standarda za očekivati je kontinuiran porast tog segmenta potrošnje. Potrošnju energije, osim za grejanje, čini uglavnom potrošnja električne energije koja se u zgradama koristi za rasvetu, pogon različitih uređaja i instrumenata, elektromotorne pogone, hlađenje, kondicioniranje vazduha i ventilaciju. Potrošnju električne energije možemo raščlaniti na potrebe koje su uslovljene sezonskim promenama (hlađenje i kondicioniranje vazduha) i potrebe koje su kontinuirane tokom godine i nezavisne od sezonskih promena (rasveta, ventilacija, motorni pogon, računarska oprema, liftovi, kuhinja, sanitarni uređaji ...).

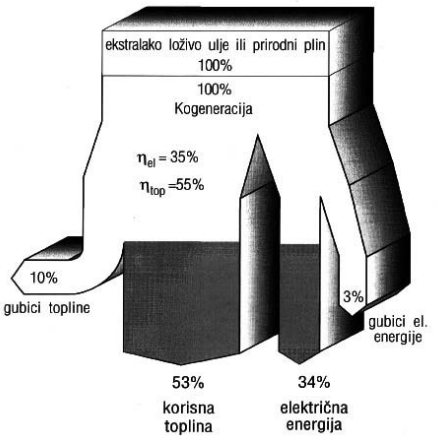
Ekonomičnost kogeneracionih postrojenja

Kogeneracioni procesi se najčešće razmatraju zbog svoje visoke energetske efikasnosti i zbog smanjenog štetnog uticaja na okruženje u odnosu na konvencionalne sisteme. Zbog relativno smanjene potrošnje goriva, smanjuje se cena proizvodnje energije, što ukazuje na opravdano korišćenje takvih procesa u upravljanju energijom. Ukoliko se iz proizvedene toplotne energije realizuje i proizvodnja rashladne energije, ekonomičnost kogeneracionog postrojenja postaje još veća.

Kogeneracioni proces je najefikasniji kada pokriva osnovno toplotno i električno opterećenje i ostvaruje što veći broj sati rada godišnje.

Ulaganja u sisteme kogeneracije uključuju cenu kogeneracionog postrojenja, električnu opremu potrebnu za priključak na mrežu, prilagođenje postojećeg sistema i potrošača toplotne energije, sistem za hlađenje i ventilaciju pogonskog agregata, sistem za korišćenje ispusnih gasova i ostale troškove instalacije i montaže koji podrazumevaju inženjering i finansijske usluge. Na isplativost kogeneracionog postrojenja najviše će uticati trošak primarnog energenta, odnodno goriva, i cena električne energije. Troškovi goriva direktno zavise od vrste korišćenog goriva i karakteristikama pogonskog agregata, stoga predstavljaju najznačajnije pogonske troškove koji mogu dostići i do 80 % ukupnih troškova.

Instaliranje kogeneracionih postrojenja ima smisla i ekonomično je samo u slučaju kada postoji potrošnja sveukupne proizvedene toplote iz spregnutog procesa. Stoga primenu kogeneracionih postrojenja treba vezivati uz koncepte primene odvedene toplote, odnosno procesa gde se odvedena toplota koristi ili za proizvodnju pare ili vruće vode (grejanje zatvorenih bazena, sportskih centara, bolnica, škola, stambenih naselja, zgrada, itd.) ili za proizvodnju ohlađene vode za procese hlađenja pomoću apsorpcionih hladnjaka ili za proizvodnju pare i toplote neophodne za tehnološke procese u procesu sušenja (sušenje građevinskog materijala, bilja, …).



Slika 6. Kogeneracijski proces proizvodnje energije

Analiza ekonomičnosti kogeneracionog postrojenja počinje poređenjem ekonomičnosti proizvodnje toplotne i električne energije u kogeneracionom postrojenju s direktnom proizvodnjom toplotne energije u sopstvenoj kotlarnici i nabavkom električne energije iz centralizovanog elektroenergetskog sistema. Analizu potencijala za primenu kogeneracionih sistema treba usmeriti na ekonomičnost pogona i u svakom pojedinačnom slučaju dokazati da takvo postrojenje radi ekonomično, tj. korisniku stvara manje troškove nego uobičajeno odvojeno snabdevanje električnom energijom i toplotom. Takođe, pri dimenzionisanju kogeneracionog postrojenja teži se da se s minimumom instalirane snage postigne maksimum koristi.

Isplativost izgradnje kogeneracionog postrojenja

Model proračuna i odnos ključnih veličina za utvrđivanje isplativosti izgradnje kogeneracijskog postrojenja:

$$PP = INV/H*ITP$$

gde je:

PP – period povrata (god.)

INV – ulaganja (din.)

H – ekvivalentni sati maksimalnog opterećenja (h)

ITP – izbegnuti troškovi (ostvarene uštede) (din/h)

Iz ove formule za period povrata uloženog novca vidimo da profitabilnost kogeneracijskog postrojenja zavisi od tri faktora, a to su: potrebna ulaganja, korišćenje postrojenja i ostvarena ušteda.

$$ITP = P * [ITE – (Gkog - Gkkt * (\eta t/\eta ref)/\eta e) – TO]$$

gde je:

P- električna snaga kogeneracija (kWe)

ITE – prosečna cena izbegnutih troškova električne energije (din/kWhe)

Gkog – trošak goriva za kogeneraciju (din/kWhe)

Gkkt – izbegnuti trošak goriva kotlarnice (din/kWhe)

ηt – termička efikasnost kogeneracije

ηref - termička efikasnost referentne kotlarnice

ηe – električna efikasnost kogeneracije

TO – troškovi održavanja postrojenja (din/kWhe)

Troškovi i godišnja ušteda procesom kogeneracije

Proračun uštede bazira se na razlici godišnjih troškova odvojene proizvodnje i troškova kogeneracionog postrojenja.

Troškovi pogona zavise od energetskih potreba na lokaciji, mehaničkom i električnom sistemu, cenama prodaje i kupovine električne energije, troškovima goriva, prostora, osoblja, porezima i ostalim pogonskim zahtevima.

Kogeneracijski procesi, zbog postignutog visokog nivoa energetske efikasnosti, za privredu znače smanjenje cena proizvoda i usluga, odnosno veću konkurentnost na domaćem i stranom tržištu. Ekonomska izvodljivost, odnosno isplativost izgradnje kogeneracijskog postrojenja utvrđuje se na osnovu poređenja proizvodne cene energije u kogeneracijskom postrojenju i proizvodne cene energije u konvencionalnom postrojenju.

Ulaganja u sisteme kogeneracije uključuju cenu kogeneracijskog postrojenja, električnu opremu potrebnu za priključak na mrežu, prilagođenje postojećeg sistema i potrošača toplotne energije, sistem za hlađenje i ventilaciju pogonskog agregata, sistem za korišćenje ispusnih gasova i ostale troškove instalacije i montaže koji podrazumevaju inženjering, pravne i finansijske usluge.

Na isplativost kogeneracijskog postrojenja najviše će uticati trošak primarnog energenta (goriva) i cena električne energije. Nije presudna cena električne energije isporučene u sistem budući da male i industrijske kogeneracije prvenstveno podmiruju vlastite energetske potrebe, a isporučuju eventualno proizvedeni višak. Izrazito nepovoljan uticaj imaće cena električne energije koju proizvađač u kogeneraciji mora kupovati od elektrosistema tokom vršnih opterećenja, zastoja ili remonta.

Troškovi goriva direktno zavise od vrste korišćenog goriva i karakteristika pogonskog agregata. Predstavljaju najznačajnije pogonske troškove koji mogu dostićii 80%

ukupnih troškova. Korišćenje prirodnog gasa može značajno racionalisati troškove goriva i troškove koji se odnose na ekološke takse budući da su emisije štetnih materija daleko manje nego kod drugih fosilnih goriva.

Godišnja ušteda ostvarena kogeneracijom može se izračunati formulom:

$$U = T_{op} - T_{ko}$$

gde je:

U – godišnja ušteda ostvarena kogeneracijom (din/god.)

Top – troškovi odvojene proizvodnje (kotlarnice i ostalo, kupovina el. energije) (din/god.)

Tko – troškovi proizvodnje kogeneracijom (din/god.)

Troškovi kogeneracijskog postrojenja sastoje se iz sledećih troškova:

$$T_{ko} = T_{gk} + T_{ok}$$

gde su:

T_{gk} – troškovi goriva utrošenog za rad kogeneracijskog postrojenja (din/god.)

T_{ok} – troškovi održavanja kogeneracijskog postrojenja (din/god.)

Troškovi goriva za rad kogeneracijskog postrojenja mogu se izračunati:

$$T_{gk} = E_e \cdot g_e \cdot c_g$$

gde je:

E_e – poznata proizvedena električna energija ((kWh)e/god.)

g_e – poznata specifična potrošnja goriva (m3/(kWh)e)

c_g – poznata jedinična cena goriva (din/m3)

Troškovi održavanja kogeneracijskog postrojenja mogu se izračunati:

$$T_{ok} = E_e \cdot k\ k_D$$

gde je:

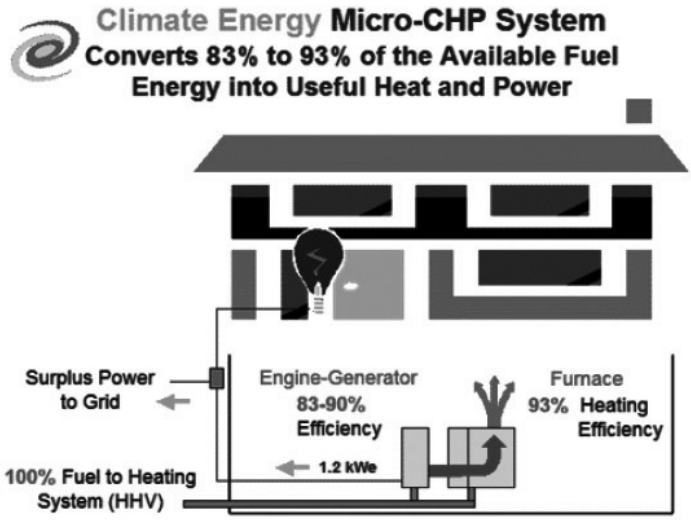
E_e – poznata proizvedena električna energija ((kWh)e/god.)

k – cena održavanja; po američkom iskustvu iznosi k = 0,0167 ($/(kWh)e)

k_D – kurs dolara

Mikrokogeneracija

Mikrokogeneraciono postrojenje je kogeneracijsko postrojenje priključeno na distributivnu mrežu instalirane električne snage do 1 MW, te snage do 50 kW. Mikrokogeneraciona postrojenja najčešće se nalaze u neposrednoj blizini potrošača i predstavljaju povoljan način zadovoljenja potreba za električnom i toplotnom energijom.



Slika 7. Mikrokogeneracija

Strategije upravljanja mikrokogeneracionim postrojenjem

Mikrokogeneracionim postrojenjem može se upravljati na više načina. Da bi se dobili optimalni rezultati upotrebe postrojenja, odnosno da bi se maksimizirale uštede energije i novca, potrebno je razmotriti i uporediti osnovne strategije upravljanja mikrokogeneracionog postrojenja. Osnovne strategije su:

- **Pokrivanje toplotnog opterećenja**. U ovom slučaju instalirano postrojenje daje upravo onoliko toplote koliko je potrebno za zadovoljavanje ukupne toplotne potrošnje objekta. Na neki način kogeneracijska jedinica „prati" toplotno opterećenje. Pritom se eventualni višak proizvedene električne energije isporučuje u mrežu, dok se eventualni manjak električne energije uzima iz mreže. Strategija pokrivanja toplotnog opterećenja daje najbolji odnos troškova i ušteda energije i na osnovu toga najbolje finansijske performanse.
- **Pokrivanje potrošnje električne energije**. Proizvedena električna energija u svakom trenutku odgovara potrošnji električne energije objekta kojem postrojenje služi kao izvor energije. Ukoliko je toplota proizvedena u kogeneraciji manja od toplotnog opterećenja, manjak toplote se nadoknađuje klasičnim kotlom, dok se u slučaju viška proizvedene toplote ona ispušta u okruženje.
- **Mešovito pokrivanje opterećenja**. Kod mešovitog pokrivanja postrojenje jedan period vremena pokriva toplotno opterećenje, dok neki drugi period vremena pokriva električnu potrošnju objekta. Da li će postrojenje raditi na jedan ili drugi način zavisi pre svega od ekonomičnosti rada postrojenja na pojedini način.

- **Paralelni pogon.** U svakom trenutku vremena kogeneraciono postrojenje pokriva i ukupno toplotno opterećenje i ukupnu potrošnju električne energije objekta. Ovaj način rada zahteva dimenzionisanje postrojenja na način da u svakom trenutku postoji dovoljno rezerve električnog i toplotnog kapaciteta za slučaj vršnog opterećenja.

Zadatak projektanta mikrokogeneracionog postrojenja je da s jedne strane zadovolji toplotne potrebe objekta, a s druge strane da dimenzioniše i optimizuje sve delove postrojenja da bi ono radilo u prihvatljivom tehničkom i ekonomskom režimu. Sa stanovišta povoljnog režima rada postrojenja nije povoljno kada ono radi u režimu čestog variranja snage ili prečestog uključivanja i isključivanja.

Proračun objekta

Pre odluke o primeni kogeneracijskog sistema potrebno je izvršiti temeljnu analizu potrošnje proizvedenih oblika energije tokom godine kako ne bi došla u pitanje ekonomska isplativost.

Izborom električne ili toplotne energije kao polazišta za dimenzionisanje sistema, izbor kogeneracijskog procesa može se usmeriti na sistem s povećanim korišćenjem električne ili toplotne energije. No, ključni kriterijum mora biti u svakom slučaju korisna potrošnja dobijene toplotne energije.

Vrsta i zahtevani parametri toplotne energije potrošača važni su činioci pri izboru tipa kogeneracijskog procesa. Potrebno je odrediti godišnji nivo potrebne energije, snagu i vreme trajanja tokom godine (engl. *load factor*). Kogeneracijski proces je najefikasniji kada pokriva osnovno toplotno i električno opterećenje i ostvaruje što veći broj sati rada godišnje.

Satno toplotno opterećenje objekta

Toplotno i električno opterećenje objekta su funkcije vremena. Svaki oblik energetske potrošnje, bio on potrošnja energije za grejanje, zagrevanje sanitarne tople vode ili električne energije, ima svoj dnevni, mesečni i godišnji satni profil. U svrhu pravilnog odabira veličine mikrokogeneracijskog postrojenja kao i pravilnog određivanja ekonomskih i tehničkih pokazatelja potrebno je pre svega odrediti krivulju toplotnog opterećenja objekta tokom godine. Da bi se što preciznije odredio dijagram toplotnog opterećenja objekta potrebno je pre toga imati iznose satnih godišnjih temperatura okoline. Pod temperaturama okoline smatraju se temperature izmerene negde na području grada u kom se nalazi objekt kome je potrebna mikrokogeneracija. To su dakle temperature za svaki sat tokom svih dana u periodu od godine dana, ukupno 8760 vrednosti. Iz tih temperatura dobija se dijagram temperature okoline tokom perioda od godine dana.

Velike varijacije temperatura i analogno tome varijacije toplotnog opterećenja bilo kroz godinu, bilo tokom dana, nepovoljno se odražavaju na optimalan rad postrojenja. Najpovoljniji slučaj režima rada bio bi ujednačen režim rada s malim oscilacijama opterećenja.

Osim potrebne toplote za grejanje, posmatrani objekt ima i potrebu za sanitarnom toplom vodom. To znači da se toplota potrebna za zagrevanje sanitarne tople vode mora pridodati toploti potrebnoj za grejanje zgrade da bi se dobilo ukupno satno toplotno opterećenje. Pretpostavljeni satni dijagram potrošnje tople vode ne razlikuje se po mesecima niti po godišnjim dobima. Jedinu razliku od dana do dana treba uvažiti pri određivanju satne potrošnje tokom dana u nedelji i dana tokom vikenda. Vikendom je potrošnja tople vode nešto veća i intenzivnija. Uzrok tome treba tražiti u činjenici da stanari zgrade za vikende ne odlaze na posao i u školu već se duže zadržavaju kod kuće.

Satno toplotno opterećenje za zagrevanje potrošne tople vode moguće je dobiti iz izraza:

$$Q_{VT} = m^* c_w^* \rho^* \Delta T$$

gde je:

m – protok potrošne tople vode tokom posmatranog sata

c_w – specifična toplota vode

ρ – gustina vode

ΔT – razlika temperature na ulazu u rezervoar tople vode i izlazu iz njega.

Ukupno satno toplotno opterećenje objekta dobija se sabiranjem dijagrama satnog toplotnog opterećenja za grejanje i potrošnu toplu vodu.

U svrhu određivanja veličine odnosno učinka mikrokogeneracionog postrojenja potrebno je izraditi krivulju trajanja opterećenja, takozvanu LDC krivulju (engl. *Load Duration Curve*). LDC krivulja prikazuje broj sati tokom posmatranog perioda pri kojima toplotno opterećenje nadmašuje određeni nivo. Pri konstrukciji LDC krivulje na X-osu se nanosi broj sati, dok se na Y-osu nanose iznos opterećenja za pojedini broj sati u postotcima od maksimalnog toplotnog opterećenja.

Krivulja trajanja opterećenja daje informaciju o baznim toplotnim opterećenjima kao i o trajanju vršnih opterećenja. Iz dobijene krivulje trajanja opterećenja preliminarno se može odrediti snaga odnosno učinak mikrokogeneracionog postrojenja.

Postupak proračuna potrebne toplote odnosno toplotnih gubitaka u prostoriji normiran je standardom. Ovde će biti dat proračun prema standardu DIN 4701-1983. Po navedenom standardu ukupna potrebna toplota Q_{potr} (standardna potrebna toplota) sastoji se iz dva dela: 1.) Transmisionih gubitaka Q_T – gubici toplote kroz obuhvatne površine zidova, prozora odnosno vrata 2.) Dodatka za infiltraciju vazduha Q_V – ventilacioni gubici

Potrebna toplota za grejanje dobija se prema jednačini:

$$Q_T = k * A\ (\theta_1 - \theta_2)$$

gde je:

A – površina građevinskih elemenata

k – koeficijent prolaza toplote

θ_1 – unutrašnja temperatura

θ_2 – spoljašnja temperatura

Maksimalna potreba za toplotom dobija se prema Sanderu sledećim izrazom:

$$Q_{VT} = 10 * \varphi * n$$

gde je:

φ – faktor istovremenosti

n – broj stanova, tj. veličina prostora

Proizvodnja električne energije

U kogeneracionoj tehnici za proizvodnju električne energije koriste se dva tipa generatora:

- sinhroni generator
- asinhroni generator

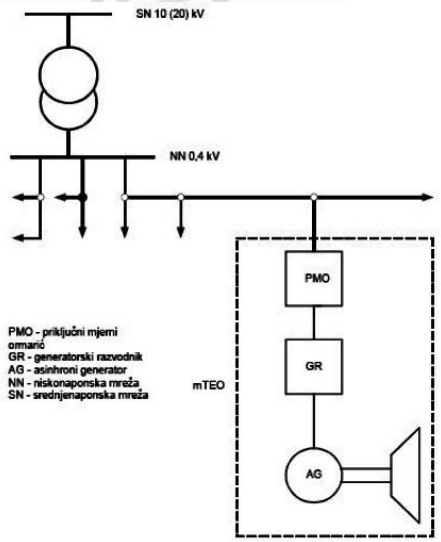
Ti uređaji mogu da rade:

- paralelno s elektroenergetskim sistemom
- izdvojeno
- izdvojeno ili paralelno s elektroenergetskim sistemom

Prema elektroenergetskoj snazi kogeneratora i uz uvažavanje karakteristika elektroenergetske mreže određuje se i način priključenja kogeneracionog postrojenja na mrežu. Na osnovu toga postrojenja možemo podeliti na:

- jedinice do 100 kVa
- jedinice od 100 kVa do 5000 kVA

Za kogeneraciona postrojenja snaga manjih od 100 kVA po pravilu se koriste asinhroni generatori.



Slika 8. Šema priključenja kogeneratora na niskonaponsku mrežu

Potrošnja električne energije

Kao i toplotno opterećenje, električna potrošnja zgrade je funkcija vremena. Satni profil potrošnje električne energije tokom perioda od godinu dana lakše je odrediti u poređenju s određivanjem toplotnog opterećenja. Potrošnja električne energije je tokom godine uglavnom uniformna jer ne zavisi od temperaturnih oscilacija. To važi u slučaju da objekt ne troši električnu energiju za grejanje već **samo za rasvetu i pogon** raznih aparata za domaćinstvo. Razlike u satnom profilu potrošnje električne energije domaćinstava svode se na razlike u dnevnim profilima između dana u nedelji i vikenda.

Takođe, postoje određene varijacije u profilu potrošnje između godišnjih doba, međutim one su obično dovoljno male da bi se mogle zanemariti. Profil potrošnje je univerzalan jer sadrži jedinične vrednosti, odnosno odnos trenutne satne snage i vršne snage koju objekt potražuje tokom svakog sata u nedelji.

Proračun godišnjeg viška odnosno manjka električne energije

Determinisanjem dijagrama satnog toplotnog opterećenja objekta tokom perioda od godinu dana i dimenzionisanjem postrojenja omogućeno je određivanje režima rada mikrokogeneracionog postrojenja. Iz režima rada postrojenja to jest iz informacije o toplotnoj snazi koju postrojenje postiže tokom pojedinog sata može se odrediti količina isporučene toplotne energije tokom dotičnog sata:

$$Q_t = \int_t^{t+1} P_t dt$$

gde je:

P_t - snaga kojom postrojenje radi tokom pojedinog sata

t - period od sat vremena

Sabiranjem proizvodnje električne energije u svakom satu kroz period od godinu dana dobijamo iznos ukupno proizvedene električne energije u navedenom periodu:

$$Q_{e.uk.proizvedeno} = \Sigma\, Q_{e.proizvedeno}$$

Da bi se odredio višak odnosno manjak električne energije u pojedinom satu potrebno je dakako poznavati i satnu potrošnju:

$$Q_{e.potrošeno} = \int_t^{t+1} P_{e.potrošeno} dt$$

Ukoliko je u pojedinom satu proizvedeno više energije nego što je potrošeno, višak energije koji će se isporučiti u mrežu iznosi:

$$Q_{e.višak} = Q_{e.proizvedeno} - Q_{e.potrošeno}$$

Ukoliko je pak u pojedinom satu proizvedeno manje energije nego što je potrošeno, manjak energije koji će se uzeti iz mreže iznosi:

$$Q_{e.manjak} = Q_{e.proizvedeno} - Q_{e.potrošeno}$$

Ukupna potrošnja električne energije kroz period od godine dana iznosi:

$$Q_{e.uk.potrošeno} = \Sigma\, Q_{e.potrošeno}$$

Ukupni višak, odnosno manjak električne energije kroz period od godinu dana iznosi:

$$Q_{e.uk.višak} = \Sigma\, Q_{e.višak}$$

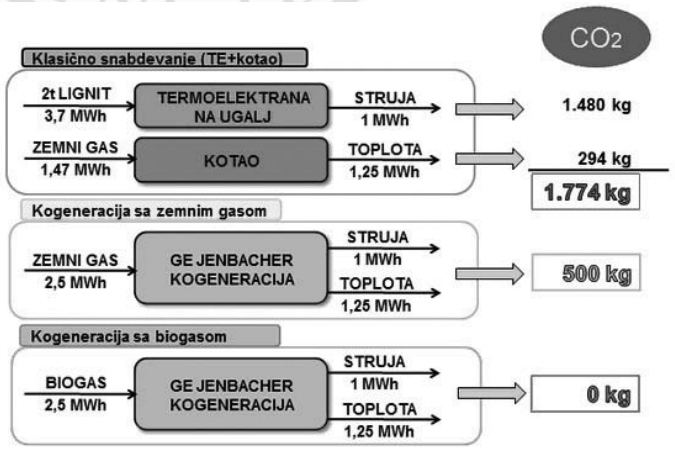
$$Q_{e.uk.manjak} = \Sigma\, Q_{e.manjak}$$

Uticaji na okruženje

Na osnovu energetskog bilansa postrojenja može se proceniti uticaj razmatranog kogeneracionog postrojenja na okruženje. Analiza uticaja kogeneracionog postrojenja na okruženje mora se izvršiti na globalnom i lokalnom nivou s obzirom da se prednosti kogeneracije, zbog lociranosti svih procesa na jednom mestu, mogu uočiti samo na globalnom nivou.

Kogeneraciona proizvodnja ima manju ukupnu emisiju od konvencionalne proizvodnje, ali je povećan lokalni uticaj. Do toga dolazi zbog činjenice da je primenom kogeneracije, osim proizvodnje toplotne energije, na lokaciju prenesena celokupna proizvodnja električne energije koja se inače obavlja na nekoj udaljenoj lokaciji. Uz to, električna energija se proizvodi ne samo za potrebe u objektu, već se značajna količina predaje u javnu elektroenergetsku mrežu, te je koriste ostali potrošači na razmatranom lokalitetu. Dakle, na globalnom nivou primena kogeneracionog procesa zbog svoje visoke efikasnosti nosi i značajne ekološke prednosti.

Budući da je dokazano da procesi proizvodnje i potrošnje energije najviše zagađuju okruženje, pred energetičare je postavljen zadatak iznalaženja mogućnosti proizvodnje energije uz najvišu moguću energetsku efikasnost, koristeći pri tome ekološki prihvatljiva goriva na krajnje racionalan način, kako bi se štetni uticaji na okruženje sveli na minimum.



Slika 9. Efekti kogeneracije

Smanjenja emisije zagađivača moguća su daljim povišenjem stepena korisnosti termoelektrana ili zamenom goriva, ali su za to ograničene mogućnosti postojeće tehnologije, a promena goriva ograničena je strukturom resursa u kojoj dominira ugalj, te se za dalje povišenje stepena iskorišćenja energije goriva računa na spregnutu proizvodnju toplote i električne energije i na kombinovane gasne i parne cikluse. Tako, kogeneracija može doprineti zaštiti životne sredine posredno, postizanjem ušteda u emisijama zagađivača i gasova sa efektom staklene bašte. Izbegnuta emisija CO_2 ima i svoju tržišnu vrednost. Prema usvojenoj šemi trgovine emisijama u Evropskoj Uniji, tržišna vrednost emisija se kretala od 5 do 30 € po toni izbegnute emisije CO_2. Imajući u vidu moguće finansijske efekte ostvarene izbegavanjem emisija CO_2 moguće je utvrditi vrednost koja bi bila ostvarena povećanjem energetske efikasnosti primenom kogeneracije.

Tabela – Emisije iz termoelektrana u Srbiji (g/kWh)

Termoelektrana	CO2	NOx	SO2	Čestice
TE Nikola Tesla A	1194	2,0	10,5	4,0
TE Nikola Tesla B	1170	2,1	9,9	0,2
TE Kolubara A	1510	3,3	18,0	13,3
TE Morava	1072	1,9	13,8	3,6
TE Kostolac A	1274	1,3	30,2	9,1
TE Kostolac B	984	1,9	39,8	1,8

Na primer, rekonstrukcijom blokova termoelektrane „Nikola Tesla A" u kogeneracione, iz kojih bi, uz Obrenovac, bila isporučivana bazna toplotna energija i za grejanje Beograda, dodatne ekonomske efekte bilo bi moguće iskazati preko ekvivalentnog povećanja stepena iskorišćenja lignita ili preko izbegnute potrošnje prirodnog gasa. U prvom slučaju bi specifična emisija CO_2 iz termoelektrane „Nikola Tesla A" prikazana u tabeli bila efektivno smanjena sa 1 194 na 889 g/kWh, ali je ispravnije uštedu iskazati u stvarno izbegnutoj potrošnji gasa za proizvodnju ekvivalentne količine bazne toplotne energije u kotlovima na gas u Beogradu. Naime izbegnuta potrošnja gasa pri punom opterećenju kotlarnica za proizvodnju iste količine (2,24 TWh godišnje) toplotne energije je oko 241,9 miliona Nm^3 godišnje, iz čega proizilazi da bi godišnje bila izbegnuta emisija 422 853 tone CO_2, 20,803 tona CH_4 i 0,656 tona N_2O. Iskazana u ekvivalentnoj emisiji CO_2, izračunatoj uvažavajući relativne potencijale globalnog otopljavanja CH_4 (21) i N_2O (310), izbegnuta emisija iznosi 423 493 tone CO_{2ekv}, što znači da bi tržišna vrednost izbegnutih emisija ostvarena primenom kogeneracije u termoelektrani „Nikola Tesla A" u značajnoj meri ublažila ekonomski rizik ovog projekta zbog gubitka proizvodnje električne energije i relativno skupog sistema za transport toplote, koji (rizik) i inače postaje sve manji zbog tedencije porasta cene prirodnog gasa.

Kogeneracija u Srbiji

Danas su u Srbiji zastupljena dva tipa praktične realizacije kogeneracionih postrojenja. To su elektroprivredna i industrijska kogeneracija. Treći tip tih kogeneracionih postrojenja, koja su vezana za rejonske toplane daljinskog grejanja su u planu, a jedino postrojenje iz te klase, TO Beograd, izgrađeno još 1965. godine je zbog neekonomičnosti napušteno i nalazi se u fazi gašenja. Četvrti tip su mala kućna kogeneraciona postrojenja, čija je primena stvar budućnosti.

Osnovne karakteristike pojedinih od pomenutih tipova kogeneracije su sledeće:

- U elektroprivrednoj kogeneraciji, primarna je proizvodnja električne, a dopunska (ili sekundarna) proizvodnja toplotne energije u svrhu grejanja i/ili zadovoljenja potreba industrije.
- U industrijskoj kogeneraciji se ima obrnut slučaj: Primarna je proizvodnja toplotne energije, neophodna za industrijski proces, a dopunska proizvodnja električne energije, koja se troši u dotičnoj industriji, dok se viškovi mogu prodavati drugim korisnicima ili elektroprivredi.
- Slično kao u industrijskoj kogeneraciji, u kogeneraciji rejonskih toplana, primarna je proizvodnja toplotne energije za daljinsko grejanje, dok se proizvedena električna energija najčešće isporučuje teritorijalno nadležnoj distribuciji.
- Kućna kogeneracija počiva na primeni malih postrojenja (od nekoliko kW do nekoliko desetina kW) za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije za potrebe domaćinstava i drugih malih potrošača (trgovine, škole, zdravstvene ustanove, sportskorekreativni centri, itd.) na bazi prirodnog gasa, kao primarnog energenta. Električni generatori ovakvih postrojenja obično su paralelno vezani na distributivnu mrežu niskog napona, sa kojom mogu imati ugovore za kupovinu i prodaju električne energije.

Elektroprivredna kogeneracija - Izuzev u TE „Nikola Tesla" B, TE „Morava" i TE „Kostolac" B, kogeneracija je prisutna u svim ostalim termoelektranama u Srbiji (TE „Nikola Tesla" A, TE „Kostolac" A, TE „Kolubara" A, TE-TO „Novi Sad", TE-TO „Zrenjanin" i TE-TO „Sremska Mitrovica"). Stanje kogeneracionih kapaciteta u tim objektima, krajem 2007. godine bilo je sledeće:

- TE „Nikola Tesla" A, od ukupno šest agregata ima u kogeneraciji agregate A1 i A2, nazivne snage na pragu od 2x191 MW_e, čija je ukupna toplotna snaga 197,6 MW_t, a godišnja proizvodnja toplote (u periodu 2006-2008. godine) oko 225-250 GWh_t, koja se uglavnom koristi za grejanje Obrenovca i okoline. Ukupna snaga toplotnog konzuma je oko 91 MW_t. Pored toga, blokovi A5 i A6, ukupne električne snage od 2x280 MW_e snabdevaju tehnološkom parom industrijski pogon „Uljarice" u Obrenovcu, od oko 10 000-13 000 t godišnje.
- TE „Kolubara" je rekonstrukcijom takođe dodatno osposobljena za proizvodnju toplotne energije za grejanje stambenog naselja u Velikim Crljenima od oko 7 500 MWh_t godišnje i isporuku tehnološke pare preduzeću „Univerzal" iz Velikih

Crljena od oko 20 000 t godišnje. Toplota se oduzima sa turbina agregata A1, A2 i A4, čija je ukupna električna snaga na pragu 87 MW_e.

- TE „Kostolac" A, ukupne električne snage od 90+191=281 MW_e na pragu ima osposobljena oba bloka (A1 i A2) za proizvodnju toplote za grejanje Požarevca, Drmna, Starog Kostolca i Kostolca sa godišnjom isporukom toplote od oko 200 GWh_t.
- TE-TO „Panonske elektrane" u Novom Sadu, ukupne električne snage dva bloka od 108+100= 208 MW_e, namenski je građena za kombinovanu proizvodnju električne energije, toplote za grejanje i tehnološke pare. Ukupna toplotna snaga joj je 332 MW_t, a proizvodi toplotnu energiju između 125 i 220 MWh_t godišnje.
- TE-TO „Zrenjanin", u koju je ugrađen jedan agregat, snage od 100 MW_e na pragu, namenski je građena kao kogeneraciono postrojenje, sa termičkom snagom od 310 MW_t (uz pomoćni pogon od 200 MW_t) sa ukupnom godišnjom proizvodnjom toplote za grejanje od oko 100 GWh_t i tehnološke pare od oko 25 000 t.
- Energana „Sremska Mitrovica" ima ugrađena tri agregata, ukupne električne snage na pragu od 28 MW_e i projektovane termičke snage za grejanje od 40 MW_t i tehnološke pare 200 t/h, sa godišnjom proizvodnjom od 30-35 GWh_t termičke energije za grejanje i oko 110 000 t tehnološke pare.

Kogeneracija u rejonskim toplanama za centralizovano daljinsko grejanje - Ovo je potpuno zanemareno polje za primenu kogeneracije, jer trenutno (posle gašenja TE-TO Novi Beograd), ne postoji ni jedna toplana daljinskog grejanja u Srbiji, u kojoj se koristi mogućnost za spregnutu proizvodnju toplotne i električne energije, uprkos potencijalu koje one nesumnjivo poseduju. Naime, centralizovano snabdevanje toplotnom energijom ostvareno je u svim većim gradovima u Srbiji, ali bez kogeneracije, osim u nekim slučajevima kada se to snabdevanje vrši iz industrijskih kotlarnica. Naročito povoljne okolnosti da se ta praksa uvede su u slučaju toplana na prirodni gas.

Industrijska kogeneracija - Osnovni pokazatelji kogeneracije u industriji Srbije su sledeći:

- Instalisano je 78 jedinica u 37 proizvodnih pogona (na različitim lokacijama) ukupne bruto električne snage od oko 465 MW_e;
- Prosečna snaga postrojenja iznosi oko 6 MW_e, a prosečna starost kapaciteta je oko 30 godina;
- Prosečna ukupna godišnja proizvodnja električne energije iznosila je u regularnim uslovima (do 1990. godine) oko 800 GWh;
- Udeo industrijske kogeneracije u ukupnoj godišnjoj proizvodnji električne energije u Srbiji 1989. godine iznosio je u regularnim uslovima oko 2,5 %;
- Prosečna godišnja isporuka električne energije u javnu električnu mrežu iznosila je u regularnim uslovima približno deseti deo ukupno proizvedene električne energije u industriji.

Struktura kogeneracionih jedinica shodno primeni u pojedinim industrijama je:

- Industrija šećera (31 jedinica, 161 MW_e, prosečne starosti 29 godina);
- Metalski kompleks (15 jedinica, 105 MW_e, prosečne starosti 34 godine);
- Hemijska i petrohemijska industrija (16 jedinica, 107 MW_e, prosečne starosti 20 godina);
- Industrija papira (6 jedinica, 77 MW_e, prosečne starosti 23 godine);
- Ostale grane (ukupno 10 jedinica, 15 MW_e, prosečne starosti 36 godina).

Osnovni razlozi za današnju slabu primenu kogeneracije u industriji su teška ekonomska situacija u većini industrijskih grana, investiciona i kreditna nesposobnost većine privrednih subjekata, obustava proizvodnje i/ili niska proizvodna aktivnost u nekim industrijama, nepovoljan odnos cena prirodnog gasa i električne energije, zastarele energetske tehnologije, loše stanje postrojenja i, posledično, njihova niska raspoloživost i pouzdanost, niska energetska efikasnost, kao i nepovoljne tarife za nabavku rezervne i dopunske energije iz elektroprivrednog sistema, u odnosu na plasman viškova električne energije u isti.

Proizvodnja električne energije u postrojenjima za kogeneraciju praktično je prekinuta tokom 90-ih godina prošlog veka zbog izuzetno niske proizvodne aktivnosti preduzeća, izuzetno niske i neekonomske cene električne energije iz javne električne mreže i relativno visokih cena prirodnog gasa i tečnih goriva. Postrojenja po pravilu nisu bila konzervisana, te je njihova funkcionalnost i pouzdanost sada nepoznata, ali se može pretpostaviti da, sem kogeneracionih jedinica u industriji šećera i papira, ostale su toliko zapuštene, da je njihova rehabilitacija neisplativa.

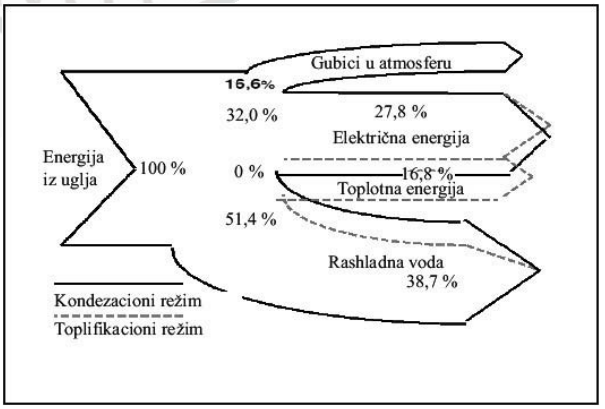
Kućna kogeneracija - Ova praksa predstavlja koncept malih, individualnih postrojenja za spregnutu proizvodnju toplotne i električne energije (naziva se još „mikro-kogeneracija"), najčešće na bazi prirodnog gasa kao osnovnog energenta. Ona povećava efikasnost iskorišćenja primarne energije, odnosno bolju efikasnost potrošnje prirodnog gasa, uz pozitivan ekonomski, energetski i ekološki efekat i predstavlja budućnost distribuirane kogeneracije, ne samo u Srbiji (gde je u ovom trenutku nema).

Perspektive razvoja - Najveći izgledi za brži razvoj kogeneracije, u bliskoj budućnosti, postoje u sektorima elektroprivrede i sistema centralizovanog daljinskog grejanja. Razvoj u sektoru industrije je neizvestan, jer je nejasno kako i kojim tempom će se oporavljati srpska industrija, koja je doživela potpuni kolaps u periodu sankcija UN i bombardovanja NATO. Na stara kogeneraciona postrojenja, koja su u industriji Srbije postojala do 1990. godine, verovatno se u većini slučajeva ne može računati, a dolazi u pitanje da li će uopšte biti oportuna i njihova obnova i rekonstrukcija. Nova postrojenja će se sigurno graditi i stara obnavljati u svim slučajevima gde respektivna industrija bude imala potrebe za obimnijim grejanjem i/ili tehnološkom parom dotične industrije (šećerane, hemijska industrija, metalurgija, itd.) i tu ih treba usmeravati da se maksimalno koriste pogodnosti kogeneracije i saradnja sa elektroprivredom.

Situacija sa kućnom kogeneracijom je još neizvesnija i njen razvoj će zavisiti od cena opreme i raspoloživosti goriva, tako da je u ovom trenutku nemoguće da se prave bilo kakvi konkretni planovi razvoja. Međutim, kako je oko 78 % stanova u Srbiji bez instalacija centralnog grejanja (greju se individualnim uređajima na ugalj, drvo, gas ili električnu energiju), može se očekivati da će širenje gasifikacije u Srbiji omogućiti značajno uvođenje individualne (mikro) kogeneracije, kada ona jednom otpočne da se koristi.

Kada je u pitanju spregnuta proizvodnja toplotne i električne energije u termoelektranama na lignit Elektroprivrede Srbije, ona je, kako je napred izloženo, već primenjena u Obrenovcu i Kostolcu, a na tečna goriva i gas u Novom Sadu, Zrenjaninu i Sremskoj Mitrovici. Od posebnog interesa je završetak započetog projekta za snabdevanje baznom toplotnom energijom Beograda. Realizacija projekta toplifikacije Beograda iz termoelektrane „Nikola Tesla" A planirana je da bude sprovedena u 3 faze. U prvoj fazi bi, pošto bude kompletiran započeti toplovod od Termoelektrane „Nikola Tesla" A do Toplane „Novi Beograd", toplota za grejanje bila proizvođena u prva dva i u šestom bloku (107 MW_t i 180 MW_t, respektivno), u drugoj bi za to bili rekonstruisani i četvrti i peti blok (380 MW_t), a u trećoj fazi i poslednji, treći blok (130 MW_t). Ukupna snaga instalisanih kapaciteta za grejanje bi sa sadašnjih 198 MW_t (91 MW_t za potrebe Obrenovca) narasla u prvoj fazi na 378 MW_t, u drugoj na 738 MW_t, a u trećoj fazi na 868 MW_t. Na ovaj način, blokovi Termoelektrane „Nikola Tesla" A bi imali maksimalno umanjenje električne snage na pragu za 87 MW_e (0,230 MW_e/MW_t) u prvoj fazi, za 183 MW_e (0,248 MW_e/MW_t) u drugoj fazi i za 217 MW_e (0,250 MW_e/MW_t) u trećoj fazi.

Ovo umanjenje bi se javljalo samo pri maksimalnom toplotnom opterećenju u toplifikacionom režimu, a u proseku bi tokom grejne sezone bilo znatno manje, dok ga van nje ne bi ni bilo. Pri tome bi ukupno iskorišćenje energije uglja, sa sadašnjih oko 31 % za blokove 1 i 2, odnosno 32 % za blok 3 i 32,5 % za blokove 4-6 u kondenzacionom režimu rada, bilo znatno povećano, na 42,7 % za blokove 1 i 2, odnosno 42,1 % za blok 3 i na 46,3 % za blokove 4-6 u toplifikacionom režimu. Na taj način bi prosečno iskorišćenje energije iz uglja u Termoelektrani „Nikola Tesla" A poraslo sa sadašnjih 32 % na 44,6 %. Na slici 10. je šematski prikazana struktura pretvaranja primarne energije iz uglja (100 %) u TENT A, u električnu energiju (32 % u kondenzacionom, odnosno 27,8 % pri toplifikacionom režimu), i u toplotnu energiju (16,8 % u toplifikacionom režimu) uz gubitke ispuštene u atmosferu (oko 17 %) i u rashladnu vodu (51,4 % u kondenzacionom i 38,7 % u toplifikacionom režimu rada).



Slika 10. Korisna energija i gubici energije za radne režime TENT A u trećoj fazi

Uprkos krajnjem pozitivnom efektu, na smanjenje ukupne potrošnje primarnog goriva, kada se koristi kogeneracija, pomenuti gubitak aktivne snage generatora koji u njoj učestvuju, verovatno je jedan od glavnih razloga da se u elektroprivredi na kogeneraciju ne gleda blagonaklono. Materijalna kompenzacija tih gubitaka, svakako bi poboljšala atmosferu.

Pošto se u kombinovanoj (spregnutoj) proizvodnji smanjuje potrošnja goriva u odnosu na zbir pojedinačnih potrošnji pri odvojenoj proizvodnji toplotne i električne energije, smanjuje se i ukupna emisija dimnih gasova u atmosferu. Takođe, umesto velike količine otpadne toplote pri kondenzacionom radu termoelektrane TENT A (2 650 MW_t) i njome izazvanog toplotnog opterećenja Save, potreba za vodom za hlađenje u kombinovanom ciklusu je manja, jer je smanjena količina otpadne toplote (na ispod 2 000 MW_t) na račun toplifikacionih oduzimanja. Doduše, ovaj povoljni efekat ne može biti u potpunosti iskorišćen, jer se kao kritični sa stanovišta toplotnog opterećenja reke Save javljaju periodi maksimuma temperature njene vode i minimuma protoka, koji se pokazuju leti, van grejne sezone. U planu je, da se kogeneracija za potrebe grejanja Beograda uvede i u TE „Kolubara" B (2x350 MW_e), čija izgradnja je odavno započeta, ali je bila prekinuta tokom ratova i sankcija devedesetih godina i još nije nastavljena.

U 56 gradova Srbije postoje sistemi centralizovanog daljinskog grejanja, bazirani na sopstvenim toplanama, gde svaka od njih ima svoje grejno područje, u kojem napaja individualne i kolektivne potrošače stambenih (82 %) i poslovnih objekata (18 %). Instalisani kapacitet centralizovanog snabdevanja toplotom je oko 6 600 MW_t, dok je priključena snaga potrošača oko 6 000 MW_t. Opšta je tendencija da poslednjih godina ti grejni sistemi prelaze na korišćenje prirodnog gasa kao osnovnog energenta, što daje mogućnost uvođenja gasnih motora ili gasnih turbina u postojeća i buduća postrojenja za proizvodnju toplotne energije za grejanje i prakse simultane spregnute proizvodnje električne i toplotne energije u procesu distribuirane kogeneracije. Ova mogućnost je posebno interesantna za velike gradove (Beograd, Niš, Kragujevac, Subotica, itd.), gde su pojedinačne snage izvora za grejanje veće, čime se mogu postići i veće snage izvora električne energije, a s tim i manja specifična investiciona cena po kW snage ugrađenih električnih agregata. Na to je stručnoj javnosti za slučaj Beograda skrenuta pažnja još 2003. godine. Prema stanju iz 2008. godine, na užem području Beograda postoji 11 rejonskih toplana na gas, sa ukupnom instalisanom toplotnom snagom od 2 285,5 MW_t (dok je ukupna instalisana snaga svih toplana na različita goriva, sa kojima rukuju „Beogradske elektrane" 3 396 MW_t). Njihov priključeni toplotni konzum je 2 760 MW_t (a ukupni priključeni konzum je 3 226 MW_t).

Te toplane originalno nisu predviđene da se koriste za simultanu proizvodnju toplotne i električne energije u kogeneraciji. Takvo rešenje sa gledišta racionalnog gazdovanja energijom je neadekvatno, te postoji interes da se sve one, gde bi se tehničko-ekonomskom analizom dokazala opravdanost, pretvore od postrojenja za isključivu proizvodnju toplote, u kogeneraciona postrojenja za spregnutu proizvodnju toplotne i električne energije, putem naknadne ugradnje gasnoturbinskih električnih generatora i neophodne rekon-

strukcije ili zamene kotlova za proizvodnju tople vode za grejanje i tehnološke pare, ako bi je ta promena uloge nametnula.

Preliminarni proračuni pokazuju da se u toplane koje koriste prirodni gas u Beogradu može ugraditi ukupno 350-580 MW_e gasno-turbinskih električnih generatora. Računajući sa samo 2 000 sati rada godišnje u toplifikacionom režimu, oni bi mogli obezbediti novih 0,7 do 1,16 TWh električne energije, odnosno najmanje 10 % godišnjih potreba grada. Ako se posmatraju samo zimski meseci (koji učestvuju u ukupnoj potrošnji grada sa oko 65 %), taj procenat se penje na 15-21,5 % potreba zimi, kada bi predmetni kombinovani izvori uglavnom i bili korišćeni. Treba još napomenuti da bi se ta količina novoproizvedene električne energije imala u centru potrošnje, bez korišćenja prenosne mreže (a time i bez novih investicija u prenos i bez dodatnih prenosnih gubitaka). Jedino bi bilo neophodno pojačati spojne veze novih gasno-turbinskih generatora sa mrežom na relativno malim rastojanjima (1-5 km) do napojnih transformatorskih stanica 110/35 kV/kV (ili 110/10 kV/kV).

Prema preliminarnim proračunima, specifična potrošnja toplotne energije u ovim novim proizvodnim kapacitetima električne energije mogla bi biti samo 5 000-6 000 kJ/kWh, što bi, računajući sa donjom toplotnom moći prirodnog gasa od 33 338 kJ/m^3, davalo specifičnu proizvodnju od 5,55-6,66 kWh/m^3 (zavisno od lokacije), odnosno zahtevalo da se obezbede dodatne količine prirodnog gasa za proizvodnju 300 GWh/godišnje električne energije (u odnosu na potrebe toplotnog konzuma) od najviše 105×10^6 - 126×10^6 m^3 prirodnog gasa godišnje (koncentrisano u zimskim mesecima). Pri tome ne treba posebno naglašavati da ovako značajan proizvodni kapacitet treba da ima poseban tretman i sa stanovišta zamene kapaciteta postojećih termoelektrana u elektroenergetskom sistemu Srbije za vreme njihove skorašnje revitalizacije. Na taj način bi se samo u Beogradu mogla ostvariti značajna proizvodnja električne energije uz neznatno povećanje potrošnje gasa i time ostvariti velika ukupna ušteda u potrošnji električne energije iz sistema.

Računajući da ovakva mogućnost postoji u još nekim gradovima u kojima se koristi gas (Subotica, Pančevo, i drugi), ukupni pozitivni efekti ugradnje gasnih turbina u postojeće toplane na gas radi uvođenja kogeneracije toplotne i električne energije bi uvećali navedene efekte procenjene za Beograd. Na primer, samo u Subotici bi mogle biti instalisane 2-3 gasne turbine ukupne snage oko 60 MW_e, koje bi proizvodile oko 180 GWh električne energije godišnje uz dodatni utrošak gasa od najviše 36 miliona m^3.



OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

S obzirom na vremensku mogućnost njihovog iscrpljivanja prirodni (primarni) oblici energije dele se na:

1. Neobnovljivi oblici energije

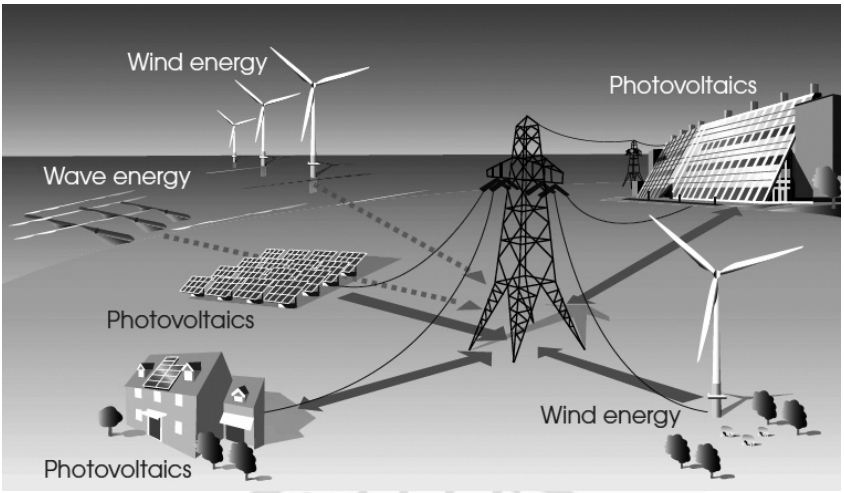
- Fosilna goriva (ugalj, nafta, zemni gas, uljni škriljci),
- Nuklearna goriva
- Unutrašnja toplota Zemlje (geotermalna energija)

2. Obnovljivi oblici energije

- Vodne snage, (energija vodotokova, morskih struja i talasa, plime i oseke),
- Biomasa (i biogas, uključujući i drvo i otpatke),
- Energija Sunčevog zračenja,
- Energija vetra

Za razliku od neobnovljivih oblika energije, obnovljivi oblici energije NE MOGU se vremenom iscrpiti, ali je moguće u potpunosti iscrpiti njihove potencijale. Primer: Utvrđivanje najpogodnijih lokacija za gradnju HE određene instalisane snage na određenom vodotoku i njihova izgradnja - potpuno iskorišćenje isplativih energetskih kapaciteta vodotoka

Deo obnovljivih izvora energije nije moguće uskladištiti i transportovati u prirodnom obliku (vetar, zračenje sunca), a deo jeste (voda u vodotocima i akumulacijama, biomasa i biogas). Izvore energije koje nije moguće uskladištiti treba iskoristiti u trenutku kad se pojave ili ih pretvoriti u neki drugi oblik energije.



Slika 1. Obnovljivi izvori energije

Očite prednosti neobnovljivih izvora su: konstantost, bolja mogućnost prilagođenja potrebama, skladištenja i transporta u prirodnom obliku, manje investicije za izgradnju postrojenja za njihovo dobijanje, pretvaranje i upotrebu, kao i pogon i održavanje (s obzirom na instalisanu snagu).

Ipak najvažnije: veće tehničke mogućnosti i bolja ekonomska opravdanost iskorišćavanja neobnovljivih oblika energije (vezano uz razvoj metoda i postupaka) razlozi su njihovog većeg iskorišćavanja do sada!

Prirodne oblike energije prema fizikalnim svojstvima delimo još na nosioce:

- hemijske energije: ugalj i treset, sirova nafta, zemni gas, uljni škriljci, biomasa, biogas, drvo i otpaci,
- nuklearne energije: nuklearna goriva
- potencijalne energije: vodne snage, plima i oseka
- kineticke energije: vetar, energije struja i morskih talasa
- toplotne energije: geotermička, toplotna energija mora
- energije zračenja: Sunčevo isijavanje

Prema uobičajenosti upotrebe prirodne oblike energije možemo podeliti i na:

- konvencionalne (fosilna goriva, vodne snage, nuklearna goriva i vrući izvori).
- nekonvencionalne (svi ostali)

Konvencionalni obnovljivi izvori (oblici) energije - energija vodotokova (i to isključivo velike HE), dok su svi ostali nekonvencionalni!

Opšta i pojedinačna svojstva nekonvencionalnih izvora energije

Svojstva nekonvencionalnih izvora energije ne možemo posmatrati izdvojeno od opšte poznatih svojstava konvencionalnih izvora i tek upoređivanjem s tim svojstvima možemo osnovano donositi zaključke o nekonvencionalnim izvorima. Neka svojstva nekonvencionalnih izvora su poželjna a neka nepoželjna. U tabeli 1. iznose se neka važnija opšta i pojedinačna svojstva, ali u kojima pretežu poželjna svojstva. Zatamnjenja pojedinih polja u tabeli znače ispunjenje i neispunjenje poželjnih svojstava:

Ispunjeno poželjno svojstvo	
Delimično ispunjeno poželjno svojstvo	
Neispunjeno poželjno svojstvo	

Tabela 1. Pretežno ispunjena poželjna svojstva nekonvencionalnih izvora

Svojstvo izvora	Poželjno	MHE	Su-T	Su-E	Vetar	Bio.	Geo.
Obnovljivost	Ispunjena						
Potencijal	Što veci						
Energija za postrojenja	Što manja						
Energija za dobijanje	Što manja						
Emisija kod pretvaranja	Što manja						
Moguća diverzifikacija	Ispunjeno						
CO2-neutralnost	Povoljna						

Značenje kolona u tabeli je:

MHE = korišćenje vodnih snaga u malim hidroelektranama

Su-T = korišćenje Sunčevog zračenja posredstvom toplotnih kolektora

Su-E = korišćenje Sunčevog zračenja posredstvom fotoelektričnih ćelija

Vetar = korišćenje energije vetra u vetroelektranama

Bio. = korišćenje biomase i otpada

Geo. = korišćenje geotermalne energije

Obnovljivost pojedinog izvora energije najlakše shvatamo ako kažemo da je obnovljiv izvor onaj čiji se prosečni dotok svake godine ponavlja, bez smanjenja – barem za ljudsko poimanje vremena. U tom pogledu, svi posmatrani nekonvencionalni izvori su obnovljivi. Geotermalnoj energiji izvor su energetski procesi u Zemljinoj unutrašnjosti koji će prema ljudskom poimanju vremena trajati do sudnjeg dana, dakle praktično do u nedostižnu buducnost. U pogledu ogrevnog drveta, istaknimo da je uslov obnovljivosti neprekidno pošumljavanje prostora barem toliko da godišnji prinos bude jednak godišnjem iskorišćenju drvne mase.

Uopšteno, nekonvencionalni izvori imaju ogroman potencijal – što je poželjno svojstvo. Ipak, male hidroelektrane predstavljaju ograničeni potencijal, koga naprosto nema na znatnom delu ogromnih prostranstava globusa. Biomase predstavljaju veliki ali ipak znatno manji potencijal od energije Sunčevog zračenja. Geotermalna energija ima pri današnjem načinu korišćenja ograničeni potencijal, ali prikriveni potencijal je ogroman, ako dođe do prihvatljivog korišćenja toplote Zemljine unutrašnjosti s velikih dubina.

Ima li se na umu energija potrebna za proizvodnju opreme i materijala koje treba ugraditi u postrojenja za korišćenje nekonvencionalnih izvora, a ne samo novac koji odgovara toj energiji, onda izlazi da pojedini izvor mora neprekidno raditi nekoliko godina, da bi tek tada postao neto-proizvođač energije. A kako za pojedine oblike energije treba mnogo takvog materijala (temelji i nosači fotoćelija i kolektora, same fotoćelije i kolektori, visoki betonski ili čelični stubovi vetrogeneratora) to se energija za njihovu proizvodnju ne sme zanemariti. Takođe, treba imati u vidu utrošak energije pri proizvodnji fotoćelija.

Kod većine nekonvencionalnih izvora nema utroška energije prilikom dobijanja izvornog oblika (kao što postoji značajan utrošak energije pri eksploataciji ugljenokopa), niti utroška energije za transport izvornog oblika, jer je transport po pravilu nemoguć. Treba naprosto postrojenja za pretvaranje nekonvencionalnog izvora u povoljniji oblik izložiti delovanju tog nekonvencionalnog izvora. Jedino se kod ogrevnog drveta, biomase i otpada javljaju ti utrošci energije (koji mogu biti toliko značajni da cela stvar postane neracionalna), na primer za seču drvne mase, za pošumljavanje i uzgajanje šume, za transport od mesta seče do mesta korišćenja i za pripremu drveta za korišćenje. Slično je s biomasom i otpadom, jedino tu može izostati utrošak pri uzgajanju jer se gajenje odvija nezavisno od eventualnog energetskog korišćenja, na primer slama nastaje kao rezultat poljoprivredne proizvodnje pšenice i ona će ili istruliti ili se energetski iskoristiti.

Lokalno opterećenje okoline emisijom štetnih materija ili bukom na mestu pretvaranja nekonvencionalnog oblika energije u iskoristljiviji oblik uopšteno je malo ili ga uopšte nema. Ali korišćenje vetra izaziva buku, a sagorevanje biomase izaziva emisiju gasova eventualno manje štetnih od konvencionalnih goriva jer praktično nema sumpora (kao u uglju ili nafti). Ipak je emisija iz tih postrojenja nešto veća nego li iz konvencionalnih postrojenja, jer radi se o manjem stepenu dejstva pri pretvaranju energije i manjim jedinicama. Emisija kod korišćenja otpadaka može biti i opasna ako se prethodno iz otpadaka (smeća) ne izdvoje evidentno štetni sastojci.

Najznačajnije praktično poželjno svojstvo nekonvencionalnih izvora energije je mogućnost sveobuhvatne diverzifikovane primene. Praktično, svi izvori nekonvencionalne energije – dakako ako su raspoloživi na posmatranom mestu – mogu se koristiti u malom obimu, u vlastitoj režiji, delimično ili potpuno u samogradnji – time se trošak rada kod instalisanja, pogona i održavanja praktično može izbeći ili barem prikriti („radim za sebe, u slobodno vreme – dakle besplatno").

Treba razmotriti i tzv. kumulativnu CO_2-neutralnost nekonvencionalnih izvora energije. Kumulativno, znači posmatrano u ukupnom lancu – od dobijanja energije, izrade i montaže pogonskih uređaja, do korišćenja i zbrinjavanja/odlaganja nakon korišćenja. Iako se često govori o CO_2-neutralnosti apsolutno svih nekonvencionalnih izvora, najčešće se misli na tu neutralnost prilikom pretvaranja nekonvencionalnog oblika u iskoristljiviji oblik i tada je takvo posmatranje tačno. (Za biomasu, to je dakako ispunjeno samo ukoliko je godišnje iskorišćavanje mase jednako ili manje od godišnjeg prirasta nove mase. Tada će emisija CO_2 pri korišćenju te biomase biti jednaka imisiji CO_2 prilikom fotosinteze te biomase.). Međutim ako se ima na umu proizvodnja materijala za izgradnju fotoćelija a donekle i kolektora, onda izlazi da je primena Sunčevog zračenja kumulativno „kvazi -CO_2-neutralna", a emisija ostalih postrojenja podjednaka kumulativnoj emisiji CO_2 iz konvencionalnih postrojenja. U tabeli 2. daje se pregled pretežno neispunjenih poželjnih svojstava nekonvencionalnih izvora energije.

Tabela 2.. Pretežno neispunjena poželjna svojstva nekonvencionalnih izvora

Svojstvo izvora	Poželjno	MHE	Su-T	Su-E	Vetar	Bio.	Geo.
Površinska distribucija	Ravnom.	■	■	■	■		■
Površinska gustina	Povoljna		■		■	■	
Izvorno skladištenje	Moguće	■			■	■	
Prirodna oscilacija	Mala	■			■	■	
Nužnost rezerve	Ne treba	■			■		
Zauzimanje prostora	Povoljno		■		■		
Stepen korisnog dejstva	Povoljan			■	▒	▒	▒
Mogućnost kogeneracije	Moguća	■			■		

Površinska distribucija (površinska raspodela) Sunčevog zračenja po Zemlji najpravednija je od svih primarnih oblika energije, donekle biomase i otpada (otpada ima svuda gde ima aktivnosti ljudi a tu je potrebna i energija, nema ga tamo gde nema nikakve

ljudske aktivnosti a tamo nema ni potrebe za energijom). Ostali nekonvencionalni oblici energije nisu ravnomerno raspoređeni po Zemljinoj kugli.

Površinska gustoća je mala za Sunčevo zračenje, još manja za biomase i otpad, a nešto veća za vetar (tamo gde ga uopšte ima raspoloživog za energetsko korišćenje), jedino je kod malih hidroelektrana i kod toplih izvora površinska gustoća primereno visoka. Na jedan kvadratni metar na našoj geografskoj širini dostruji godišnje približno 1000 kilovatsati Sunčevog zračenja, a ako gajimo pšenicu na tom kvadratnom metru, slama će imati energetski sadržaj od samo 2 kilovatsata. Gde je to u poređenju s naftnom bušotinom s godišnjim kapacitetom od recimo 100 hiljada tona čiji je energetski sadržaj otprilike 1 milijarda kilovatsati a zauzima površinu od par stotina kvadratnih metara!

Generalno, izvorno se ne mogu transportovati gotovo svi nekonvencionalni oblici energije, kao ni skladištiti u izvornom obliku. Moraju se trošiti na mestu i u ritmu svog nastanka. Jedino se ogrevno drvo, biomasa i otpad mogu transportovati na razumno veliku udaljenost (jer bi preterana udaljenost tražila više energije za transport od energetskog sadržaja materije koja se prevozi i to bi bilo nerazumno) i svakako se daju skladištiti i koristiti u ritmu potreba.

Oscilacija prirodnog dotoka velika je kod svih nekonvencionalnih oblika energije, jedino geotermalna energija ne poznaje oscilaciju, ravnomerno dotiče iz svog izvora. Donekle, oscilacija dotoka ogrevnog drveta manja je a uzevši u obzir i mogućnost njegovog skladištenja, oscilacija se može kompenzovati. Biomase sazrevaju praktično trenutno i onda se to ponavlja tek – po pravilu – za godinu dana. Vetar ima oscilaciju od nula do preko sto posto, jer pri olujnom vetru mora se obustaviti korišćenje vetrogeneratora, kao i pri vrlo malim brzinama vetra. Kako je snaga vetroturbine proporcionalna brzini vetra na treći stepen, to i mala promena brzine predstavlja znatniju promenu snage. Udvostručenje brzine vetra daje osma puta veću snagu! Sunčevo zračenje takođe predstavlja izvor s oscilacijom 0-100%, jer ga noću uopšte nema. Male HE takođe mogu biti na takvim vodotocima, koji u određenim prilikama znaju sasvim presušiti.

Trajanje iskorišćenja instalisane snage, dakle odnos godišnje proizvedene energije i instalisane snage, malo je kod svih izvora čije su prirodne oscilacije velike, jer su samo mali deo godišnjeg vremena u punom pogonu. Za sve oblike energije čije je trajanje godišnjeg iskorišćenja malo mora se osigurati akumulacija energije, pak je onda koristiti iz akumulatora ako je dotok mali ili sasvim izostao a potražnja postoji. Ali, akumulacija praktično dolazi u obzir kod toplotnog korišćenja Sunčevog zračenja (akumulator je dobro toplotno izolovani bojler) ili akumulacija manje količine električne energije u električnom akumulatoru kod fotonaponskog korišćenja Sunčevog zračenja.

Veća količina električne energije ne može se ekonomično akumulirati u akumulatorima jer bi oni bili velikih masa i time preskupi, tako da se praktično kod svih drugih obnovljivih izvora poseže za elektroenergetskim sistemom kao rezervnim rešenjem ili dizel-generatorom (agregatom). Ogrevno drvo, biomasa i otpaci, kao i geotermalna energija ne traže takvu rezervu.

Potrebna rezerva u konvencionalnim postrojenjima može biti znatna, praktično može doći do udvostručenja instalacije na nacionalnom nivou. S jedne strane instaliramo postrojenja na nekonvencionalni izvor a s druge strane isto toliku konvencionalnu rezervu, koja će uz to biti i slabije iskorišćena jer neće raditi u razdobljima kada je nekonvencionalni izvor raspoloživ. Regulacijska svojstva takve rezerve moraju biti izuzetno visoka jer je za deo nekonvencionalnih izvora karakteristična njihova brza a nepredvidljiva promena. Prenosna električna mreža koja povezuje područja gde su takvi nekonvencionalni izvori s područjima u kojima je konvencionalna rezerva takođe mora biti pojačana. U Nemačkoj, gde je trenutno istalirano preko 20 gigavata vetroelektrana u pogonu (najviše u svetu), moraju za svaki megavat u vetroelektranama držati u rezervi još 0,85 megavata u konvencionalnim elektranama. Zauzimanje prostora na mestu pretvaranja primarnog oblika energije u iskoristljiviji oblik veliko je pri korišćenju svih nekonvencionalnih oblika, kod kojih je površinska gustoća mala. Za fotonaponsko korišćenje Sunčevog zračenja to je izrazito naglašeno, a kod korišćenja vetra i kolektorskog korišćenja Sunčevog zračenja nešto manje. Ogrevno drvo, biomasa i otpaci traže nešto više prostora od onog koji bi tražila konvencionalna termoelektrana jednake snage, uz nešto veći skladišni prostor. Ogrevno drvo može se i neposredno koristiti – u štednjaku, peći za grejanje prostora ili sanitarne vode – pak onda traži samo prostor za skladištenje. Geotermalna energija, ukoliko se koristi neposredno za grejanje, troši najmanje prostora – jednostavno se cev zabije u tlo i razvede po kućama.

Stepen korisnog dejstva pri pretvaranju u koristan oblik uopšteno je mali i obično je manji nego kod konvencionalnih izvora energije. Naročito je to naglašeno pri fotonaponskom korišćenju Sunčevog zračenja kod koga je prosečni stepen korisnog dejstva samo oko 10%, dakle za jedan kilovatsat dobijen iz solarnih ćelija treba izložiti toliko površine da bude osunčana s deset kilovatsati. Veći je kod malih hidroelektrana, toplotnog korišćenja Sunčevog zračenja i neposrednog toplotnog iskorišćavanja geotermalne energije.

Savremeni energetski pristup zalaže se za primenu kogeneracije – dakle spregnutu proizvodnju toplotne i električne energije, jer se time postiže veće iskorišćenje primarnog oblika energije. Moguća je samo kod nekonvencionalnih izvora upotrebljenih kao gorivo u termoelektrama-toplanama ili ako se geotermalna energija koristi za pogon takve elektrane, dakle mora se raditi o vrlo vrućem izvoru (kakvih ima na Islandu). Takođe, u blizini postrojenja za pretvaranje mora biti primereno veliki toplotni konzum, inače se nema kome isporučivati proizvedena toplotna energija.

Troškovi pogona i održavanja postoje kod svih izvora. Neki se mogu ne iskazati, ako su radovi izvedeni u vlastitoj režiji, ali oni teoretski postoje. Podmazivanje, zaštita od korozije, elementarno čišćenje, redovni periodični remonti... samo su neki od primera troškova pogona i održavanja koji se ne mogu izbeći ukoliko se želi pouzdana i dugoročna eksploatacija pojedinog uređaja za prihvat i pretvaranje nekonvencionalnog oblika energije.

Emisija iz nekonvencionalnih izvora i vreme energetske amortizacije

U tabeli 3.. prikazana je ukupna emisija klimatski štetnih gasova iz elektrana iskazana CO2-ekvivalentom. Vidimo da direktne emisije nema kod vetroelektrana i solarnih elektrana, ali da je kod ovih drugih naglašena indirektna emisija, što takve elektrane svrstava u „kvazi- CO2-neutralne".

Tabela 3. Ukupna emisija klimatski štetnih gasova iz elektrana (CO_2-ekvivalent, gram/kWh)

Tip elektrana	Direktna emisija	Indirektna emisija	Ukupna emisija
Velike hidroelektrane	3,5-40	10-20	13,5-55
Male hidroelektrane	3,5-35	15-20	18,5-55
Vetroelektrana 600 kW	0	40	40
Vetroelektrana 1,5 MW	0	50	50
Elektrana na biomasu 700 kW	13	50	63
Elektrana na biomasu 11,5 MW	18	45	63
Velika fotoelektrična elektrana	0	180	180
Mala fotoelektrična elektrana	0	220	220
Konv. termoelektrane na gas	340	80	420
Konv. termoelektrane na kam. ugalj	820	100	920

U tabeli 4. prikazano je vreme energetske amortizacije, dakle vreme koje treba da protekne od početka korišćenja do trenutka kada je proizvodnjom tog izvora energije vraćena energija utrošena prilikom proizvodnje opreme i materijala potrebnih za gradnju tog postrojenja. Postoji značajnije trajanje energetske amortizacije solarnih elektrana, zavisno od vrste primenjenih ćelija. Pri tome su svakako monokristalne ćelije najskuplje, traže najviše energije za svoju proizvodnju i pri tome najviše opterećuju okolinu. Treba da budu i do nekoliko godina u pogonu, kako bi vratile energiju uloženu u svoju proizvodnju.

Tabela 4. Vreme energetske amortizacije (godine)

Tip energetskog postrojenja	Energ. amortizacija
Hidroelektrana	0,2-0,3
Toplana za daljinsko grejanje	0,2-0,5
Nuklearna elektrana (LWR)	0,2-0,8
Vetroelektrana	0,2-1,9
Fotonaponske-amorfne ćelije	2,6-4,6
Fotonaponske-multikristalne ćelije	3,1-6,8
Fotonaponske-monokristalne ćelije	4,2-7,1

Investicioni troškovi i troškovi pogona obnovljivih izvora energije

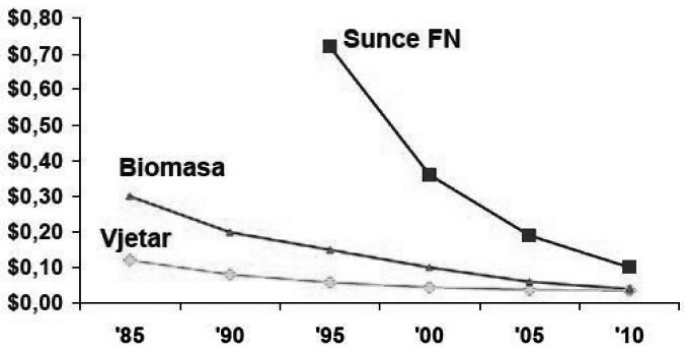
Uzmemo li da je prosečni trošak investicija za termoelektranu na ugalj oko 1000 €/kW, izlazi da vetroelektrane (ako su izvedene na moru) mogu koštati i dvostruko više, a fotonaponske elektrane čak deset puta više od toga.

Troškovi pogona tih elektrana kreću se za vetroelektrane od 4 - 12 eurocenta/kWh a za fotonaponske elektrane od 75 eurocenta do 1 evra po kilovatsatu. Uzmemo li da je prosečna proizvodna cena konvencionalnih elektrana na evropskom elektroenergetskom tržištu 3 - 3,5 eurocenta/kWh, vidimo da je cena proizvodnje iz vetroelektrana i trostruko veća od prosečne proizvodne cene a iz fotonaponskih elektrana čak 30 puta veća! Drugi nekonvencionalni izvori dolaze na nivoe više od vetroelektranske cene, osim malih hidroelektrana u Austriji kod kojih je donja granica cene srazmerna evropskoj proizvodnoj ceni električne energije iz konvencionalnih elektrana.

Tabela 5. Troškovi malih izvora energije

Tip izvora	Veličina (MW)	Investicije (€/kW)	Troškovi pogona (€/kWh)
Vetroelektrane (na kopnu)	15	900-1300	0,04-0,09
Vetroelektrane (na moru)	100	1500-2000	0,05-0,12
Kombi-elektrane	40	550-850	0,04-0,06
Hidroelektrane (mali pad)	5	900-1000	0,02-0,03
Kogeneracija	5	800-850	0,05-0,06
Fotonaponski sistemi	5	6000-10000	0,75-1,00
Gorive stanice	5	1100-1600	0,08-0,10

Proizvodna cena električne energije iz nekonvencionalnih izvora opada s razvojem tehnologije i opadanjem investicijskih troškova i troškova pogona. Do potpune konkurentnosti, otkupne cene električne energije iz takvih izvora moraju biti podsticajno visoke, inače za sada ne bi došla u obzir njihova izgradnja i korišćenje.



Slika 2. Poređenje proizvodne cene od 1985. do 2010. godine

Podsticajne mere

U oblasti energetike, Evropska Unija je u cilju postizanja održivog razvoja opredeljena ka smanjenju emisija CO2, a takođe i smanjenju uvozne zavisnosti i fluktuacije u ceni energenata (nafte, gasa, it.). Kako bi to postigla, jedan od načina je povećanje procenta obnovljivih izvora u ukupnom energetskom proizvodnom miksu. Zbog toga, brojne direktive i politike su donešene u EU kako bi se dala podrška obnovljivim izvorima energije.

Svaka država članica EU je u obavezi da poveća udeo obnovljivih izvora u sopstvenoj proizvodnji električne energije, i takođe da postavi svoj cilj - koliko obnovljivih izvora u odnosu na ukupnu potrošnju želi da postigne u 2020. godini.

Krajnji cilj EU u 2020. godini je da ispuni takozvani „20-20" koncept – 20% povećanja u korišćenju obnovljivih izvora i 20% smanjenje emisija gasova staklene bašte. Uvođenje ekonomskih instrumenata radi podsticaja investicijama u obnovljive izvore energije je bila ključna stvar za države EU u dostizanju definisanih ciljeva. Neke države su odabrale sistem privilegovanih nabavnih cena, takozvane ***feed-in*** tarife, gde su utvrđene otkupne cene za električnu energiju proizvedenu iz svakog od obnovljivih izvora, dok su druge uvele sistem trgovine zelenih sertifikata u kombinaciji sa obaveznim kvotama, gde svaki proizvođač za svaki MWh električne energije iz obnovljivog izvora dobija zeleni sertifikat sa kojim može trgovati na tržištu, tako da svaki proizvođač ili postrojenje može postići obavezan udeo zacrtan od strane države.

Sistem povlašćenih tarifa

Sistem povlašćenih tarifa (*feed in*) predstavlja najefikasniji način za brzo postizanje održivih ciljeva u pogledu energije iz obnovljivih izvora – uspeh koji dobro ilustruju nemačka postignuća u prizvodnji struje na vetar. Ovaj sistem je najbrojniji u primeni, što opet ne znači da je ekonomski najefikasniji u pristupu, ali je prepoznat od strane investitora kao znak sigurnosti jer je transparentan, lak za administraciju i fleksibilan.

Nemačka je primenom zakona o povlašćenim cenama u 2007. godini proizvela 14.2% ukupne električne energije od obnovljivih izvora, a vlada Nemaèke je izračunala da je u 2007. godini uštedela 57 miliona tona CO2 i to zahvaljujući direktno feed in tarifama.

Tabela 6. daje prikaz važećeg nemačkog sistema povlašćene tarife. Cena struje po KWh je stalna za postrojenja koja su priključena na sistem, ali se određuje prema godini početka rada. Što je postrojenje duže priključeno na sistem, cena je niža (prema prikazanoj stopi opadanja). Ideja je da se podstakne što brže investiranje i da se uračunaju uštede od tehnološkog progresa. Nemačka je postigla izuzetan uspeh u razvoju proizvodnje struje na vetar ne samo uvođenjem povlašćene tarife po sebi, nego i značajnim obimom podrške koji je obezbeđen – to jest, voljom nemačkih potrošača da prihvate ovaj trošak i kroz proces postupnog izjednačavanja cene struje iz različitih izvora preraspodele teret na sva elektro-energetska preduzeća u Nemačkoj.

Tabela 6.

Energetski izvor	2005 (€centi/kWh)	Opadanje (% godišnje)
Hidrocentrale	6,65 – 9,67	0
Biomasa (do 20MW)	8,27 – 17,33	1,5
Geotermalni izvori (do 20MW)	7,16 – 15,00	1
Vetar (priobalje)	5,39 – 8,53	2
Vetar (unutrašnjost)	6,19 – 9,10	3
Solarna energija	43,42 – 59,54	5

Uz cenu struje dobijene na vetar u iznosu od skoro 10 €centi/kWh u početnim godinama povlašćene tarife, ne iznenađuje široki odziv investitora.

Nemačka tarifa je izvedena na bazi jasnih procena troškova. Na primer, tarifa za proizvodnju struje na vetar se dobija na osnovu sledećih procena:

- Kapitalni troškovi (oprema), € 895/kW
- Kapitalni troškovi (lokacija), 30% od elektrane
- Operativni troškovi u godini rada 1 – 10 (4.8% od elektrane)
- Operativni troškovi u godini rada 11 – 20 (6% od elektrane)
- Inflacija preko 20 godina: 2%
- Odnos dug/vlasnički kapital: 70:30
- Kamatna stopa 5.5%
- Stopa povrata sredstava 12%.

Cena potom varira prema stepenu opterećenja i visini naknade za proizvođače struje na vetar na slabijim lokacijama: što je bolja lokacija, cena je niža. Ova ideja, u razrađenijoj verziji, uvedena je zakonom kao odgovor na pitanje ujednačavanja uslova da bi se postigao ravnomeran razvoj proizvodnje struje na vetar u celoj Nemačkoj i time izbeglo da se koncentriše samo na primorske severozapadne oblasti sa najvećim brzinama vetra. Razlika u ceni se može smatrati i za pokušaj da se prevaziđe nedostatak lokacija sa najvećim brzinama vetra.

Među istočnoevropskim zemljama postoji samo jedan sistem sa povlašćenom tarifom koji uključuje stopu opadanja cene, a to je primer Slovenije. Sledeća tabela daje prikaz šema podsticaja u regionu jugoistočne Evrope i šire.

Tabela 7.

Država	Šema podsticaja za obnovljive izvore energije (OIE)
Bugarska	feed in tarifa - poreski podsticaji-obaveza za otkup
Bosna i Hercegovina	feed in tarifa
Češka	feed in tarifa + zeleni bonus
Hrvatska	feed in tarifa sa finansijskim podsticajima
Kipar	Šema grantova za promociju OIE finansirana od takse na potrošnju električne energije + poreski podsticaji dodatno
Francuska	Javne nabavke + feed in tarife
Grčka	feed in tarife kombinovane sa podsticajima za investicije
Italija	Sistem kvota + feed in tarife
Mađarska	feed in tarife
Makedonija	feed in tarife
Malta	poreski podsticaji (nizak PDV za solarnu energiju)
Portugalija	feed in tarife kombinovane sa podsticajima za investicije
Rumunija	sistem kvota (prethodno je imala feed in tarife)
Slovačka	feed in tarife
Slovenija	feed in tarife + dugoročni garancijski ugovori, taksa na CO2
Španija	feed in tarife

Sistem kvota

Sistemi kvota zasnivaju se na izboru i sprovođenju obaveze (zakonski uslov) da se jedan minimalni deo električne energije proizvede iz obnovljivih izvora. Ako proizvođači ne ispune kvotu ponekad se mogu primeniti novčane kazne. Takođe, da bi se podržalo efikasno korišćenje sistema kvota koriste se programi izdavanja zelenih sertifikata kojima se može trgovati.

Primer Rumunije **-** Rumunija je jedina zemlja u istočnoj Evropi sa sistemom kvota kao podsticanjem proizvodnje struje iz obnovljivih izvora, uređenim prema sistemu iz Velike Britanije. Preduzeća za distribuciju struje imaju obavezu da im procenat od ukupne godišnje prodaje struje poreklom bude iz obnovljivih izvora. Na kraju svake godine ova preduzeća moraju da izdaju odgovarajući broj „zelenih sertifikata" u skladu sa kvotom. Ovaj sistem započet je 2005. godine sa 0,7% ukupne proizvodnje i uređen je tako da se povećava svake godine da bi u 2010. godini dostigao 8,3%. Tokom 2006. godine cena struje iz obnovljivih izvora bila je 4,2 €centi/kWh.

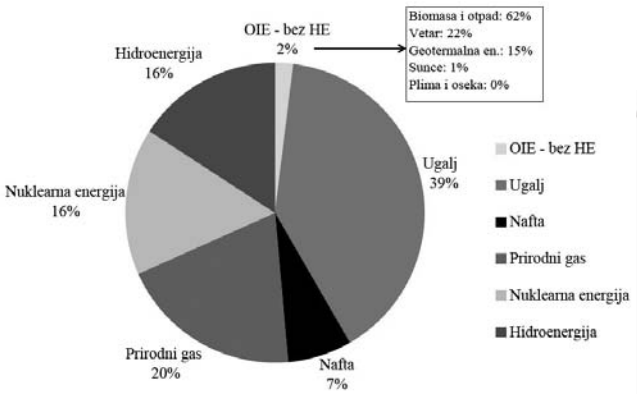
Primer Češke **-** U Češkoj postoji dvostruki sistem podrške, u okviru kojeg proizvođači struje iz obnovljivih izvora mogu da biraju klasičnu fiksnu povlašćenu cenu ili prodaju po tržišnim cenama uz dodatne fiksne ekološke („zelene") dotacije po osnovu Kjoto protokola. Češki sistem „zelenog bonusa" uveden je 2005. godine zakonom o električnoj energiji iz obnovljivih izvora. Zeleni bonusi su fiksni za narednu godinu prema tipu obnovljivog

izvora, tako da ukupni iznos naknade do iznosa očekivane prosečne prodajne cene bude viši od fiksne prodajne cene, što odražava povećani rizik.

Trenutno stanje korišćenja obnovljivih izvora energije

Stanje u svetu

Na slici 2. prikazan je udeo pojedinih izvora energije u svetskoj proizvodnji električne energije. Iz dijagrama je vidljivo da se trenutno oko dve trećine električne energije dobija iz fosilnih goriva (uglja 39 %, prirodnog gasa 20 % i nafte 7 %), dok su od ostalih izvora značajnije zastupljeni samo nuklearna i hidroenergija (s učešćem od 16 %) i to uglavnom zbog konvencionalnih velikih hidroelektrana.

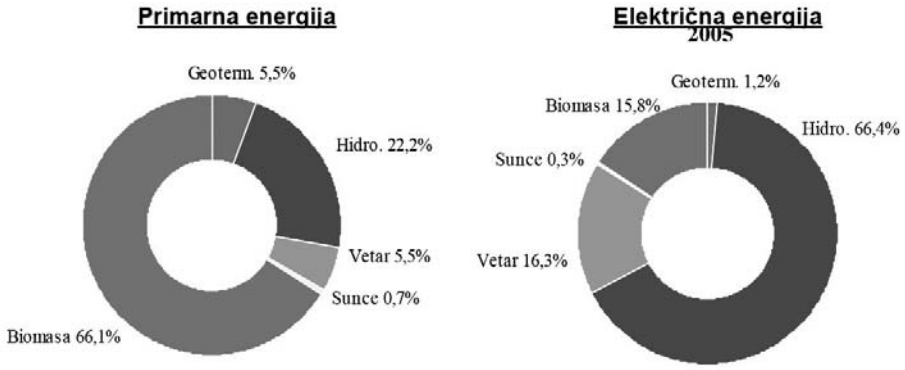


Slika 3. Udeo obnovljivih izvora u svetskoj proizvodnji električne energije 2004. godine - izvor: IEA, 2006.

Svi ostali, tj. nekonvencionalni izvori energije (isključujući hidroelektrane), uprkos njihovom značajnom podsticanju i razvoju u poslednje vreme, u svetskoj prizvodnji električne energije učestvuju ukupno samo s 2 %, od čega daleko najviše biomasa (62%), potom energija vetra (22%) i geotermalna energija (15%). Direktno korišćenje energije sunčevog zračenja, kao plime i oseke u poređenju s ostalim oblicima obnovljivih izvora gotovo je zanemarljivo u ovom trenutku, ali ipak treba naglasiti da se ulažu veliki naučno-istraživački napori kako bi se ubrazo tehnološki razvoj fotonaponskih ćelija s ciljem smanjenja investicionih troškova i njihove značajnije upotrebe.

Stanje u Evropskoj Uniji

Evropska komisija, kroz Direktive vezane uz obnovljive izvore energije i smanjenje emisije gasova staklene bašte, kao i zemlje članice Evropske unije (naročito Nemačka) najveći su zamajac razvoja obnovljivih izvora energije.

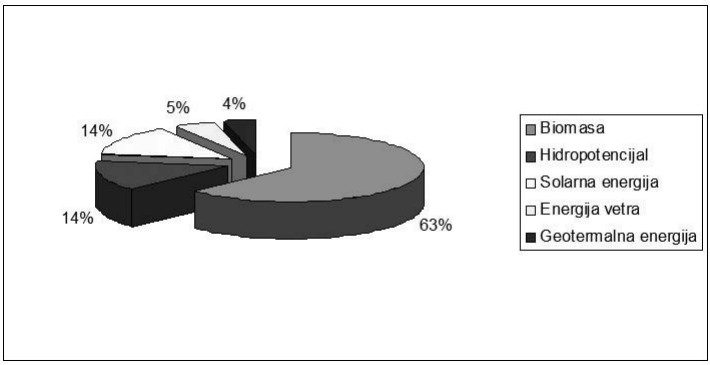


Slika 4. Energija iz obnovljivih izvora u EU 2005. - izvor: EUrObserver ER 2006, 2007

Kao što se vidi, u proizvodnji prirmarne energije najveći udeo još uvek ima biomasa i to prvenstveno ogrevno drvo koje služi za proizvodnju toplotne energije, a sledi hidroenergija koje se gotovo u celosti koristi za proizvodnju električne energije. U proizvodnji električne energije najveći je udeo hidroenergije, čemu najviše doprinose konvencionalne velike hidroelektrane. S obzirom da trenutni trend tehnološkog razvoja, investicionih troškova i proizvodnih cena električne energije u ukupnoj proizvodnji električne energije sledi energija vetra (vetroelektrane) i biomasa (naročito elektrane na krutu biomasu – drvo i drvne otpatke, zatim biogas sa životinjskih farmi).

Stanje u Srbiji

Obnovljivi izvori energije predstavljaju glavni oslonac energetske samostalnosti Srbije u budućnosti. Ukupan potencijal energije iz obnovljivih izvora može da zadovolji četvrtinu godišnjih potreba Srbije, i kada se tome doda ogroman potencijal za uštedu energije u svim sektorima znatno se može smanjiti energetska zavisnost od uvoza.



Slika 5. Potencijal energije iz obnovljivih izvora u Srbiji

Opšti je utisak da Srbija poseduje dobre obnovljive izvore energije: neke procene energije vetra navode cifre od 10,000 MW, a potencijal za male hidrocentrale procenjuje se na najmanje 500 MW. Međutim, ove procene se odnose na fizičke, a ne na ekonomske potencijale. Informacije o isplativosti korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji vrlo su ograničene, a i procene fizičkih potencijala na primer, u slučaju energije vetra, gde ne postoji obuhvatan atlas brzina vetra na visini od 30-50 m, tek treba potvrditi.

Osim hidroenergije i ograničenog obima geotermalne energije i biomase, drugi obnovljivi izvori energije u Srbiji se ne koriste. Hidroelektrane u Srbiji su većinom velike hidroelektrane sa kapacitetom većim od 10 MW. Godišnja proizvodnja iznosi oko 10.3 TWh (25.200 TJ) i zasnovana je na instalisanom kapacitetu od 2.831 MW.

Od 900 potencijalnih lokacija na srpskim rekama, uključujući i najmanje reke, postoje mogućnosti za male hidrocentrale (do 10 MW) sa instalisanom snagom od 1.800 GW/god., pri čemu bi 90% hidrocentrala bilo ispod 1 MW. Potencijal malih hidrocentrala iznosi 16.7 PJ. Ukupni tehnički potencijal energije iz svih obnovljivih izvora iznosi oko 160 PJ godišnje.

Sledeća tabela pokazuje udeo pojedinih obnovljivih izvora.

Izvor energije	Godišnji potencijal	Odgovarajuće uštede u energiji (PJ)
Biomasa	100,4 PJ	100,4
Hidroenergija, od čega je 856 hidrocentrala <10 M	5200 GWh/godišnje 1800 GWh/godišnje	16,7*
Geotermalna energija	8,3 PJ	8,3
Energija vetra (zahteva ispitivanja i detaljne studije u budućnosti)	7,9 PJ	7,9
Solarna energija	26,7 PJ	26,7
Ukupno		160

Treba reći da, iako je 10 MW gornja granica za status "male" hidrocentrale koje su po propisima EU kvalifikovane za posebne mehanizme podrške, u okviru istih tih propisa EU i projekti hidrocentrala većih od 10 MW računaju se u ciljeve EU u pogledu povećanja korišćenja obnovljivih izvora energije u proizvodnji struje.

Statistike o obnovljivim izvorima energije u proizvodnje električne energije još nisu potpune i sa potpisivanjem Sporazuma o energetskoj zajednici Srbija će morati da unapredi evidenciju o obnovljivim izvorima energije.

Srbija ima značajne potencijale za obnovu postojećih hidrocentrala da bi im se produžio vek trajanja i povećala proizvodnja struje u njima. Instalisani kapaciteti u hidrocentralama su 3,208 MW; za oko polovinu ovih kapaciteta (Đerdap I i Bajina Bašta) EPS planira obnovu u narednom periodu. Takođe, obnova preostalih centrala može da donese više struje nego što se proizvodi sada. Ministarstvo rudarstva i energetike i EPS su se saglasili da se pripremi studija izvodljivosti koja bi utvrdila koje centrale treba obnoviti,

kao i potrebne investicije i obim povećanja proizvodnje struje. Procenjuje se da je u Srbiji moguće instalisati najmanje 3,000 MW kapaciteta u nove hidrocentrale. Jedna trećina od ovih kapaciteta su centrale srednje veličine (svaka po 10 – 100 MW). Međutim, mnoge od lokacija za ove hidrocentrale su na pograničnim rekama sa susednim državama, posebno sa Crnom Gorom i Bosnom i Hercegovinom (Republika Srpska). Stoga je potrebno pripremiti regionalnu studiju izvodljivosti koja bi procenila nove potencijale hidroenergije i isplativost pojedinih lokacija.

U oblasti razvoja malih hidroelektrana, potrebna je izrada dodatne grupe detaljnih studija izvodljivosti. Na osnovu prethodnih ispitivanja i stručnih nalaza, već sada bi bilo moguće da se ovakve studije izrade za sledećih sedam lokacija: Sopoćani, Bela Palanka, Rečica, Ribarje, Javorje, Sokolovica i Bovan. Veličina ovih centrala kreće se od 216 kW do 8 MW, a smeštene su širom Srbije. Velike hidrocentrale, ako su prihvatljive sa stanovišta zaštite životne sredine, treba i dalje koristiti i razvijati.

Što se tiče energije **vetra**, nedavno dogovorena saradnja sa Vladom Španije treba da se proširi priključivanjem višegodišnjeg osmatranja brzina vetra na 50 m visine na najmanje 5 – 8 odabranih lokacija. Dok postojeći podaci o vetru sugerišu da na šest lokacija postoje brzine vetra između 6 – 7 m/s, inostrana iskustva upućuju da to odgovara stepenu godišnjeg opterećenja od oko 18 – 25%. Samo lokacija vrha Stare planine Midžor, sa utvrđenim godišnjim prosekom od 7,6 m/s, može da se klasifikuje kao dobra, sa očekivanim stepenom opterećenja od oko 28%. Ako se kao merodavne uzmu nemačke kalkulacije, elektrana na vetar sa godišnjim stepenom opterećenja od 20% zahteva tarifu od oko 8 €centi/kWh da bi bila isplativa; stepen opterećenja od 28% oborio bi ovu tarifu na oko 5.8 €centi/kWh.

U oblasti sagorevanja **biomase** za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije, Srbija ima značajne mogućnosti, u koje spada i korišćenje briketa i peleta (inače vrlo popularno u zemljama sa jakom preradom drveta). Šira upotreba briketa i peleta za grejanje domaćinstava (umesto struje), međutim, zahteva rešavanje više problema, među kojima su nepostojanje standarda za njihovu proizvodnju i niska cena struje.

Vlada Republike Srbije donela je **Uredbu o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije**. Uredba je objavljena u „Službenom glasniku RS", br. 99/2009 od 1.12.2009. godine.

Uredbom se bliže propisuju mere podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i za otkup te energije - ***Feed-in tariff***, balansiranje i očitavanje (mere podsticaja), definišu energetski objekti koji proizvode električnu energiju iz obnovljivih izvora, uređuje sadržina ugovora o otkupu električne energije po merama podsticaja, kao i naknada troškova kupcu tako proizvedene energije.

Takođe, Vlada je donela i **Uredbu o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije i kriterijumima za ocenu ispunjenosti tih uslova**.

Uspostavljanjem prihvatljivih kreditnih mehanizama za projekte obnovljivih izvora energije može se očekivati veće korišćenje obnovljivih izvora energije u Srbiji.

Srbija i energetska saradnja sa EU

Srbija se potpisivanjem Ugovora o zajednici za energiju JIE 2006 obavezala da usaglasi svoje energetske zakone sa Direktivom EU 2001/77/EC- direktivom kojom se promoviše električna energija proizvedena iz obnovljivih izvora.

Pitanje energetske sigurnosti i stabilnosti postalo je u poslednjih nekoliko godina goruće pitanje čitavog svetskog ekonomskog, privrednog i društvenog sistema. EU kao takva i pored svoje visoke razvijenosti i evolucije svog odnosa prema pitanju energetske sigurnosti takođe se suočava sa problemom smanjenja svog „traga u životnoj sredini" i svoje uloge u smanjenju ljudskog uticaja na klimu. Povezanost energetskog sektora sa konkurentnošću evropske ili bilo koje privrede dovodi do olake spremnosti da se zarad ekonomskog „boljitka" pregazi važnost borbe za stvaranje legalnih, institucionalnih, tehničkih, ekonomskih i socijalnih pretpostavki za uspešnu i održivu borbu sa klimatskim promenama.

U samom energetskom sektoru najvažniji mehanizmi za borbu protiv klimatskih promena su opšte poznati, pa ipak vredni ponovnog spominjanja, naime energetska efikasnost i uvođenje obnovljivih izvora energije u proizvodnji, transmisiji, distribuciji i potrošnji/ zadovoljenju energetskih potreba.

Nažalost moramo biti potpuno svesni da čak ni stari kao ni novi članovi Evropske Unije koji su imali daleko više vremena i daleko povoljnije tržišne i političke uslove za implementaciju evropske regulative u oblasti zajedničkog tržišta, promocije obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti, te u oblasti poboljšanja kompetetivnosti, sigurnosti snabdevanja i nivoa zaštite životne sredine (u energetskom sektoru), još ni iz daleka nisu uspeli da u potpunosti primene evropske zakone u ovom sektoru. Stoga verujemo da je neophodno vrlo ozbiljno uzeti u obzir i njihova iskustva i probleme koje su imali, i koje sada imaju u oblasti energetike, i načine na koje su se sa tim problemima nosili.

Direktive EU u oblasti energetike važne za Srbiju

Direktiva 2001/77/EC - o *promociji proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije na međunarodnom elektroenergetskom tržištu*

Srbija je načinila plan za sprovođenje ove direktive o osnivanju energetske zajednice, određivanje nacionalnog cilja, uspostavljanje sistema podrške i garancija o poreklu - zeleni sertifikati, kratke i jednostavne administrativne procedure, definisanje uslova i tarifa za priključenje na mrežu itd.

Direktiva 2003/30/EC - o *promociji upotrebe bio-goriva ili drugih obnovljivih goriva za transport*

Ova se direktiva odnosi na povećanje korišćenja bio-goriva na tržištu u iznosu od 5.75% od ukupne količine goriva u saobraćaju do kraja 2010. godine.

Direktiva 2001/80/EC - o *ograničenju emisija u vazduh iz velikih postrojenja sa sagorevanjem*

Ova direktiva se odnosi na velika postrojenja za loženje, termičke snage veće od 50 MW, za koje ona propisuje striktne granične vrednosti emisija u vazduh za nove i postojeće elektrane koje se postižu primenom najboljih raspoloživih tehnika. Njena potpuna implementacija je planirana do decembra 2017. godine zbog velikih investicija potrebnih od strane energetskog sektora za pridržavanje standarda ove direktive.

Direktiva 1999/32/EC - o *smanjenju sadržaja sumpora u tečnom gorivu*

Implementacija ove direktive je planirana do 31. decembra 2011. godine po Aneksu ugovora o energetskoj zajednici, a odnosi se na smanjenje emisija i postavljanje limita sumpor dioksida radi smanjenja štetnih uticaja takvih emisija po ljude i životnu sredinu. U periodu 1990-1998 ukupna količina emisija sumpor oksida u državama članicama EU je smanjena za 60% zahvaljujucæi primeni direktiva o velikim postrojenjima.

Direktiva 96/61/EC - o *integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja (IPPC direktiva)*

Namera IPPC direktive je postići integrisano sprečavanje i nadzor zagađenja uzrokovan različitim aktivnostima (uključujući i ceo energetski sektor). IPPC direktiva propisuje mere za sprečavanje ili smanjenje emisija u vazduh, vodu i zemljište, uključujući mere koje se odnose na otpad, u cilju ostvarivanja visokog stepena zaštite životne sredine.

Potpisivanjem Ugovora o osnivanju energetske zajednice jugoistoène Evrope i EU (2006) Srbija je prihvatila obavezu primene direktiva vezanih za veće korišćenje obnovljivih izvora (2001/77/EC i 2003/30/EC). Srbija je u 2004. godini donela Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine. Nedostaju programi kojim bi bili utvrđeni rokovi u kojima bi operateri industrijskih postrojenja u Republici Srbiji bili u obavezi da podnesu zahteve za izdavanje integrisane dozvole, kao i propisi o graničnim vrednostima emisija, a što bi lako moglo Uredbom vlade da se preuzme iz propisa EU.

Ovaj zakon ima veliki značaj za energetski sektor jer termoenergetska postrojenja sa toplotnim ulazom iznad 50 MW, rafinerije nafte, mineralnih ulja i gasa imaju obavezu pribavljanja integrisane dozvole kao uslova za dalji rad ovih postrojenja. Krajnji rok za pribavljanje integrisane dozvole od nadležnog organa za postojeća postrojenja i aktivnosti je 2015. godina. Dozvola navodi uslove koji garantuju visok nivo zaštite životne sredine u celini.

Važne institucije u elektro energetskom sektoru Srbije

Ministarstvo rudarstva i energetike ima nadležnost u oblastima energetike, geologije i rudarstva i nafte i gasa. Odgovorno je za politiku Vlade u energetici, pripremanje i usvajanje energetskih propisa i podzakonskih akata, energetske strategije i energetskog bilansa. Takođe, Ministarstvo daje licence za eksploataciju mineralnih resursa i zaduženo je za transport gasa i tečnih ugljovodonika. Ministarstvo nadgleda i funkcionisanje javnih preduzeća iz ovog delokruga.

Agencija za energetiku je regulatorno telo a osnovana je u junu 2005 na osnovu Zakona o energetici iz 2004. Odobrava tarifne sisteme za tarifne potrošače struje i prirodnog gasa, kao i tarifne sisteme za pristup i korišćenje mreže u prenosu i prevozu energije; utvrđuje metodologiju za određivanje elemenata tarifnog sistema za izračunavanje cene struje i zemnog gasa za tarifne potrošače, kao i metodologiju za izračunavanje cene toplotne energije proizvedene u termoelektranama-toplanama; utvrđuje merila i postupke za izračunavanje troškova priključenja na sistem prenosa, prevoza i distribucije; izdaje licence za obavljanje energetske delatnosti i sprovodi postupak obnavljanja energetske licence (operatorima i trgovcima) propisan Zakonom o energetici; i odobrava pravilnike za mreže, za tržište energije i za skladištenje prirodnog gasa.

Ministarstvo za zaštitu životne sredine je nacionalni organ, predviđen po Okvirnoj konvenciji UN o klimatskim promenama, odgovoran za aktivnosti u mehanizmu čistog razvoja.

Elektroprivreda Srbije (EPS) je vertikalno ustrojeno javno preduzeće za električnu energiju u svojini države. U Srbiji nema privatnih preduzeća za proizvodnju struje (osim malih hidroelektrana i nekih kapaciteta u industriji za internu upotrebu).

Agencija za zaštitu životne **sredine** je osnovana 2004 i radi kao organ uprave u sastavu Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja sa svojstvom pravnog lica, obavlja poslove državne uprave koji se odnose na: razvoj, usklađivanje i vođenje nacionalnog informacionog sistema zaštite životne sredine (praćenje stanja činilaca životne sredine, katastar zagađivača i dr.); prikupljanje i objedinjavanje podataka o životnoj sredini, njihovu obradu i izradu izveštaja o stanju životne sredine i sprovođenju politike zaštite životne sredine. Agencija prikuplja i prati glavna energetska postrojenja i lokacije koje podležu zaštiti, i priprema godišnje izveštaje o stanju životne sredine i sprovođenju ekološke politike.

Agencija za energetsku efikasnost je nacionalna neprofitna organizacija osnovana u maju 2002. godine od Vlade Srbije uz finansijsku podršku Evropske agencije za rekonstrukciju (EAR). Glavni zadatak agencije je da sprovodi aktivnosti poboljšanja energetske efikasnosti i veće upotrebe obnovljivih energija. Agencija priprema i predlaže programe i mere, usklađuje i podstiče aktivnosti usmerene na postizanje racionalne upotrebe i štednje energije, kao i povećanje energetske efikasnosti u svim vidovima potrošnje; prikuplja podatke o potrošnji energije; predlaže postupke za dobijanje finansijske podrške i tehničku

pomoć, uključujući monitoring; predlaže projekte za finansijsku podršku i nadgleda njihove rezultate prateći sprovođenje projekata; u saradnji sa ministarstvima sarađuje sa domaćim i stranim organizacijama koje imaju bliske ciljeve i vrši druge poslove koje joj odredi Vlada.

Osnovano je pet Regionalnih centara za energetsku efikasnost (na tehničkim fakultetima i univerzitetima u Beogradu, Novom Sadu, Nišu, Kragujevcu i Kraljevu) da pomogne Agenciji u sprovođenju programa za energetsku efikasnost i obnovljive izvore energije i dalju njihovu promociju, uz tehničku pomoć vlade Norveške.

Ministarstvo zaštite životne sredine i prostornog planiranja je odgovorno za sistem zaštite životne sredine i održivo korišćenje prirodnih resursa, praćenje životne sredine, klimatske promene i zaštita ozonskog omotača, praćenje i zaštita od prekograničnog zagađenja voda i vaduha, izdavanje dozvola i licenci u skladu sa procenama uticaja na životnu sredinu, zaštita od jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja. Ovo ministarstvo je takođe odgovorno za prostornu organizaciju energetskih postrojenja na nacionalnom nivou, dok su na lokalnom nvou za to zadužene lokalne samouprave i njihova odeljenja.

UNIVERZITET SINGIDUNUM AKREDITOVANI PRIVATNI UNIVERZITET



SOLARNA ENERGIJA

Sunce je nama najbliža zvezda prema tome, neposredno ili posredno, izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potiče od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gde temperatura dostiže 15 miliona °C. Radi se o fuziji, kod koje spajanjem vodonikovih atoma nastaje helijum, uz oslobađanje velike količine energije. Svake sekunde na ovaj način u helijum prelazi oko 600 miliona tona vodonika, pri čemu se masa od nekih 4 miliona tona vodonika pretvori u energiju. Ova energija se u vidu svetlosti i toplote širi u Svemir pa tako jedan njen mali deo dolazi i do Zemlje. Nuklearna fuzija odvaja se na Suncu već oko 5 milijardi godina, kolika je njegova procenjena starost, a prema raspoloživim zalihama vodonika može se izračunati da će se nastaviti još otprilike 5 milijardi godina. Pod optimalnim uslovima, na površini Zemlje može se dobiti 1 kW/m2 insolacije a stvarna vrednost zavisi od lokacije, godišnjeg doba, doba dana, vremenskih uslova itd.

Na osnovu prethodnog može se zaključiti da je energija sunčeve radijacije više nego dovoljna da zadovolji sve veće energetske zahteve u svetu. U toku jedne godine, sunčeva energija koja dospeva na zemlju 10.000 puta je veća od energije neophodne da zadovolji potrebe celokupne populacije naše planete. Oko 37% svetske energetske potražnje zadovoljava se proizvodnjom električne energije. Akobi se ova energija generisala fotonaponskim sistemima skromne godišnje izlazne snage od 100 kWh po kvadratnom metru, neophodna bi bila površina od 150 x 150 km^2 za akumulaciju sunčeve energije. Veliki deo ove apsorpcione površine mogao bi se smestiti na krovovima i zidovima zgrada, pa ne bi zahtevao dodatne površine na zemlji.

Energija sunčeve radijacije dovoljna je da proizvede prosečno 1,700 kWh električne energije godišnje na svakom kvadratnom metru tla, a što je radijacija veća na nekoj lokaciji, veća je i generisana energija. Tropski regioni su u tom pogledu povoljniji od ostalih regiona sa umerenijom klimom. Srednja ozračenost u Evropi iznosi oko 1000 kWh po kvadratnom metru, dok poređenja radi, ona iznosi 1.800 KWh na Bliskom istoku.

Intenzitet sunčeve radijacije u Srbiji je među najvećima u Evropi. Najpovoljnije oblasti kod nas beleže veliki broj sunčanih sati, a godišnji odnos stvarne ozračenosti i ukupne moguće ozračenosti je približno 50%(Tabela 1).

Tabela 1: Srednje dnevne sume energije globalnog Sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u KWh/m2, za neka mesta u Srbiji

Mesto	Mesec												Ukupno godišnje	Prosečno godišnje
	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Beograd	1,4	2,2	3,35	4,85	6	6,45	6,75	6	4,65	3,05	1,6	1,15	1446,8	3,96
Vršac	1	2	3,35	4,4	6	6,4	6,55	6,85	4,6	3	1,55	1	1424,75	3,9
Palić	1,3	2,1	3,45	5	6,15	6,25	6,35	5,85	4,3	2,85	1,4	1,15	1407,4	3,8
Novi Sad	1,45	2,35	3,2	4,65	5,8	6,2	6,35	5,75	4,4	2,9	1,45	1,2	1392,64	3,82
Niš	1,75	2,6	3,45	5	6,1	6,35	6,7	6,15	5,35	3,45	1,85	1,5	1531,4	4,2
Kuršumlija	2,15	3	3,6	5,05	5,85	6,05	6,55	6,1	5,3	3,5	2	1,75	1550,5	4,25
Peć	1,85	2,95	3,7	4,85	5,95	6,15	6,75	6,15	4,9	3,65	2,25	1,6	1546,25	4,24
Priština	1,85	2,9	3,7	5,25	6,3	6,6	6,95	6,3	5,1	3,35	1,9	1,6	1578,25	4,32
Vranje	1,7	2,7	3,65	5,15	6,15	6,4	6,5	6,35	5,25	3,45	1,85	1,5	1543,4	4,23
Loznica	1,5	2,3	3,05	4,35	5,3	5,75	6,15	5,6	4,3	2,8	1,45	1,2	1333,5	3,65
Kragujev.	1,5	2,4	3,35	4,8	5,85	6,1	6,45	5,9	4,85	3,3	1,7	1,3	1447,85	3,97
Negotin	1,35	2,05	3,25	4,85	6,05	6,6	6,95	6,25	4,75	2,9	1,45	1,2	1453,35	3,98
Zlatibor	1,5	2,3	3,1	4,35	5,1	5,65	5,9	5,35	4,3	2,75	1,6	1,3	1316,4	3,61

Prosečan intenzitet sunčevog zračenja na teritoriji Republike Srbije se kreće od 1,1 kWh/m^2/dan na severu do 1,7 kWh/m^2/dan na jugu - tokom januara, a od 5,9 do 6,6 kWh/m^2/dan6 - tokom jula.

Na godišnjem nivou, prosečna vrednost energije globalnog zračenja za teritoriju Republike Srbije iznosi od 1200 kWh/m^2/godišnje u severozapadnoj Srbiji, do 1550 kWh/m^2/godišnje u jugoistočnoj Srbiji, dok u srednjem delu iznosi oko 1400 kWh/m^2/godišnje. Stepen iskorišćenja zračenja zavisi od karakteristika ugrađenog prijemnika toplote, tako da se može usvojiti prosečna vrednost raspoložive korisne energije u Republici Srbiji od 700 kWh/m2 godišnje.

U Republici Srbiji prema popisu iz 2002. godine ima oko 2,5 miliona domaćinstava. Ako bi u proseku svako peto domaćinstvo ugradilo solarni prijemnik površine 4 m^2, godišnje bi se proizvelo oko 1750 GWh/god toplotne energije koja bi najvećim delom zamenila potrošnju električne energije, a delom fosilna goriva koja se koriste za zagrevanje sanitarne vode, i omogućila smanjenje emisija ugljen-dioksida za 2,3 miliona tona godišnje.

Energija koju sunce tokom godine emituje na 1 m² krova kuće u Srbiji je jednaka energiji koja se dobije sagorevanjem 130 litara nafte - a pri tome je potpuno besplatna.

Najveći potencijal za korišćenje solarne energije imaju gradovi u južnom delu Srbije - Niš, Kuršumlija, Vranje.

Solarna energija mogla bi već 2050. godine da bude izvor četvrtine energije u svetskoj elektro mreži, prognozirala je Međunarodna agencija za energiju (IEA). IEA, međutim, u najnovijoj analizi stanja i projekciji za budućnost solarne energetike, ističe da će neophodan preduslov za to biti podrška vlada zemalja sveta. Prema statističkim podacima, energija dobijena iz solarnih kolektora danas predstavlja samo pola procenta svetskih isporuka struje. IEA upozorava da je povećanje proizvodnje električne energije iz sunčeve neminovno, kako bi se smanjile emisije štetnih gasova koji izazivaju efekat staklene bašte, ali i zavisnost čovečanstva od fosilnih goriva, čije rezerve nisu beskonačne. Bez odlučnih koraka, emisija ugljen dioksida (CO_2) iz sadašnjih energetskih postrojenja će se više nego udvostručiti do 2050. godine, upozorava Agencija. U analizi se naglašava da vodeći proizvođači solarne energije, Španija i Nemačka, plaćaju struju dobijenu iz solarnih elektrana po posebnoj tarifi, kako bi troškovi solarne tehnologije postepeno padali na isti nivo kao i kod klasičnih elektrana. Taj cilj najpre će biti dostignut u oblastima sa velikim brojem sunčanih dana. Organizacija "Solar Amerika inišativ" (*Solar America Initiative*) želi da to dostigne u SAD do 2015. godine. IEA prognozira da krovni fotovoltni paneli taj paritet neće dostići pre 2020. godine, a velike solarne elektrane do 2030. Koncentrisani solarni sistemi (CSP) sa sočivima i ogledalima bi taj paritet mogli da dostignu na sunčanim mestima do 2020. godine. Obe tehnologije bi tako ukupno do 2050. godine mogle da proizvode 9.000 teravat časova električne energije, što bi emisiju ugljen dioksida u atmosferu smanjilo za gotovo šest milijardi tona.



Slika 1. Karta osunčanosti Srbije

Konverzija sunčeve energije

Osnovni principi direktnog iskorišćavanja energije Sunca su:

- solarni kolektori (pretvaranje sunčeve energije u toplotnu)
- fotonaponske ćelije (direktno pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju)
- fokusiranje sunčeve energije (za upotrebu u velikim energetskim postrojenjima)

Mogućnosti korišćenja sunčeve toplotne energije

Sunčevo zračenje na Zemlju dostiže energiju od 1000 W/m^3 pri čemu korisno dozračena energija na jedinicu površine zavisi od orijentacije i nagiba površine, od konstrukcije i energetskih karatkeristika prijemnika sunčeve energije, doba dana, doba godine, vremena insolacije, atmosferskih uslova i dr.

Najčešće primenjivana tehnologija za korišćenje sunčevog zračenja bazirana je na principu toplotnog dejstva sunčevog zračenja, pri čemu se energija sunčevog zračenja transformiše u toplotu na apsorberu prijemnika sunčeve energije (toplotnl kolektori). Kod ovih tipova kolektora ostvaruje se stepen efikasnosti transformacije dozračene sunčeve energije u korisno odvedenu toplotu od 35 do 55%.

Toplotna konverzija sunčeve energije

Sunčani kolektori mogu se podeliti na dve glavne grupe po tipu fluida koji prenosi sunčevu energiju.To su kolektori sa tečnim fluidom i sa vazduhom. Svaka od ovih grupa deli se na tri podgrupe određene po temperaturnom opsegu rada:

- Ravni niskotemperaturni
- Srednje temperaturni – sa koncentrisanjem sunčevog zračenja
- Visoko temperaturni - sa koncentrisanjem sunčevog zračenja

Ravni niskotemperaturni prijemnici su tehnički najjednostavniji sa aspekta izrade, a u njima se ostvaruju radne temperature do 100°C (u praznom hodu i do 180°C). Apsorber toplote je metalni ili plastični. Toplota se odvodi vazduhom, vodom ili nekom drugom tečnošću na bazi „antifriza" i predaje potrošaču direktno ili preko razmenjivača toplote i grejnih tela. Kolektori se najčešće montiraju na krovu kuće i cevima su spojeni sa vodenim rezervoarom. Radi boljeg prenosa toplote koristi se pumpa za pokretanje fluida.

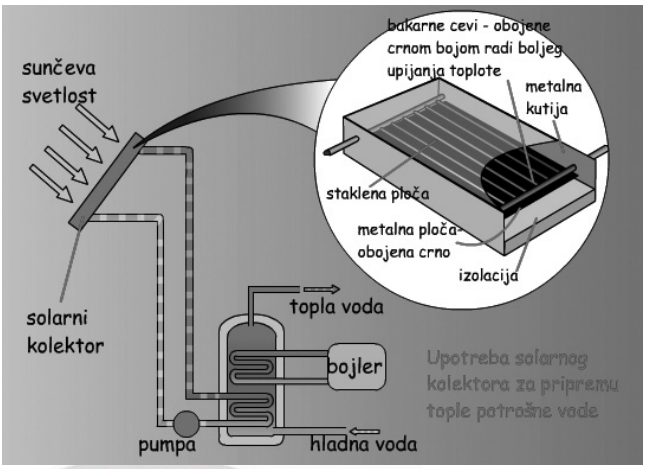
Solarni kolektori bazirani na ovom principu koriste se najvise za pripremu tople sanitarne ili tehnološke vode, u procesima sušenja raznih poljoprivrednih proizvoda, za grejanje prostora i u drugim toplotnim procesima u kojima se radne temperature kreću do 100 °C.

Ravni niskotemperaturni prijemnici sunčeve energije

Ovaj tip solarnog kolektora sastoji se od sledećih elemenata:

- transparenta
- apsorbera
- termičke izolacije
- kućišta

Transparent (prozirna pokrivka) ima zadatak da zatvori prostor ispred apsorbujuće ploče čime smanjuje toplotne gubitke, a da pri tome obezbedi što bolji prodor sunčevih zraka do apsorbujuće površine. U praksi se najčešće koristi obično prozorsko staklo debljine 4 mm, kao i kaljeno staklo debljine 5 mm, a mogu se koristiti i providni plastični materijali debljine do 2 mm kao i specijalne ultravioletno stabilne plastične folije. U zavisnosti od otpornosti materijala na degradaciona dejstva iz okoline, posebno na dejstvo sunčevog ultravioletnog zračenja, može se proceniti koliko će se smanjivati svetlosna propustljivost tokom vremena eksploatacije.



Slika 2. Upotreba solarnog kolektora za pripremu tople potrošne vode

Solarni kolektori sa jednostrukom prozirnom pokrivkom obično se koriste u instalacijama grejanja sanitarne ili tehničke vode u prelaznim ili letnjim periodima kada su spoljne temperature više.

Dvostruka transparentna pokrivka obično se primenjuje kod kolektora predviđenih za upotrebu pri nižim spoljašnjim temperaturama da bi se smanjili gubici sa prednje strane kolektora.

Efikasnost kolektora sa jednostrukim zastakljenjem je zimi znatno niža od efikasnosti sa dvostrukim zastakljenjem. Leti je razlika u efikasnosti između ova dva tipa kolektora znatno manja Tako na primer pri temperaturi radne tečnosti na ulazu u kolektor od 60°C (zimi kada je temperatura okolnog vazduha 10°C i snaga sunčevog zračenja oko 600 W/m^2) efikasnost posmatranog kolektora sa jednostrukim zastakljenjem je ravna nuli (neće se dogrevati radna tečnost) dok će kolektor sa dvostrukim zastakljenjem imati efikasnost od 0,4. U letnjem periodu ovi koeficijenti su 0,68 i 0,7.

Apsorber ima zadatak da transformiše sunčevo zračenje u toplotu i predstavlja ključni element od toga najviše zavisi efikasnost apsorbclje sunčevog zračenja, emisija toplote u okolinu (toplotni gubitak) i efikasnost prenosa toplote sa apsorbujuće površine na radni medijum koji hladi apsorber. Kvalitetni apsorberi se izrađuju od bakra, aluminijuma i nerđajućih čelika. Apsorberi od plastičnih masa spadaju u manje kvalitetne. Selektivni apsorbujući slojevi koji se nanose hemijskim tretmanom na apsorber obezbeđuju znatno bolje radne karakteristike (nizak koeficijent emisije zračenja), bolju energetsku efikasnost i trajne apsorpcione karakteristike u odnosu na upotrebu crne boje za apsorpcioni sloj.

Radni medijum ili nosilac toplote u solarnom kolektoru može da bude vazduh, voda ili tečnost na bazi „antifriza". Termička izolacija je vrlo bitan element koji smanjuje toplotne gubitke sa zadnje i sa bočnih strana kolektora. Kao materijal najviše se koristi ekspandirana poliuretanska pena, jer ima stabilne mehaničke i termičke osobine. Pored termoizolacionih karakteristika ovaj materijal i ukrućuje kućište kolektora, a ne upija vlagu. Staklena i mineralna vuna su dosta nepogodne za rukovanje i mogu da prime značajne količine vlage čime se smanjuje trajnost i efikasnost kolektora.

Kućište kolektora objedinjuje sve njegove elemente u jednu funkcionalnu celinu. Izrađuje se najčešće od metala (eloksirani aluminijum), a ređe od plastičnih materijala. Upotreba raznih gumenih ili silikonskih zaptivki je neophodna radi smanjenja prodora hladnog vazduha i vlage u kućište.

Kolektori imaju površinu obično od 1,2 do 2 m2 bez obzira da li im je radni fluid voda ili vazduh. Debljina kolektora sa vodom je nešto manja od onih sa vazduhom i kreće se od 60 do 100 mm. Masa kolektora se kreće u granicama od 25 do 50 kg po jednom kvadratnom metru prijemne površine.

Integralni prijemnici sunčeve energije nastali su iz težnje da se dobiju jednostavniji i jeftiniji solarni kolektori sa istim efektima kao i klasični tipovi. To je ostvareno integrisanjem funkcije prijemnika solarne energije i dela građevinskog objekta (fasade ili krova), tako što se vrši direktno integrisanje kolektora u funkcionalnu celinu sa objektom. Efekti ovakve konstrukcije su obično dvostruki: poboljšava se termička karakteristika zida ili krova i obezbeđuje projektovana količina energi je. U tom slučaju obično je cena izrade fasade ili krova niža jer kolektor čini spoljnu oblogu objekta. Ovaj tip gradnje obično koristi vazduh kao radni medijum.

Solarne instalacije sa tečnim radnim medijumom

Kod instalacija sa tečnim radnim medijumom, nosilac toplote može da bude voda, voda pomešana sa antifrizom ili tečnost na bazi antifriza koja je specijalno razvijena za primenu u solarnim instalacijama. U ovakvoj instalaciji tečnost koja se zagrejala potiskuje se centrifugalnom pumpom ka razmenjivaču toplote. U njemu se greje potrošna sanitarna ili tehnološka voda. Izmenjivač se može napraviti i sa većom količinom vode tako da se u njemu istovremeno vrši razmena i akumulacija toplote. Kod većih instalacija izmenjivač i skladište toplote su obično razdvojeni.

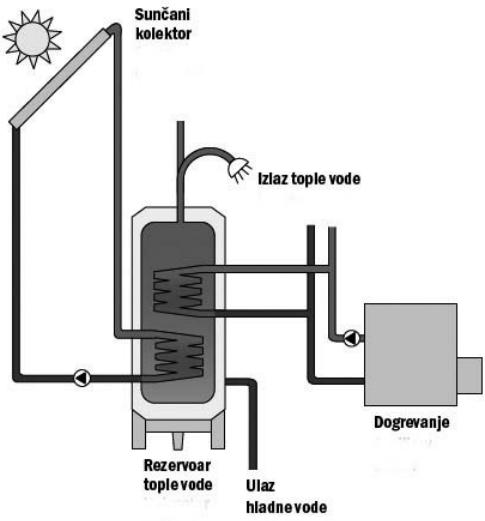
Kompaktni solarni bojleri

Solarni kolektor u kombinaciji sa termoizolovanim rezervoarom – bojlerom zapremine oko 100 do 200 litara čini kompaktnu jedinicu za grejanje vode. U bojler se ugrađuje i električni grejač čime se dobija stabilnije snabdevanje toplom vodom. Solarni kolektor i bojler se nalaze na zajedničkom postolju tako da se uz minimum instalacija dobija jeftin i pouzdan sistem. Ovakav način grejanja vode primenjuje se najčešće u predelima gde su zime blaže da ne bi došlo do zamrzavanja vode.

Instalacije sa vazduhom kao radnim medijumom

Kod solarnih instalacija sa vazduhom kao nosiocem toplote, obično se zagrejan vazduh iz kolektora dejstvom ventilatora potiskuje kroz kanalski razvod do grejane prostorije. Ukoliko se u prostorijama vazduh ne zagađuje onda se tako rashlađeni vazduh ponovo potiskuje u solarni kolektor na dogrevanje.

Kada je u pitanju instalacija kod koje postoji mogućnost da se promeni kvalitet vazduha (čestice prašine ili vlaga u slučaju sušara) potrebno je primeniti otvoreni sistem. U njemu vazduh iz spoljašnje sredine ulazi u sunčani kolektor, a iz grejane prostorije se odvodi napolje u atmosferu zajedno sa značajnom količinom toplote. Kod složenijih sistema energtski efekti se mogu povećati ugradnjom razmenjivača toplote tipa vazduh-vazduh uz znatno povećanje cene tako izgrađenog sistema.



Slika 3. Sistem za grejanje sanitarne vode

Skladište toplote obično se formira ispod površine zemlje (najčešće ispod grejanog objekta) u termoizlovanom prostoru popunjenom nekim čvrstim materijalom sa što boljom toplotnom kapacitivnošću. Najčešće se primenjuje lomljeni kamen, a mogu se koristiti i staklene boce napunjene vodom.

Grejanje prostorija

U našem podneblju ukupno energetsko dejstvo sunčevog zračenja zimi je manje od letnjeg, ali je još uvek dovoljno efikasno za korišćenje. Tako na primer iz komercijalnih tipova solarnih kolektora može se u grejnoj sezoni dobiti – po jednom kvadratnom metru u jednom danu – energija koja se kreće (u zavisnosti od meseca u godini i lokacije potrošačaćć) od 1,2 do 3 kWh. To znači da prijemnik sunčeve energije može u toku jednog meseca da preda nekom potrošaču toplotu od 36 do 90 kWh sa jednog kvadratnog metra kolektora.

Pošto se temperatura radnog fluida pri preporučenim brzinama strujanja u toku zimskog perioda kreće od 40 do 60° C, jasno je da ove temperature nisu dovoljne za centralno toplovodno grejanje. Međutim, u prelaznim periodima sa spoljnim tempraturama oko 0°C ovaj način grejanja postaje efikasan, jer tada kotlovske instalacije rade sa temperaturama od oko 60 °C.

Ukoliko se u sistemu toplovodnog grejanja primenjuje podno grejanje, koje radi sa nižim temperaturama efekti su još bolji. Najbolji efekti se ostvaruju primenom vazdušnog sistema grejanja.

Energetski efekti solarnih sistema pri grejanju kuća ili stanova zavise od više faktora, među kojima ispavno i optimalno projektovanje ima prvorazrednu ulogu. Termičke karakteristike grejanog objekta direktno utiču na veličinu toplotnih gubitaka, a time i na potrebe za toplotnom energijom. Na taj način se dolazi do toga da je dobra toplotna izolacija ključni element u uštedi energije i da je to najbolji i najekonomičniji način za jednu siromašnu zemlju da popravi svoju energetsku situaciju. Pogotovo ako se uzme u obzir da je kod nas normalna, a cenom i stimulisana, pojava grejanja električnom energijom. To je jedan od najneracionalnijih načina grejanja gledano sa aspekta cele države.

Nivo potrebnih ulaganja u solarne instalacije za domaćinstvo

Grejanje sanitarne vode

Potrebna ulaganja: 15 - 25 EUR/m2 odnosno 900 do 1.500 EUR/domaćinstvu

Napomena: Manje vrednosti se odnose na jeftinije solarne kolektore i jednostavnije instalacije. Veće vrednosti se odnose na skuplje sisteme sa složenijim instalacijama sa razmenjvačem toplote, sistemom za prinudnu cirkulaciju i automatikom za regulaciju rada.

Efekti: Grejanje potrošne sanitarne vode u periodu od aprila do oktobra pokriva 80% potreba za energijom. U periodu od oktobra do aprila ova pokrivenost je oko 30%.

Grejanje prostora

Uslovi za obezbeđivanje grejanja stambenog prostora su složeniji, a investiciona ulaganja veća. Ukoliko se pravi nov objekat u kome je predviđeno solamo grejanje prostora efekti su najbolji uz minimalnu cenu. Adaptacija već izgrađenih objekata je složeniji postupak sa većim troškovima.

Potrebna ulaganja: 50 - 100 EUR/m2 odnosno oko 3.000 do 6.000 EUR/ domaćinstvu.

Napomena: Manje vrednosti se odnose na stanove i lokacije sa boljim termičkim karakteristikama zidova i manjim toplotnim gubicima kroz procepe; boljim mogućnostima aplikacije integralnih solarnih kolektora; boljim rasporedom prostorija i prozora na objektu kao i boljom orijentacijom prijemne površine objekta.

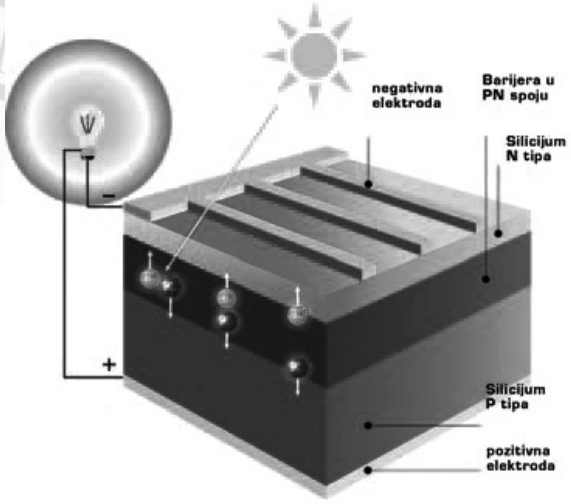
Efekti: Optimalnom instalacijom i veličinom solarnih kolektora omogućuje se kod standardno izgrađenih objekata pokrivenost potreba grejanja od 50 do 60% tokom cele godine.

Fotonaponska tehnologija

Svakog dana sunčeva energija, koja nam besplatno stiže na Zemlju, može slobodno da se koristi zahvaljujući tehnologiji fotonaponske konverzije sunčeve energije u električnu. Direktna konverzija sunčeve energije u električnu, tzv. fotonaponski efekat prvi je pre skoro dva veka uočio francuski naučnik Edmon d Bekerel (*Edmond Becquerel*). Međutim tek je razvojem kvantne teorije početkom 20-og veka ovaj efekat objašnjen, čime je omogućena izrada fotonaponskih uređaja. Prva solarna ćelija izrađena je u Bel laboratorijama (*Bell Laboratories*) 1954. godine. Fotonaponske ćelije izrađene od poluprovodnog silicijuma ubrzo su, sa razvojem istraživanja svemira, postale osnovni izvori električne energije na satelitima primarno zbog svoje pouzdanosti, dok je cena bila od manjeg značaja. Značaj njihove zemaljske upotrebe postao je aktuelan u toku svetske energetske krize ranih70-ih godina, kada se počelo razmišljati o poboljšanju njihovih radnih karakteristika, povećanju efikasnosti, većoj pouzdanosti i nižoj proizvodnoj ceni. Danas fotonaponska konverzija podrazumeva visoku tehnologiju proizvodnje električne energije iz sunčeve energije.

Konceptualno, fotonaponski uređaj u svom najjednostavnijem obliku predstavlja potrošač isključivo sunčeve energije, koji nema pokretnih delova, čiji rad zadovoljava najviše ekološke standarde i ukoliko je dobro zaštićen od uticaja okoline nema delova koji mogu da se pohabaju. Fotonaponski sistemi su modularni tako da se njihova snaga može projektovati za praktično bilo koju primenu. Štaviše, dodatni delovi kojima se povećava izlazna snaga lako se prilagođavaju postojećim fotonaponskim sistemima, što nije slučaj sa konvencionalnim izvorima električne energije, kao što su termoelektrane i nuklearne elektrane, čija ekonomska isplativost i izvodljivost zahteva multi-megavatne instalacije.

U cilju razumevanja različitih aspekata fotonaponski generisane struje, potrebno je poznavanje osnovnih principa rada fotonaponskih uređaja. Fotonaponske ćelije, koje inače postoje u raznim oblicima, najčešće se formiraju kada se od poluprovodnog materijala naprave specijalne diode veće površine. Izdvajanje električne struje generisane u poluprovodniku vrši se pomoću kontakata na prednjoj i zadnjoj strani ćelije. Gor-nja kontaktna struktura mora da dozvo-ljava prolaz svetlosti a ćelija je takođe pokrivena tankim slojem dielektričnog materijala – antireflektivnog sloja kako bi se minimiziralo odbijanje svetlosti od gornje površine (slika 4.).



Slika 4. Silicijumska solarna ćelija

Specijalni poluprovodni materijal od koga se prave fotonaponske ćelije, omogućava elektronima koji apsorbuju svetlosnu energiju da se oslobode od svojih atoma, i da se potom slobodno kreću kroz materijal prenoseći električnu energiju. Tako generisana struja je, pošto se kreće samo u jednom smeru (kao kod baterije), jednosmerna.

Pošto je izlazna snaga jedne solarne ćelije relativno mala, u cilju povećanja izlaznog napona, struje i snage, solarne ćelije se grupišu u module, tako da moduli postaju osnovni sastavni delovi fotonaponskih sistema. Moduli sadrže određen broj redno ili paralelno povezanih fotonaponskih ćelija kako bi se dobili željeni napon, odnosno struja, a enkapsulirani su kako bi se zaštitili od neželjenih uticaja sredine i u cilju produženja radnog veka. U tipičnom solarnom modulu ćelije su uronjene u laminat čiji je prednji sloj od temperovanog stakla, a zadnja strana je zatvorena mekanim i fleksibilnim plastičnim slojem ili staklom. Fotonaponski paneli sadrže jedan ili više modula koji se mogu koristiti pojedinačno ili u grupama u cilju formiranja modularnih sistema, zajedno sa potpornim nosećim strukturama i drugim neophodnim pratećim komponentama.

Sistemi se mogu fiksirati u određenom položaju prema suncu ili se mehaničkim putem njihov položaj kontinualno može prilagođavati pravcu sunčevih zraka (sistemi sa praćenjem sunca). Fotonaponski sistemi se klasifikuju ili po njihovoj predviđenoj upotrebi (zemaljski ili svemirski), ili po konstrukciji (ravni ili koncentratori), kao i po njihovoj konfiguraciji (fiksni ili pokretni). Solarni moduli proizvode se u širokom opsegu snaga od 1 W do 170 W. Na primer, modul snage 170 Wima dimenzije od 790 x 1600 mm.

Tehnologije solarnih fotonaponskih ćelija i modula

Tehnologije proizvodnje fotonaponskih ćelija i modula mogu se, na osnovu tipa silicijumskog materijala, klasifikovati kao jedno (mono) kristalne, polikristalne i amorfne. Osim tehnologija koje se baziraju na silicijumu postoje i druge tehnologije bazirane na CIS, CdTe, GaAs, InR itd. Svaki tip ima različitu efikasnost, reaguje na različite delove sunčevog spektra i pogodan je za različite primene. Efikasnost solarne ćelije određene površine data je kao procentualni deo energije generisane od date količine upadne svetlosti (fotona). Efikasnosti komercijalno raspoloživih fotonaponskih modula različitih tehnologlja prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2: Efikasnosti solarnih fotonaponskih modula

Tip	Efikasnost
monokristalne	do 24 %
polikristalne	do 15 %
amorfni silicijum	do 10 %
bakar indijum diselenid (CIS)	do 12 %

Monokristalni silicijum (c-Si) je najpopularniji osnovni materijal solarne tehnologije, a ćelije i moduli napravljeni od ovog materijala su tradicionalno najzastupljeniji. Ćelije od monokristalnog silicijuma su veoma stabilne i pokazuju visoku efikasnost u konverziji energije.

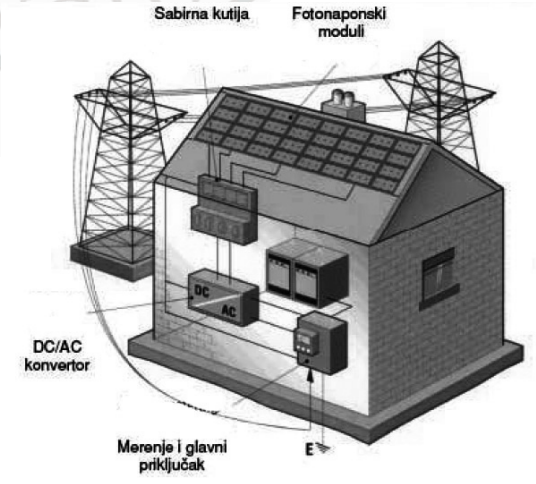
Polikristalne silicijumske solarne ćelije predstavljaju jeftiniju altrernativu monokristalnim ćelijama ali imaju određene prednosti jer zahtevaju manje čistog materijala i mogu se prilagoditi automatizovanoj masovnoj proizvodnji zbog načina na koji se priprema polazni materijal.

Tankoslojni materijali (filmovi), čija je debljina svega nekoliko mikrona, usled uštede materijala smanjuju cenu dobijene električne energije iz sunca. Tanki fotonaponski filmovi, koji iako imaju nešto nižu efikasnost imaju sa druge strane i nižu cenu koja ima važnu ulogu u određivanju profitabilnosti fotonaponske tehnologije. Najpopularniji materijal za izradu tankih filmova je amorfni silicijum, dok se danas koriste i polikristalni materijali kao CIS i CdTe

Komponente fotonaponskih sistema

Standardne komponente fotonaponskih sistema su fotonaponski moduli, kontroleri punjenja baterija, akumulatori, provodnici i noseći sistemi, a često se kod savremenih sistema koriste invertori koji omogućavaju fleksibilnost pretvaranja jednosmerne u naizmeničnu struju, kao i mogućnost povezivanja sa elektro-distributivnom mrežom.

Jednosmerna struja proizvedena u solarnoj ćeliji putem provodnika odvodi se do kontrolera punjenja. Osnovna funkcija kontrolera je da spreči prekomerno punjenje akumulatora, ali ima i neke druge uloge u zavisnosti od specifičnih primena. Ukoliko akumulator nije potpuno napunjen, postoji struja do akumulatora, gde se energija skladišti za kasniju upotrebu. Ako sistem treba da pokreće uređaje koji rade na naizmeničnu struju, deo fotonaponskog sistema će biti i invertori koji pretvaraju jednosmernu u naizmeničnu struju. Višak energije koji se generiše u autonomnim fotonaponskim sistemim a u toku sunčanih perioda sakuplja se ili u akumulatorima, ili kod fotonaponskih sistema za pumpanje vode, voda se tokom dana direktno skladišti u rezervoarima koji se nalaze na višem nivou, za kasnije ispumpavanje vode putem gravitacije. Drugi fotonaponski sistemi pretvaraju jednosmernu u naizmeničnu struju, a višak električne struje ubrizgavaju u distributivnu električnu mrežu.



Slika 5. Komponente fotonaponskih sistema

Tri tipične konfiguracije fotonaponskih sistema su:

- autonomni sistemi,
- sistemi povezani za distributivnu mrežu i
- hibridni.

Autonomni i hibridni sistemi se upotrebljavaju samostalno, dakle nisu povezani na elektro-distributivnu mrežu i najčešće se koriste u udaljenim oblastima. Fotonaponski sistemi povezani sa elektro-distributivnom mrežom predstavljaju jedan od načina da se izvrši decentralizacija električne mreže. Električna energija se ovim sistemima generiše bliže lokacijama na kojima postoji potražnja. Tokom vremena ovi sistemi će smanjiti potrebu za povećanjem kapaciteta novih elektrana, kao i prenosnih i distributivnih vodova.

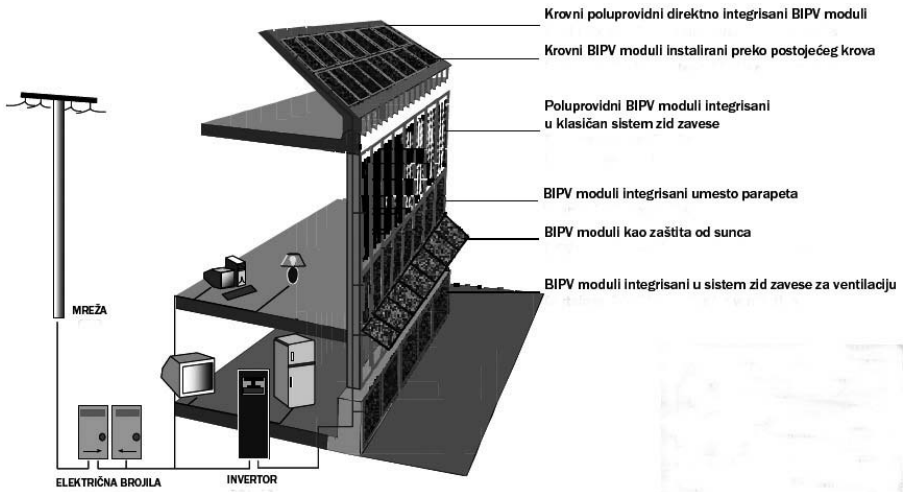
Primene fotonaponskih sistema

Fotonaponski sistemi su veoma raznovrsni: mogu biti manji od novčića i veći od fudbalskog igrališta i mogu da obezbeđuju energiju za bilo koji uređaj, od časovnika do čitavih naselja, i uz sve to jedini izvor energije koji koriste je sunčeva svetlost. Uz jednostavnost rukovanja, navedeni faktori ih čine posebno prikladnim za širok spektar primena. Nedavni porast proizvodnje fotonaponskih ćelija uz smanjenje njihove cene, otvorio je veliki broj novih tržišta uz veliki broj različitih primena. Primene kao što su osvetljavanje, telekomunikacije, rashladni sistemi, pumpanje vode, kao i obezbeđivanje električne energije za čitava naselja (naročito u udaljenim oblastima), pokazale su se kao konkurentne i profitabilne u odnosu na već postojeće tehnologije. Uz to pojavlla se relativno nova primena ovih sistema sa neverovatno velikim potencijalom - fotonaponski sistemi koji zamenjuju fasadne i krovne gradđvinske elemente objekata.

Fasadni i krovni fotonaponski sistemi

Kao i svi dobri proizvodi, i električna energija ne samo da treba da zadovolji potrebe potrošača, već treba da bude od koristi prirodnoj sredini u kojoj se proizvod koristi. Solarna električna energija može da doprinese energetskoj ponudi uz istovremenu pomoć u sprečavanju globalne promene klimatskih uslova. Priblizno 75% energije koja se koristi u razvijenom svetu troši se u gradovima, od čega se oko 40% troši u zgradama.

Fotonaponski sistemi mogu da se ugrade u skoro svaku građevinsku strukturu, od autobuskih stanica do velikih poslovnih zgrada, pa čak i u bašte, parkove itd. Iako tačna prognoza fotonaponskog učinka u zgradama zahteva pažlirvu analizu faktora kao što su količina sunčevog zračenja koje pada na zgradu, električne stabllnosti elektro-distributivne mreže itd., lako je shvatiti da ovakva tehnologija ima velike mogućnosti. Čak i u klimatskim uslovima koji se karakterišu osrednjom solarnom ozračenošću, krov zgrade jednog domaćinstva dovoljan je za postavljanje fotonaponskog sistema koji objektu može obezbediti dovoljno električne energije u toku cele godine.



Slika 6. Komponente fotonaponskih sistema u zgradi

Fotonaponski moduli i generatori tradicionalno se postavljaju na specijalne potporne strukture, ali mogu se postaviti i na građevine, ili mogu da postanu integralni delovi zgrada obrazujući prirodan lokalni spoj ponude i potražnje električne energije. Upotreba fotonaponskih sistema može značajno da smanji potrošnju električne energije iz elektrana.

Zgrade mogu čak da se pretvore u male proizvođače (distributere električne energije, što može da bude od opšte koristi. Sa arhitektonskog, tehničkog i finansijskog aspekta, fotonaponski sistemi integrisani u građevinske elemente imaju sledeće karakteristike:

- ne zahtevaju dodatno zemljište i mogu se koristiti u gusto naseljenim urbanim sredinama,
- ne zahtevaju dodatne infrastrukturne instalacije,
- obezbeđuju električnu energiju u toku najveće potražnje (pikovi) i na taj način smanjuju opterećenje električne mreže,
- mogu da smanje gubitke tokom prenosa i distribucije električne energije,
- mogu u potpunosti ili delimično da obezbede električnu energiju za odgovarajuću zgadu,
- mogu da zamene konvencionalne građevinske materijale i na taj način obezbede dvostruku ulogu koja može višestruko da se isplati,
- pružaju nove estetske mogućnosti na inovativan način,
- mogu se povezati sa održavanjem, kontrolom i funkcionisanjem drugih instalacija i sistema u zgradi,
- mogu da obezbede smanjenje planiranih troškova.



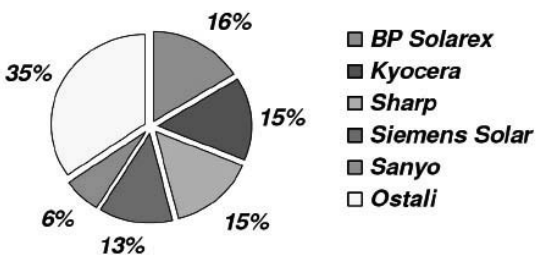
Slika 7. Fasada sa PV modulima na objektu u Alpima, Švajcarska.

Pošto fasadni fotonaponski moduli mogu da zamenjuju klasične građevinske materijale, razlika u ceni između solarnih elemenata po jedinici površine i materijala koje mogu da zamene, je od posebnog značaja. Tako je cena po jedinici površine fasadnog fotonaponskog sistema, povezanog na distributivnu mrežu, skoro ista kao i cena najkvalitetnijih fasadnih materijala kao što su mermer ili ukrasni kamen, tako da su praktično dodatne koristi od proizvodnje struje ovakvih fotonaponskih sistema besplatna korist.

Potencijali fotonaponskih uređaja

Solarna fotonaponska tehnologija koja se ranije koristila uglavnom u svemirskim programima ili na udaljenim lokacijama, pa samim tim marginalna i egzotična u početku, u poslednjih nekoliko godina postaje osnovna tehnologija za proizvodnjui distribuciju električne energije u urbanim sredinama sa potencijalom da po ceni postane podjednako konkurentna cenama energije dobijene i distribuirane konvencionalnim tehnologijama. Od 1990. godine industrija fotonaponske konverzije pokazuje konstantan godišnji privredni rast od preko 20%, a počevši od 1997. i preko 33% godišnje. U 2000. godini. ukupni instalirani kapaciteti u svetu premašili su 1000 MW, a u zemljama u razvoju više od milion domaćinstava koristi električnu energiju proizvedenu pomoću fotonaponskih sistema.

Sve veći broj kompanija i organizacija aktivno učestvuje u promociji, razvoju i proizvodnji fotonaponskih uređaja i sistema. Kompanije koje proizvode i distribuiraju električnu energiju u saradnji sa proizvođačima solarnih uređaja, gradskim vlastima i fondovima planiraju i realizuju sve veće projekte stičući neophodno iskustvo, mobilišući pažnju javnosti, a pri tom snižavajući cenu električne energije. Najnoviji predstavnici fotonaponske solarne industrije su i neke od vodećih svetskih naftnih i drugih hitek kompanija - BP Amoco, Shell, Kyocera, Mitsubishi, Sanyo, Sharp).



Slika 8. Najveći svetski proizvođači PV tehnologije

Pre desetak godina očekivalo se da će dve najperspektivnije primene fotonaponskih sistema biti u sektoru velikih elektrana snage nekoliko megavata, povezanih sa distributivnom mrežom, ili

u formi primene u desetak miliona kućnih solarnih sistema u zemljama u razvoju. Međutim slika je danas sasvim drugačija i tržištem dominiraju urbani (rezidencijalni) fotonaponski sistemi povezani sa elektro-distributivnom mrežom.

Predviđa se da će rezidencijalni sistemi povezani na elektro-distributivne mreže ostati glavni deo tržišta do 2010. godine. Štaviše, studije Evropske fotonaponske industrijske asocijacije (EPIA) i organizacije Greenpeace predviđaju da će polovina od 207 GW kapacieta u 2020, biti sistemi povezani za elektro-distributivnu mrežu, od kojih će 80% biti instalirani u rezidencijalnim zgradama.

Fotonaponska industrija je sve prisutnija u nacionalnim energetskim strategijama sve većeg broja zemalja. Japansko Ministarstvo za ekonomiju, trgovinu i industriju (METI), planira da instalira fotonaponske siteme snage skoro 5 GW do 2020 godine, a predviđa se da do 2030 ovi kapaciteti porastu na 82.8 GW. Očekuje se da se u toku istog perioda cena sistema snage 3 kW smanji sa $3/W na $1.5/W.

Nemačka pruža ilustrativni primer usvajanjem dalekosežnog zakona o obnovljivoj energiji po kome se počevši od 1. januara 2000. godine vlasnicima umreženih fotonaponskih sistema isplaćuje nadoknada od E0.51 (originalno 99 pfeninga) po svakom kilovat-času generisane energije, u toku celog veka trajanja fotonaponske instacije. Svake godine, u toku eksploatacije solarne opreme, cena nadokanade će se postepeno smanjivati sve dok ukupni kapaciteti ne dostignu vrednost koju država periodično koriguje. (2008. godine Nemačka je plaćala $0.47 do $0.68/kWh zavisno od vrste i veličine sistema za nove solarne sisteme.)

U primeni solarne energije Nemci su toliko uspešni da se danas mora konstatovati da se 55 odsto ukupne fotonaponske (PV) energije u svetu dobija na solarnim panelima postavljenim između Baltičkog mora i Švarcvalda, jednog od najvećih i verovatno najpoznatnih turističkih regiona u Nemačkoj, dugog 200, a širokog 60 kilometara. Solarna energija sada u Nemačkoj učestvuje sa svega tri odsto u proizvodnji električne energije, ali vlada namerava da do 2020. poveća udeo svih obnovljivih izvora energije na 27, sa sadašnjih 13 procenata. Industrija opreme PV za solarnu energiju beleži nagli rast izvoza i u poslednjih nekoliko godina obezbedila je desetine hiljada novih radnih mesta, ostvarujući stopu rasta koja premašuje i najoptimističkije procene tvoraca prvog zakona o obnovljivim vidovima energije iz 2000. Zakon, poznat pod skraćenicom EEG, pomogao je toj oblačnoj, kišovitoj zemlji na krajnjem severu centralne Evrope da postane solarni gigant.

U Nemačkoj sada postoji više od 300.000 fotonaponskih sistema, dok je zakonom bilo predviđeno 100.000. Rasprostrti širom zemlje, oni su u posedu vlasnika kuća, farmera i malih firmi, koji su iskoristili vladine podsticaje za razvoj solarne energije. I dok dnevnu svetlost koriste za proizvodnju električne energije, koju elektroenergetske kompanije imaju obavezu da kupuju 20 godina po ceni tri puta većoj od tržišne, vlasnici sistema PV prednjače i u borbi protiv klimatskih promena. U Nemačkoj sada 250.000 ljudi radi u sektoru obnovljive energije, a očekuje se da će samo u solarnoj energiji broj zaposlenih za pet godina biti udvostručen na 90.000, a do 2020. dostići 200.000 radnika. Nemački

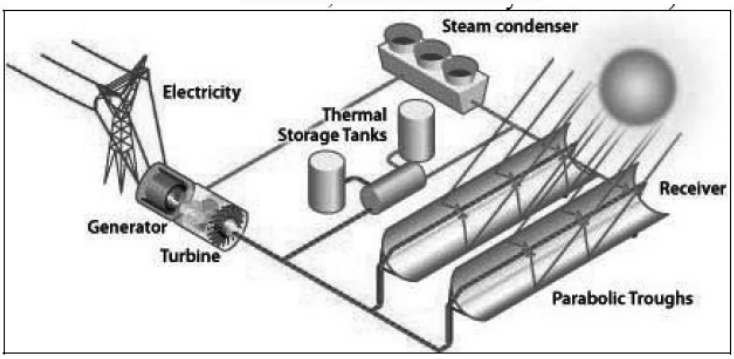
zakon o obnovljivim vidovima energije poslužio je kao uzor i drugim zemljama - Španiji, Portugaliji, Grčkoj, Francuskoj i Italiji. Nemački fotonaponski sistemi obezbeđuju oko 3.000 megavata električne energije, što je 1.000 puta više nego 1990.

Nemci ulažu mnogo u korišćenje solarne energije uprkos informaciji koju je izneo istraživač klimatskih promena u Nacionalnoj meteorološkoj službi Nemačke Gerhard Miler-Vestermajer, koji kaže da je Nemačka pod oblacima pet do šest osmina vremena i da preko godine ima samo malo dana bez oblaka. Mnogi gradovi u Nemačkoj imaju svega oko 1.500 sunčanih sati godišnje - upola manje nego u Španiji.

Fokusiranje sunčeve energije

Fokusiranje sunčeve energije upotrebljava se za pogon velikih generatora ili toplotnih pogona. Fokusiranje/koncentracija se postiže pomoću mnoštva ogledala u obliku tanjira „***Dish***" ili složenih konfiguracija tornja „***Power tower***". „Power tower" konfiguracije koriste kompjuterski kontrolisano polje ogledala za fokusiranje sunčevog zračenja na centralni toranj, koji onda pokreće glavni generator. Do sada su napravljeni demonstracioni sistemi koji imaju izlaznu snagu i iznad 10 MW. Ti novi sistemi imaju i mogućnost rada preko noći i po lošem vremenu tako da zagrejavaju tečnost u vrlo efikasni rezervoar (neka vrsta termo boce). „Dish" sistemi prate kretanje Sunca i na taj način fokusiraju sunčevo zračenje. Postoji još i „***Trough***" sistem fokusiranja sunčeva zračenja, koji može biti vrlo efikasan. Kada nema dovoljno energije od Sunca, sistemi koji fokusiraju sunčevo zračenje mogu se bez većih problema prebaciti na prirodni gas ili neki drugi izvor energije. Problem kod fokusiranja je veliki potrebni prostor za elektranu, ali to se rešava tako da se elektrana pravi npr. u pustinji. U pustinjama je ionako snaga sunčevog zračenja najizraženija. Veliki problem predstavlja cena ogledala i sistema za fokusiranje.

U solarnim termoelektranama sunčevo zračenje se koncentriše paraboličnim ogledalima ili heliostatima da bi se postigle temperature između 400 i 1000°C. Fluidi zagrejani na ovako visoke temperature u procesu sličnom kao kod klasičnih termoelektrana proizvode električnu energiju.



Slika 9. Solarna elektrana sa paraboličnim fokusiranjem

Najveća solarna centrala se nalazi u pustinji Mohave u Kaliforniji, i ima snagu od 354 MW, što je nešto više od 10% ukupne snage termoelektrane Nikola Tesla. U poslednje vreme ova tehnologija doživljava procvat, pre svega u Španiji i SAD.

Solarni potencijal Srbije

U toku 21-og veka Srbija će morati da primeni mudru energetsku strategiju koja će obuhvatati nekoliko inovativnih mera efikasnog korišćenja energije, brz porast korišćenja obnovljivih energetskih kapaciteta i korišćenje fosilnih goriva uz pridržavanje visokih ekoloških normi u cilju očuvanja prirodne sredine i klimatskih uslova. Uprkos velikog dugoročnog potencijala, fotonaponska tehnologija će u početku igrati sporednu ulogu, ali će njen doprinos konstantno rasti kako u urbanim tako i najudaljenijim mestima u Srbiji.

Procena ukazuje da instalacioni potencijali za fotonaponske sisteme do 2010. godine iznose oko 20 MW. Brz porast fotonaponske industrije u svetu uz porast proizvodnih kapaciteta i pozitivnu političku klimu u zemljama kao što su Japan, Nemača i Španija, obećavaju dobru perspektivu fotonaponskim tehnologijama i u Srbiji. Međutim, fotonaponska industrija zahteva pogodne i stabilne političke uslove u Srbiji za konstantan i održiv razvoj. Brze ili nagle promene u uslovima i iznosima subvencija te političkim stavovima mogu da dovedu u pitanje pozitivan razvojni trend. Uzimajući u obzir današnji značaj fotonaponske tehnologije, njihove dugoročne potencijale i vreme potrebno da se ovakve tehnologije razviju, razvoj i primene ovih tehnologija potpuno opravdavaju i ohrabruju državnu podršku i subvencije. Dodajmo pri tome da fotonaponska industrija može znatno da doprinese privredi zemlje otvaranjem novih radnih mesta, kao i malih i srednjih preduzeća.

Mogućnosti korišćenja sunčeve toplotne energije kada bi samo 300.000 domaćinstava u Srbiji imalo bar 5 m2 solarnih kolektora za grejanje sanitarne potrošne vode ili vazduha uštedelo bi se 1.500 GWh godišnje, što odgovara instalisanom proizvodnom kapacitetu od oko 400 MW. Takva investicija bi se isplatila za dve godine bez ikakve potrošnje energenata.

Potencijal Srbije u primeni toplotnih kolektora je zadovoljavajući na celoj teritoriji Srbije i moguće je efikasno korišćenje termičkog dejstva sunčevog zračenja. U prethodnom dugom periodu ovaj prirodni, ekološki i ekonomski najpovoljniji vid korišćenja energije nije mogao da se primenjuje jer nije postojala nikakva stimulacija stanovništva. Sada kada se nedostatak energije u čitavom svetu drastično oseća i kada cena struje u Srbiji raste kako bi dostigla cene u Evropskoj Uniji čista ekonomska računica će dovesti do upotrebe najracionalnijih izvora energije.

Stimulacija države u obliku poreskih olakšica za instaliranu opremu sigurno bi se višestruko isplatila u poređenju sa novim investicijama u elektroprivredu koje nas očekuju. Takođe u poređenju sa dobijanjem energije iz fotonaponskih ćelija ili vetrogeneratora upotreba solarnih kolektora je najekonomičnija u sadašnjem trenutku i može se primenjivati od individualnih korisnika do većih sistema.

Postoje četiri glavna razloga zbog kojih u Srbiji treba pokrenuti sve raspoložive snage da bi se sada u vrlo kratkom periodu, koji je veoma važan za nas, značajno povećala primena solarne energije.

- Preko 55% ukupne energije troši se u domaćinstvima u Srbiji u obliku električne energije od čega dobar deo za zagrevanje sanitarne vode.

- Postiže se smanjivanje troškova za zagrevanje sanitarne vode za oko 60 do 70% u toku godine, što dovodi do rasterećenja kućnog budžeta.
- Povećava se zaposlenost u procesu istraživanja, proizvodnje , montaže i servisiranja solarne opreme.
- Postizanjem značajnije primene solarne energije približavamo se preporukama Evropske unije o korišćenju obnovljivih izvora energije, među kojima Sunce ima značajnog udela.

Ekonomski i ekološki razlozi dovode do ulaganja u istraživačke i razvojne projekte koji svojim rezultatima pokreću investicije u proizvodnji opreme za eksploataciju energije. Apsurdno je da siromašne zemlje koje skupo plaćaju uvozne energente i opremu za proizvodnju energije ne učine napor da na bazi ekonomskih računica krenu u razvoj i proizvodnju onoga što je najpogodnije. To ukazuje na odnos vlasti prema svojoj zemlji, energetskim resursima i planiranju.

U borbi za profitom važno je biti prvi ili bar među prvima. Svaka od zemalja Evropske unije ima institute, laboratorije, škole i fakultete za istraživanje i učenje o primeni energije Sunca. U Kini, a pogotovo u Indiji, postoji po nekoliko velikih naučnoistraživačkih centara za izučavanje svih mogućih načina korišćenja energije Sunca u raznim oblastima ljudskih aktivnosti. Malo je čudno da postoji toliko paralelnih istraživanja na puno mesta, ali to samo govori koliko je oblast sunčeve energije značajna za budućnost i da nijedna država ne želi da ostane inferiorna u razvoju i primeni. Energetska sigurnost je na prvom mestu u svim dugoročnim planovima.

Pored istraživanja u oblasti same toplotne konverzije i njene primene, značajna i nerazdvojna oblast je i skladištenje primljene energije. To je naročito bitno kod solarnih elektrana koje koriste termalnu energiju Sunca u toku dana. Potrebno je pronaći načine kako da se energija koja je sakupljena u toku dana koristi noću. Istraživanja u oblasti akumuliranja toplotne energije razvijaju se u dve oblasti:

- Kratkotrajno skladištenje energije (1 do 7 dana)
- Sezonsko skladištenje energije (od leta za zimu)

Obe oblasti karakteriše istraživanje materijala - od kojih se grade rezervoari, materijala za termoizolaciju i materijala koji se koriste kao akumulator toplotne energije. Veoma je široko polje istraživanja od materijala koji će imati maksimalnu apsorpcionu moć, a minimalnu refleksiju, do materijala koji obezbeđuju samočišćenje kolektora, antikorozivnu zaštitu, visokoefikasnih fluida za prenos energije, visokotransmisionih stakala, koncentratora i još puno komponenti, materijala i konstrukcija.

Postoji mnogo načina da bi se ubrzale i podstakle aktivnosti u ovoj oblasti, a po ugledu na druge razvijene zemlje najviše efekta proizvelo bi:

- subvencionisanje kupovine svakog solarnog sistema za zagrevanje sanitarne vode. Takođe, beskamatnim kreditima ili oslobađanjem od PDV-a za nabavku solarne opreme skrenula bi se pažnja na ovaj vid štednje električne energije i povećala bi se prodaja.

- subvencionisanje proizvodnje solarne opreme putem kredita ili nepovratnim sredstvima trebalo bi da pomogne proizvođačima da uspostave kvalitetnu proizvodnju i prodaju, uz garantovane nepromenljive cene u periodu preciziranom u ugovoru.

U oblasti toplotne konverzije sunčevog zračenja je otvoreno nekoliko puteva za istraživanje i inovacije. Razvoj u ovoj oblasti nije toliko povezan sa skupocenom opremom kakav je slučaj kod fotonaponske konverzije. Potrebno je puno znanja, eksperimentisanja , računarskog modelovanja i inovativnosti da bi s e postigli zapaženi i korisni rezultati. Oblasti kao što su koncentrovano zračenje, hibridni sistemi (kombinacija toplotne i fotonaponske konverzije), vazdušni kolektori, integracija postojećih ili novih komponenti u zgrade, primena u destilaciji i desalinizaciji vode, pasterizacija u prehrambenoj industriji , sušenje u poljoprivredi i skladištenje toplotne energije samo su jedan deo programa koji mogu da se realizuju u Srbiji.

Da bi se pokrenuli ovakvi ili slični razvojni ciklusi potrebno je angažovati fakultete i nevladine organizacije da konkursima, razvojnim radionicama i naučnim radovima podstaknu studente, postdiplomce, pronalazače i naučnike na plodotvornu aktivnost čije rezultate treba da predstave proizvođačima. Na fakultetima je većini studenata nedostupan praktičan i stvaralački rad, jer im fakulteti ne organizuju ni minimum prakse, a učešće u istraživačkom i naučnom radu ne postoji.

Najnovija odluka da će se ove godine u Srbiji izdvojiti 200 miliona evra za oporavak i razvoj nauke je prilika da se bar 1% tih sredstava utroši za primenjena istraživanja u oblasti obnovljivih izvora energije pri čemu prvenstveno treba obratiti pažnju na sunčevu energiju, geotermalnu energiju i biomasu. Ministarstvo za nauku i tehnologiju u saradnji sa Ministarstvom energetike i Agencijom za energetsku efikasnost treba konitinuirano da raspisuje konkurse za istraživačke i demonstracione projekte sa precizno zadatim temama. Konkursi ne treba da budu namenjeni samo naučnoistraživačkim ustanovama, već svim projektnim timovima koji imaju znanje i mogućnosti da realizuju zadatke. Dosadašnja praksa je pokazala da i dobro osmišljene inicijative ne daju uvek rezultate , jer su projekti dodeljivani na osnovu ličnih veza , nije kontrolisano trošenje sredstava, a rezultati su ostajali na papiru u vidu izveštaja za najčešće i neurađene poslove. Na taj način nije pokrenuta skoro nikakva domaća proizvodnja. Ukoliko se promeni takva praksa i omogući da na konkursima učestvuju timovi u kojima ima penzionisanih doktora nauka, inženjera sa velikim praktičnim iskustvom, studenata i doktoranata koji žele da se praktično usavršavaju i dokazuju, onda možemo očekivati brze i kvalitetne rezultate. Naravno da je u tom slučaju potrebna i neophodna povezanost sa obrazovnim i naučnoistraživačkim ustanovama i ona će se sama uspostaviti, u zavisnosti od interesa i mogućnosti.

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



ENERGIJA VETRA

Energija vetra je transformisani oblik sunčeve energije. Sunce neravnomerno zagrejava različite delove Zemlje i to rezultira različitim pritiscima vazduha, a vetar nastaje zbog težnje za izjednačavanjem pritisaka vazduha. Razlikuju se ***globalni*** i ***lokalni vetrovi***.

Vetrovi

Globalni vetrovi su visinski. Nastaju kao posledica nejednakih zagrevanja vazdušnih masa u zemljinoj atmosferi. U zonama oko ekvatora vazduh se intenzivnije zagreva nego na polovima, gde je solarno zračenje manje zbog manjeg upadnog ugla. Ove razlike u temperaturi generišu vetrove. Topao vazduh sa ekvatora se diže uvis i struji ka severnom i južnom polu. Zato se u zonama oko ekvatora smanjuje atmosferski pritisak, te hladniji vazduh sa severa i juga struji ka ekvatoru, naravno na manjoj visini u odnosu na topli vazduh. Ovo kretanje vazdušnih masa se odvija na visinama od 1 km do 10 km i predstavlja globalne vetrove. Kada Zemlja ne bi rotirala, tople vazdušne mase, koje se uzdižu sa ekvatora bi stizale do severnog i južnog pola gde bi se hladile, ponirale i vraćale nazad. Međutim, zbog Zemljine rotacije, pri kretanju vazdušnih masa ka polovima na njih deluje i Koriolisova sila koja utiče na smerove strujanja vazduha. Osim toga ova sila na različitim geografskim širinama formira zone sa visokim i niskim vazdušnim pritiskom koje predstavljaju izvore i ponore globalnih vetrova. S obzirom da su globalni vetrovi visinski oni se ne mogu koristiti za pogon vetrogeneratora, ali ih treba poznavati jer utiču na vetrove u nižim slojevima atmosfere.

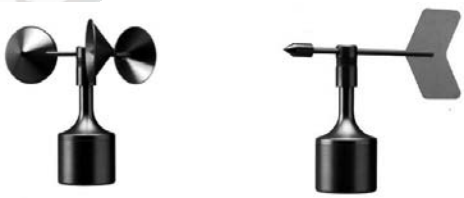
Lokalni vetrovi predstavljaju kretanje vazdušnih masa u prizemnom sloju atmosfere. Nastaju zbog lokalnih razlika u atmosferskim pritiscima. Tipični lokalni vetrovi su morski i planinski vetrovi. Morski vetrovi nastaju usled razlike u temperaturama mora i kopna. Kopno se danju brže greje od mora, pa se topliji vazduh iznad kopna diže i stvara nizak pritisak iznad tla. Time se pokreće hladniji vazduh iznad mora ka kopnu. Noću, zbog bržeg hlađenja kopna, more postaje toplije, pa se menja smer vetra od kopna ka moru. Dobre pozicije su obale okeana i pučina mora. Pučina se ističe kao najbolja pozicija zbog stalnosti vetrova, ali cene instalacije i transporta energije koče takvu eksploataciju.

U planinama, kao posledica zagrevanja sunčanih strana planine, nastaju strujanja koja su preko dana usmerena uz planinu, a noću menjaju smer. Na lokalne vetrove veliki uticaj ima reljef terena. S tim u vezi javlja se niz efekata lokalnog povećanja brzine vetra. Na primer, vetar je intenzivniji na vrhu brda nego u podnožju. Tunel efekat je ubrzavanje vetra između dva brda koja na vetar deluju kao prirodni levak. Efekat brda i efekat tunela mogu lokalno povećati brzinu vetra i do 30%, što višestruko povećava njegovu snagu. Osim ovih pozitivnih efekata, u graničnom površinskom sloju postoje različite prirodne i veštačke prepreke koje uzrokuju i negativne efekte smanjenja brzine vetra i pojavu turbulencija, što znatno utiče na kvalitet vetra kao primarnog energenta.

Merenje brzine vetra, ruža vetrova i Weibullova raspodela

Brzina vetra se obično meri sa anemometrom sa poluloptastim čašicama. Takav tip anemometra sastoji se od vertikalne osovine na kojoj se na vrhu nalaze tri poluloptaste čašice koje se okreću u smeru vetra. Broj obrtaja u minuti registruje se elektronskim putem. Uz anemometar se obično postavlja mehanizam za utvrđivanje smera vetra. Drugi tipovi, uključujući ultrazvučni ili laserski anemometar, utvrđuju fazni pomeraj zvuka ili koherentnu svetlost reflektovanu molekulima vazduha, čime precizno određuju brzinu vetra na raznim visinama.

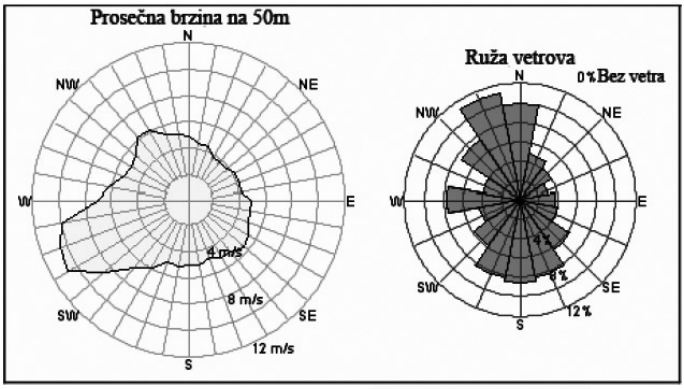
Na osnovu prikupljenih podataka o brzinama i pravcima vetrova, mogu se izraditi dijagrami ruža vetrova za neku lokaciju. Dijagram ruža vetrova prikazuje se u obliku kruga koji je, kao kompas, podeljen na 12 jednakih delova, svaki od 30 stepeni horizonta, što se uzima kao standard za evropski atlas vetrova.



Slika 1. Anemometar (levo) i mehanizam za utvrđivanje smera vetra (desno)

Karakteristike vetrova na nekoj lokaciji mogu se razlikovati iz godine u godinu, tako da se energetski potencijal vetra može razlikovati od godine do godine i do 10%, pa je preporučljivo osigurati višegodišnja merenja karakteristika vetrova na nekoj lokaciji.

U primenjenoj vetroenergetici važno je tačno odrediti promenjivost brzine vetra na potencijalnoj lokaciji kako bi projektanti smanjili proizvodne troškove električne energije.



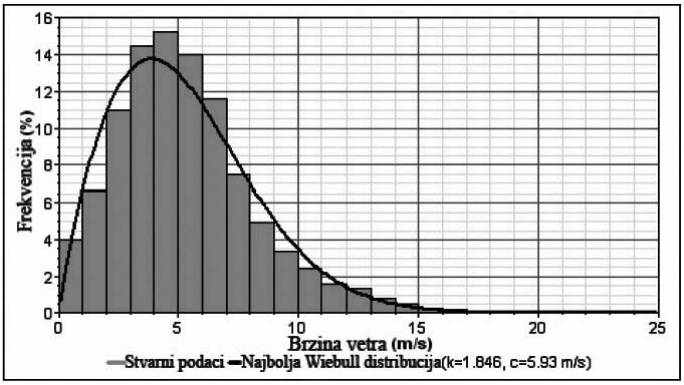
Slika 2. Primer ruža vetrova za brzine, smerove i frekvencije vetrova

Na karakteristike vetropotencijala neke lokacije utiče konfiguracija terena, odnosno hrapavost terena, prepreke na kopnu i slično. Šumska prostranstva, livade obrasle niskim rastinjem i drvećem smanjuju brzine vetra, dok vodene površine gotovo da i ne utiču na smanjenje brzine vetra. Zato se tereni klasifkuju prema hrapavosti. Teren sa više stabala ili visokih objekata ima visoku klasu hrapavosti, napr. od 3 do 4. Suprotno tome, morska površina ima nisku klasu hrapavosti, najčešće 0. Kao rezultat uticaja konfiguracije terena mogu nastati lokalne promene brzine vetra, tzv. "tunel efekat" i "brdski efekat".

"Tunel efekat" je pojava povećanja brzina vetra, kada vazdušne mase prelaze preko planinskih perevoja, a nastaje zbog značajnih redukcija strujnih vazdušnih površina.

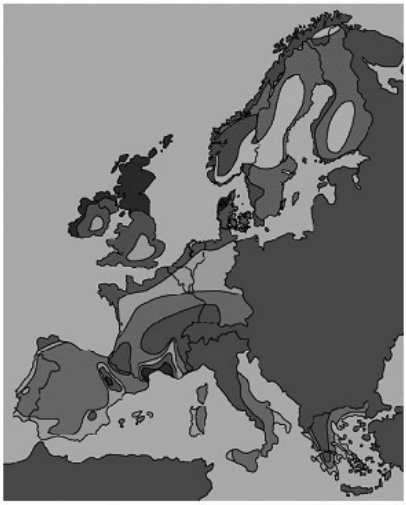
"Brdski efekt" se objašnjava činjenicom da se vazduh komprimira kad vetar struji prema brdu, što dovodi do uzlaznog toka vetra uz povećanje njegove brzine.

Promenljivost brzine vetra na nekoj lokaciji može se izraziti grafičkim putem koristeći tzv. „*Weibull*" distributivnu krivu, koja grafički pokazuje verovatnoću pojave određene brzine vetra.



Slika 3. Primer Weibull distributivne krive

Detaljan prikaz vetropotencijala za neku lokaciju, ili šire, daje atlas ili karta vetrova. Izrada atlasa vetrova skup je i komplikovan postupak koji obuhvata unos svih mogućih komponenti koje utiču na ponašanje vetra. Topografija terena se ucrtava pomoću satelita i kompjuterskih programa. Detaljan atlas vetrova prikazan je na sledećoj slici, izražen je za područje Zapadne Evrope, gde postoji višegodišnja tradicija merenja brzina vetrova, smera i slično.



Podaci o vetru na 50m iznad zemlje

boja	zaklonjeni teren		otvoreni prostor		na morskoj obali		otvoreno more		brdoviti kraj	
	m/s	W/m²	m/s	W/m²	m/s	W/m²	m/s	W/m²	m/s	W/m²
	>6.0	>250	>7.5	>500	>8.5	>700	>9.0	>800	>11.5	>1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	<3.5	<50	<4.5	<100	<5.0	<150	<5.5	<200	<7.0	<400
			>7.5							
			5.5-7.5							
			<5.5							

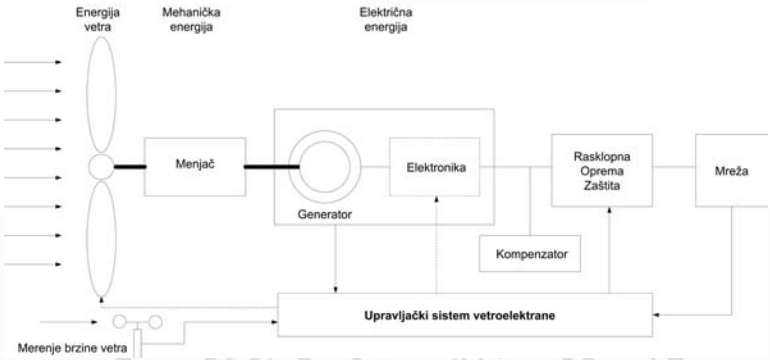
Slika 4. Evropska karta vetrova

Princip konverzije energije vetra u električnu

Kod pretvaranja kinetičke energije vetra u mehaničku energiju (okretanje vratila generatora) iskorišćava se samo razlika brzine vetra na ulazu i na izlazu. Albert Betz, nemački fizičar dao je još davne 1919. godine zakon energije vetra, a koji je publikovan 1926. godine u knjizi „*Wind-Energie*". Njime je dat kvalitativni aspekt znanja iz mogućnosti iskorišćavanja energije vetra i turbina na vetar. Njegov zakon kaže da možemo pretvoriti manje od 16/27 ili 59% kinetičke energije vetra u mehaničku energiju pomoću turbine na vetar. 59% je teoretski maksimum, a u praksi se može pretvoriti između 35% i 45% energije vetra.

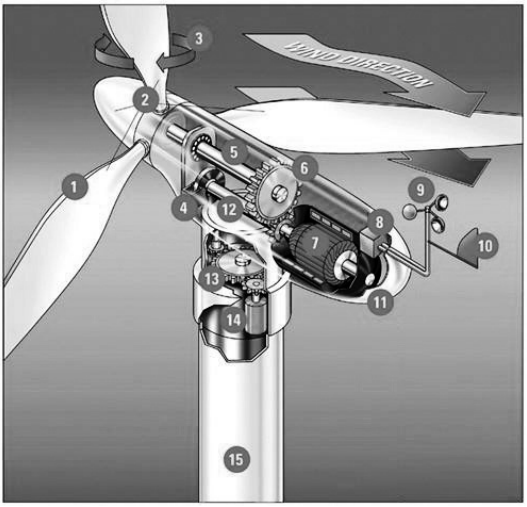
Postoji nekoliko rešenja s obzirom na način kako se energija vetra pretvara u električnu energiju:

- *vetroelektrane s indirektnim pogonom*; vetroelektrane s tri lopatice, vratilom i multiplikatorom spojene s generatorom koji dalje predaje energiju preko transformatora u električnu mrežu i
- *vetroelektrane s direktnim pogonom*, sa direktnom vezom između lopatica i generatora tj. nemaju multiplikator a električnu energiju u mrežu predaju pomoću frekventnog pretvarača i transformatora.
- Generatori mogu biti asinhroni kavezni s dve brzine, ili kliznokolutni s dvostrukim napajanjem, kao i sinhroni s električnom pobudom ili s permanentnim magnetom.



Slika 5. Uopštena šema vetroelektrane priključene na električnu mrežu

Regulacija snage vetroelektrane vrši se zakretanjem lopatica (*pitch*) i bez zakretanja lopatica (*stall*). Vetroelektrane sa zakretanjem lopatica imaju prednost jer se opseg iskorišćavanja energije vetra povećava, a racionalnija je i upotreba radi naglih promena vetra, a time se rešavaju i neki drugi problemi.



Slika 6. Delovi vetroagregata

1. Elisa (lopatica) 2.Kapa sa elise 3. Mogućnost okretanja 4. Kočnica 5. Osovina male brzine 6. Menjač 7. Generator 8. Kontroler 9. Anemometar 10. Vetrokaz 11. Korpa vetroturbine 12. Osovina velike brzine 13. Pogon za skretanje 14. Motor skretnog sistema 15. toranj

Radi lakše analize mogućnosti primene vetroturbina, u literaturi se spominju različite podele. Izdvajaju se osnovne podele sistema u kojem rade manje vetroturbine:

- prema načinu rada
  - samostalni rad ili
  - sprega s drugim izvorima energije
- prema sistemima u kom rade manje vetroturbine
  - samostalna mreža
  - sprega s drugim pretvaračima energije (hibridni sistemi)
  - priključak na javnu elektromrežu
- prema nameni
  - proizvodnja električne energije za opšte potrebe
  - crpljenje vode
  - snabdevanje električnom energijom navigacijskih, telekomunikacijskih i signalnih uređaja
  - ostale namene (desalinizacija morske vode, katodna zaštita, pravljenje leda i sl.).

U sledećoj tabeli dat je jedan primer kategorizacije VT kao smernica prilikom izbora VT. Pojedina kategorija određena je nazivnom snagom generatora u kW kao intervali potencija broja 10.

Tabela 1. Primer kategorizacije vetroturbina

KATEGORIJA VETROTURBINE	VELIČINA VETRO-TURBINE	SNAGA VETROTURBINE kW	INTERVAL SREDNJE BRZINE m/s
mikro	manja	< 1	<5
mini	manja	1 - 10	5 - 6
male	veća	10 - 100	6 - 7
srednje	veća	100 - 1000	7 - 8
velike	veća	>1000	>8

Kolona veličine opisuje vetroturbine prema gabaritima, načinu postavljanja i energetskom doprinosu. Interval srednje brzine predstavlja iznose srednje godišnje brzine na osi vetroturbine ispod kojeg nije preporučljivo ugraditi vetroturbine određene kategorije.

Tabela 2.. Primer kategorizacije vetroelektrana

KATEGORIJA VETRO-ELEKTRANE	VELIČINA VETRO-ELEKTRANE	SNAGA VETRO-ELEKTRANE MW	KATEGORIJA VETROTURBINE ZA UGRADNJU U VETROELEKTRANE			
mini	manja	< 1	mini	mala	-	-
mala	manja	1 - 10	-	mala	sred-nja	velika
srednja	veća	10 - 100	-	-	sred-nja	velika
velika	veća	>100	-	-	-	velika

U tabeli 2. dat je primer kategorizacije vetroelektrane preme kriterijumu instalirane snage po istoj metodologiji kao i za vetroturbine.

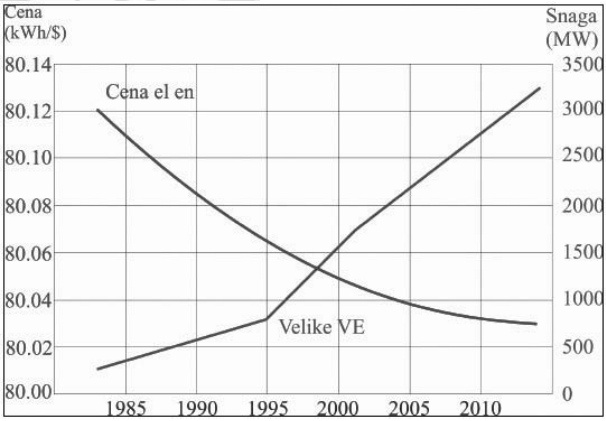
Ekonomika vetroelektrana

Kako je prag startne brzine korisnog rada vetrogeneratora relativno visok, očigledno je da je njihova lokacija, s obzirom na intenzitet vetra i verovatnoću pojave vetrovitih dana, osnovni faktor ekonomičnog korišćenja.

Često su vetrovite oblasti dosta udaljene od naselja i adekvatno razvijenih distributivnih mreža, pa na ekonomiju elektrana na vetar dosta utiču i troškovi njihove integracije u elektroenergetski sistem. Na sledećoj slici prikazan je odnos između cene proizvodnje el. energije u vetroelektrani i snage vetroelektrane.

Pogonski troškovi vetrogeneratora su neznatni. Učestvuju u ukupnoj ceni proizvedene energije sa samo oko 10% (nema troškova goriva, već postoje samo troškovi održavanja, personala, taksa, osiguranja, poreza i drugih administrativnih izdataka).

Zavisno od broja vetrovitih dana i brzina vetra iznad praga korisnog rada vetrogeneratora (između 4 i 5 m/s, ili između 14,4 i 18 km/h), već sada je u nekim zemljama njihova proizvodna cena (reda 6 c/kWh za eksploatacioni vek 15 – 20 god.) konkurentna ceni elektrana na fosilna goriva, dok su specifične investicije, osim za gasnoturbinske termoelektrane, nešto manje (oko 1000 – 1500 USD/kW).



Slika 7. Odnos cene proizvodnje električne energije u vetroelektrani i snage vetroelektrane

Cena jenog vetroagregata snage 1MW je oko jedan milion eura, koliko košta i instalacija 1MW u prosečnoj termoelektrani na ugalj. Za razliku od termo i hidroelektrana vetroelektrane se grade veoma brzo, za svega nekoliko meseci. Nemačka je, na primer, u poslednje četiri godine izgradila preko 8000 MW vetrogeneratora, što odgovara snazi svih hidro i termo elektrana u Srbiji. Vek trajanja vetroelektrane je oko 25 god. Ipak, cena proizvedene električne energije iz prosečnog vetroagregata je još uvek skuplja od cene kWh iz konvencionalnih elektrana. Prosečan vetroagregat od 1MW instalisane snage proizvede električne energije na godišnjem nivou duplo manje nego 1MW instalisane snage u hidroelektrani, odnosno oko tri puta manje nego u prosečnoj termoelektrani i oko 3,5 puta manje nego ista instalisana snaga u nuklearnoj elektrani. Osim toga, proizvodnju vetroelektrane diktira vetar, dok u akumulacionim hidroelektranama upravljanje proizvodnjom se vrši na osnovu zahteva tržišta. Na jako vetrovitim lokacijama, čija je srednja godišnja brzina veća od 7m/s, vetroelektrane mogu biti i ekonomičnije od komercijalnih izvora ali su takve povoljne lokacije relativno retke.

Smatra se da će vetroelektrane po ceni proizvedenog kWh biti u potpunosti konkurentne konvencionalnim izvorima kada se u cenu proizvodnje električne energije uključi i uticaj na životnu sredinu. Za proizvodnju 1 kWh u prosečnoj termoelektrani na lignit se potroši oko 1,5 do 2 kg uglja pri čemu se u atmosferu oslobodi oko 1 kg ugljen-dioksida (CO_2) i oslobodi oko 2 kWh toplotne energije koja se rasipa u okolinu i lokalno zagreva reku i atmosferu. CO_2 je uz vodenu paru najveći uzročnik globalnog zagrevanja (efekta staklene bašte). Prema sporazumu iz Kjota svaki kilogram CO_2 koji se emituje u atmosferu ima svoju cenu i ti takozvani eksterni troškovi mogu povećati troškove proizvodnje 1 kWh električne energije u termoelektranama i do 200%.

Prednosti i nedostaci vetroenergetike

Kao dobre strane iskorišćavanja energije vetra ističu se visoka pouzdanost rada postrojenja, nema troškova za gorivo i nema zagađivanja okoline. Loše strane su visoki troškovi izgradnje i promenjivost brzine vetra (ne može se garantovati isporučivanje energije). Za domaćinstva vrlo su interesantne male vetrenjače snage do nekoliko desetaka kW. One se mogu koristiti kao dodatni izvor energije ili kao primarni izvor energije u udaljenim područjima. Kad se koriste kao primarni izvor energije nužno im se dodaju baterije (akumulatori) u koje se energija sprema/skladišti kad se generiše više od potrošnje. Velike vetrenjače često se instaliraju u park vetrenjača i preko transformatora spajaju na električnu mrežu.

Na pogodnim lokacijama se grupiše obično više vetroagregata koji čine vetroelektranu. Vetroelektrana može imati i nekoliko stotina vetroagregata i snagu preko 300 MW. Grade se na kopnu (*onshore wind farm),* ali i u priobalnom pojasu plitkih mora *(offshore wind farm)* gde duvaju jaki i stabilni vetrovi. Primeri *onshore* i *offshore* vetroelektrana prikazani su na sledećim slikama.

Prednosti povezivanja vetrogeneratora u celinu su niža cena razvoja lokacije, jednostavnija interkonekcija sa EES-om i centralizovan pristup upravljanju i održavanju. Problem koji nastaje u vezi sa grupisanjem vetroagregata, vezan je za optimalno razmeštanje vetroagregata kako bi njihov učinak bio maksimalan. Optimalna rastojanja između vetroagregata prikazana su na sledećoj slici., gde je D prečnik vetroturbine.



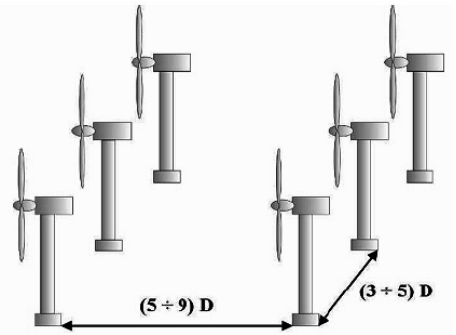
Slika 8. Vetroagregati na kopnu (*onshore wind farm*)

Jedan od najnepovoljnijih aspekata vetroelektrane jeste taj što imaju varijabilnu i stohastičku proizvodnju (proizvodnju koja se ne može predvideti). Zbog ovog razloga ne bi trebalo da udeo vetroelektrana pređe 10% u snazi svih elektrana elektroenergetskog sistema. Udeo ovih elektrana moguće je povećati ako se osigura akumulisanje energije. Neka od mogućih rešenja jesu kombinovanja vetroelektrana sa pumpno-akumulacionim postrojenjima ili solarnim elektranama. Višak električne energije dobijene iz vetrogeneratora moguće je iskoristiti za kompresiju vazduha koji se zatim uskladišti u nadzemnim ili podzemnim rezervoarima. U pogodnom trenutku taj se vazduh može iskoristiti za pokretanje turbina. Na ovaj način postiže se vremenska nezavisnost između proizvodnje električne energije u elektro-energetskom sistemu i potrošnje potrošača. Međutim ni jedno od ovih rešenja nije povoljno jer troškovi izgradnje elektrana drugih tipova uz elektranu na vetar ili troškovi uskladištenja energije mogu biti veći od troškova izgradnje same vetroelektrane.



Slika 9. Vetroagregati u probalnom pojasu (*offshore wind farm*)

Problemi koji se još javljaju u vezi sa radom vetroelektrana jesu buka pri prolasku krila kroz zavetrinu stuba i buka koju prave lopatice pri kretanju kroz vazduh, ometanje elektromagnetnih talasa, mehaničke vibracije, zauzimanja površine zemljišta. Iako velike vetroturbine rotiraju veoma sporo javljaju se flikeri sunčeve



Slika 10. Optimalna rastojanja između vetroagregata

svetlosti, tj. pojavljivanje i iščezavanje senki što može biti veoma uznemiravajuće za ljude koji žive u blizini vetroturbina. Nova tehnološka rešenja na polju vetroenergetike iz dana u dan znatno smanjuju probleme vezane za eksploataciju vetroelektrana.

Budućnost vetroenergetike

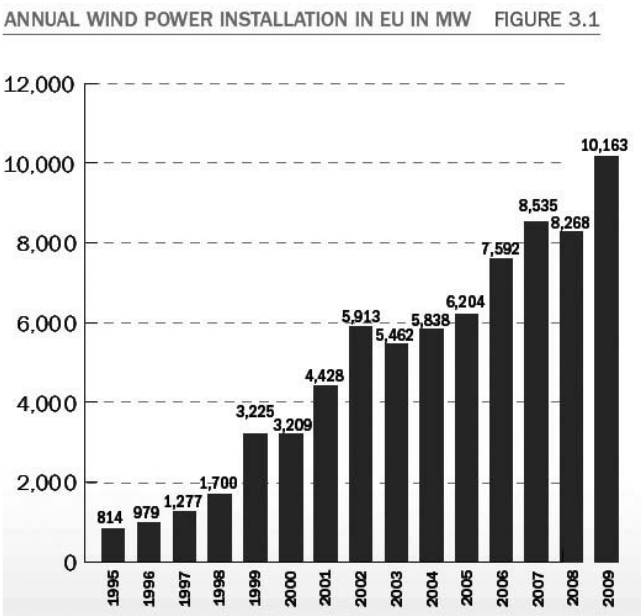
Prognoze razvoja vetroenergetike su vrlo optimističke i u svim varijantama predstavljaju vetroelektrane kao vrlo bitan izvor električne energije u budućnosti. Takve prognoze su realne jer je vetar neiscrpan energent, a njegov potencijal višestruko prevazilazi globalne potrebe za električnom energijom. Ipak, vetar će, zbog svoje nepredvidive (stohastičke) prirode imati ograničen udeo u ukupnoj proizvodnji električne energije. Prema studiji izvodljivosti Wind Force 12, koju je finansirala i sprovela Evropska Unija, učešće vetroelektrana u globalnoj svetskoj proizvodnji električne energije u 2020. godini se procenjuje na 12%.

Iskorišćavanje energije vetra najbrže je rastući segment proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. U zadnjih nekoliko godina znatno je poboljšana tehnologija, a naročito turbine na vetar.

Najbolji primer je nemačko tržište turbina na kome se prosečna snaga od 470 kW 1995. godine povećala na 1 280 kW 2001. godine. Ovo povećanje snage postiglo se odgovarajućim povećavanjem veličine turbina gonjenih vetrom. Trenutno su u razvoju turbine koje će moći generisati snagu između 3 i 5 MW. Neki proizvođači već su predstavili svoje prototipove u tom razredu snage (nemačka firma *Enercon* trebala bi proizvesti turbinu snage 4,5 MW).

Nemačka je trenutni lider u proizvodnji električne energije iz vetra sa 8 750 MW, a to je više od jedne trećine ukupno instalirane snage vetrenjača u svetu. Toliko instaliranih vetrenjača u Nemačkoj rezultat je politike nemačke vlade koja podsticajnim merama pomaže instalaciju novih kapaciteta. Zbog toga se u 2001. godini ukupno instalirana snaga povećala za 43,7%. U Španiji, Danskoj i Italiji takođe raste instalirani kapacitet. Od sveukupne proizvodnje električne energije Danska dobija 14% od vetra i dalje ubrzanim tempom gradi nove kapacitete. Namera Danske je da takvim pristupom do 2030. godine 50% energetskih potreba domaćinstava zadovolji iskorišćavanjem energije vetra. U SAD-u je trenutno instalirano 6 374 MW vetrenjača. Tako mala instalirana snaga u privredno najjačoj zemlji sveta rezultat je tradicionalnog američkog oslanjanja na fosilna goriva.

Evropska Unija i SAD izradile su atlase svojih vetropotencijala za brzine vetrova na 45 metara iznad površine zemlje. Iz tih karata može se videti da je jedna četvrtina površine Evropske Unije idealna za instaliranje vetrenjača. Danska meri svoje potencijale vetra još od 1979. godine. Rezultat toga je da Danska danas ima najpreciznije informacije o vetru, a to korist za postavljanje novih vetrenjača. Sjedinjene Američke Države uložile su golema sredstva u izradu atlasa potencijalne energije vetra za sva svoja područja. Gotovo 50 % ukupne površine SAD-a izuzetno je povoljno za korišćenje energije vetra.



Slika 11. Godišnje instalirani kapaciteti vetroelektrana u Evropi

Uz geografsko pozicioniranje vetroelektrana, vrlo je bitna i visina tornjeva. Na većoj visini veće su brzine vetrova, više je vetra, ali i konstrukcija koja nosi vetroelektranu je skuplja. Za svakih 10 metara visine tornja cena se uvećava za 15 000 dolara. Veće turbine davaće više energije, ali zato različiti prečnici zahtevaju veću visinu tornja, a oni diktiraju veću ili manju snagu turbine. Tako će za snagu turbine od 225 kW rotor imati raspon 27 metara, za 600 kW 43 metra, a za 1 500 kW 60 metara. Danas se smatra da je potreban minimum brzine vetra od 25 km/h. U novije vreme grade se vetroelektrane od nekoliko megavata, poput one koja je krajem 1999. godine puštena u rad u Danskoj. NEG Micon vetroelektrana od 2 MW ima rotor prečnika 72 metra i nalazi se na 68 metara visokom tornju.

Osim Nemačke, kretanja u svetskoj energetici s vetroelektranama iskoristilo je nekoliko evropskih zemalja (Španija, Danska, Austrija) i za restruktuiranje vlastite metalne industrije i privredni rast elektroindustrije - uz značajno novo zapošljavanje.

Tržište vetroelektrana danas u svetu raste po stopi većoj od 30% godišnje i zapošljava preko 70 000 ljudi (Evropa 40 000, a od toga samo Španija 17 000). Takav značajan rast rezultat je ne samo osmišljene politike vlada navedenih zemalja, već i obaveza iz Kyoto protokola, koji je, potpisivanjem Rusije, stekao uslove za usvajanje, kao i ulaganja međunarodnih finansijskih fondova koji podstiču primenu OIE. Španska iskustva govore da gradnja opreme i montaža vetroelektrana donosi 15-20 radnih mesta po 1 MW instalirane snage godišnje. Godine 2002. u toj se zemlji poslovima vezanim uz ovaj oblik OIE bavilo 350 firmi od kojih četiri integratora koji deluju i izvan nacionalnih granica

Finska nacionalna energetska strategija predviđa da samo kombinacija različitih goriva i tehnologija može stvoriti jaku konkurenciju koja će rezultirati niskom cenom energije i otvoriti nove mogućnosti za budućnost. Upravo su finska poduzeća izgradila prvu vetroelektranu snage 1 MW (s ABB-ovim generatorom, METSO reduktorom, Rentaruuskim steel tornjem, SSP-pitch regulacijom, MITA upravljanjem i EUROS turbinom).Trenutno je stanje takvo da finska preduzeća proizvode komponente za vetroelektrane u vrednosti od 170 mil. €. Zaposleno je 1 300 radnika s tendencijom godišnjeg porasta realizacije od 30-50%. Do 2010. planira se povećanje instalirane snage s 38 MW na 500 MW i porast zaposlenosti na 10 000 ljudi. Od izuzetne je važnosti napomenuti da su troškovi razvoja iznosili 1,2 mil. €, od čega je 20% snosila National Technology Agency. Troškovi izgradnje iznosili su 1 mil. €, a 40% je pokrilo Ministarstvo industrije (udeo finskog rada i opreme iznosio je 70%).

Vezivanje vetroagregata na mrežu

Na lokacijama koje omogućavaju tehnički i ekonomski opravdanu eksploataciju vetra grade se vetroelektrane. Više vetroagregata grupiše se u celinu. Instalisana snaga tako formirane vetroelektrane može biti od nekoliko MW do nekoliko stotina MW. Mogu se graditi u priobalnom plitkom moru (*offshore*) ili na kopnu (*onshore*). Prostorni raspored vetroagregata u okviru vetroelektrane zavisi od konfiguracije terena i dominantnog pravca duvanja vetra. Svaka vetroturbina uzrokuje smanjenje brzine vetra i povećanje njegove turbulentnosti, tako da turbina u njenoj zavetrini ima vetar manje brzine i lošijeg kvaliteta. Ta pojava se naziva ***efekat zavetrine*** (*njake* efekat). On je izraženiji kod većih turbina. Smanjenje negativnog uticaja zavetrine postiže se povećanjem rastojanja između vetroturbina na liniji dominantnog pravca duvanja vetra, odnosno optimizacijom njihovog rasporeda u okviru vetroelektrane. Optimizacija se vrši pomoću posebno razvijenih softvera za tu namenu. Tipično rastojanje između vetroturbina u okviru elektrane je 5 do 7 dužina prečnika rotora turbina. U pogledu zauzimanja prostora na 1 km^2 mogu se postaviti vetroagregati čija je ukupna snaga (10 do15) MW.

Vetroagregati se u okviru vetroelektrane povezuju na zajedničke sabirnice kablovskim vodovima da bi se izbegao uticaj atmosferskih prenapona. Koriste se različite jednopolne šeme za povezivanje vetroagregata koje zavise od veličine vetroelektrane i prostornog rasporeda vetroagregata. Vetroelektrana se na prenosnu ili distributivnu mrežu vezuje pomoću energetskog transformatora. Transformator je obično mesto razgraničenja između nadležnosti vlasnika vetroelektrane i vlasnika prenosne ili distributivne mreže.

Naponski nivo mreže na koju se vezuje vetroelektrana zavisi od instalisane snage vetroagregata u njoj. Veće vetroelektrane se direktno priključuju na visokonaponsku prenosnu mrežu, dok se usamljeni vetroagregati i manje vetroelektrane priključuju na distributivnu srednjenaponsku mrežu.

Da bi se neki vetroagregat ili vetroelektrana priključili na distributivnu mrežu treba da zadovolje propisane tehničke uslove za priključenje (svaka elektroprivreda propisuje tehničke uslove o priključenju vetroagregata na distributivnu mrežu). Elektoprivreda

Srbije je u maju 2003. godine, u vidu preporuke, donela „Osnovne tehničke zahteve za priključenje malih elektrana na mrežu Elektrodistribucije Srbije". Preporuke se odnose na sve male elektrane (hidroelektrane, vetroelektrane, solarne elektrane, termoelektrane na biomasu itd.) snage do 16 MVA koje se priključuju na distributivnu mrežu napona 0,4 kV, 10 kV, 20 kV ili 35 kV. Osnovni uslovi priključenja su u navedenoj preporuci definisani kroz četiri kriterijuma:

1) kriterijum dozvoljene snage male elektrane;
2) kriterijum flikera;
3) kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika;
4) kriterijum snage kratkog spoja.

Osim nacionalnih propisa postoje i međunarodne preporuke (IEC) koje preciziraju uslove i sve bitne tehničke aspekte priključivanja vetroagregata na električnu mrežu.

Uklapanje vetroagregata u EES

Vetar je stohastičke prirode, pa je i snaga vetroagregata stohastična veličina. Velike varijacije generisane snage stvaraju probleme u planiranju proizvodnje, naponskim varijacijama i stabilnosti rada, kako vetroagregata tako i celog elektroenergetskog sistema (EES-a).

Nepredvidljivost proizvodnje električne energije u veteroagregatima ograničava njihovo maksimalno procentualno učešće u proizvodnji nekog EES-a i zahteva povećanje regulacione rezerve u EES-u. Pogodno je da u EES-u sa vetroelektranama postoje reverzibilne hidroelektrane ili gasne termoelektrane sa rezervoarima vazduha pod pritiskom. Razvoj dugoročne i kratkoročne prognoze vetrovitosti je od velikog značaja za pouzdano planiranje proizvodnje u EES-ima sa snažnim vetroelektranama.

U pogledu stabilnosti kritični su vetroagregati priključeni na slabu distributivnu mrežu. Problemi stabilnosti i naponskih prilika se moraju analizirati pri projektovanju elektrane na vetar. Mora se analizirati potreba izgradnje električne mreže na koju se priključuju vetroagregati. Po potrebi, treba predvideti kompenzaciona postrojenja (statička ili dinamička) koja bi generisala reaktivnu energiju u vetroelektranama, čime bi se poboljšali naponi. Vetroagregati i njihov upravljački sistem vrlo su osetljivi na naponske flikere, te je stabilnost napona neophodna i za sam rad vetroagregata. Priključenjem vetroagregata na distributivnu mrežu ona postaje aktivna (gubi radijalnost), pa se koncept relejne zaštite u distributivnoj mreži menja.

Pored problema vezanih za tranzijentnu i naponsku stabilnost, prisutan je i problem generisanja viših harmonika napona i struja kao posledica rada energetskih pretvarača (invertora) preko kojih su vetroagregati priključeni na mrežu. Međutim, on je kod savremenih vetroagregata prevaziđen konstrukcijom invertora i upotrebom filtara viših harmonika.

Energetski potencijal vetra u Srbiji

U Srbiji nisu sprovedena opsežnija namenska merenja vetra u cilju određivanja globalnog vetropotencijala. Analizirajući mapu vetrova Srbije koju je formirao hidrometeorološki zavod bivše SFRJ vetrovi u Srbiji su slabiji nego u Danskoj tako da iako imamo skoro dvostuko veću površinu može se proceniti da je tehnički iskoristiv vetropotencijal na tritoriji Srbijr oko: P = 20 GW = 20.000 MW. Ministarstvo za ekonomiju Nemačke je u studiji o vetroenergetskom potencijalu kopnenih vetrova u Nemačkoj iznelo podatak da je ukupni iskoristivi vetropotencijal kopnenih vetrova u Nemačkoj oko 64.000 MW instalisane snage vetrogeneratora.

Analizirajući vetrove Nemačke i Srbije može se konstatovati da su intenziteti srednjih godišnjih brzina vetrova jako slični. Pod pretpostavkom da su brzine vetrova u Srbiji 10 do 20% manje nego u Nemačkoj, može se usvojiti da je vetroenergetski potencijal manji za 40% što uzimanjem u obzir i površine Srbije dovodi do vrednosti od: P = 11 GW = 11.000 MW. Dakle, na osnovu uporednih analiza može se zaključiti da je globalni tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal u Srbiji:

$$P = [8 \div 15]\ GW = [8.000 \div 15.000]\ MW,$$

odnosno, ako bi vetrogeneratori radili sa faktorom iskorišcenja od 20% mogli bi proizvesti električnu energiju od 17.500 GWh/god. ili 17,5 TWh/god.

Osnovni tehnički problem integracije vetrogeneratora u elektroenergetski sistem je sadržan u samoj prirodi vetra. Vetar kao stohastički izvor ima mali stepen kompatibilnosti pa se javljaju problemi u planiranju i regulaciji elektroenergetskih sistema koji imaju veliko procentualno učešće vetrogeneratora u ukupnoj proizvodnji električne energije. Prema studijama koje su se bavile analizom maksimalnog učešća vetrogeneratora u ukupnoj proizvodnji prosečnog EPS-a , pokazalo se da je tehnički maksimum učešća vetrogeneratora u ukupnoj globalnoj proizvodnji električne energije oko 20%. Ovaj stepen participacije vetrogeneratora podrazumeva postojeće konfiguracije elektrenergetskih sistema. Pojačanjem interkonekcije i izgradnjom akumulacionih sistema ovaj procenat se može povećati.

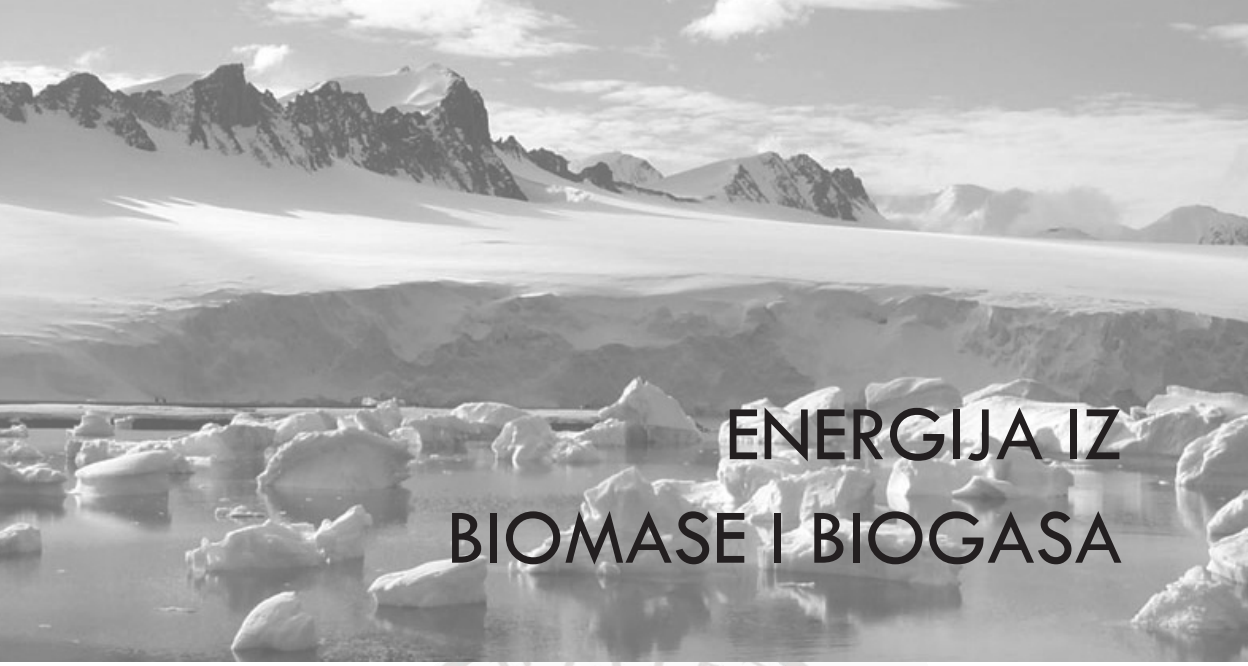
Postojanje reverzibilne hidrolektrane Bajina Bašta omogućava preuzimanje viška električne energije u uslovima pojačanog vetra odnosno proizvodnje vetrogeneratora. Takođe, stabilni hidropotencijali (Đerdapske hidroelektrane) mogu da obezbede efikasnu regulacionu rezervu i time stabilan rad sistema i u uslovima velike varijacije u proizvodnji vetrogeneratora. Dakle, postojeća struktura električnog proizvodnog sistema u Srbiji omogućava uključenje vetrogeneratora u elektroenergetski sistem. Što se tiče prenosnog sitema, on bi priključenjem vetrogeneratora bio u značajnoj meri rasterećen jer se vetrogeneratori priključuju po pravilu na distributivne sisteme. Osim rasterećenja bili bi smanjeni i gubici u prenosnoj mreži na račun decentralizacije proizvodnje. Obzirom da je vetar stohastički izvor, važno je analizirati u kojoj meri se poklapaju godišnje fluktuacije vetra i zahtevi potrošača za električnom energijom.

U Srbiji postoje potencijalno pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora:

1. Istočni delovi Srbije - Stara Planina, Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh itd. U ovim regionima postoje lokacije čija je srednja brzina vetra preko 6 m/s. Ova oblast prostorno pokriva oko 2000 km2 i u njoj bi se perspektivno moglo izgraditi oko 2000 MW instalisane snage vetrogeneratora.
2. Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare su planinske oblasti gde bi se merenjem mogle utvrditi pogodne mikrolokacije za izgradnju vetrogeneratora.
3. Panonska nizija, severno od Dunava je takođe bogata vetrom. Ova oblast pokriva oko 2000 km2 i pogodna je za izgradnju vetrogeneratora jer je izgrađena putna infrastruktura, postoji električna mreža, blizina velikih centara potrošnje električne energije i slično. U perspektivi bi se u ovoj oblasti moglo instalirati oko 1500 do 2000 MW vetrogeneratorskih proizvodnih kapaciteta.

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



ENERGIJA IZ BIOMASE I BIOGASA

Biomasa

Biomasa je organska materija životinjskog ili biljnog porekla koja se pomoću različitih procesa pretvara u upotrebljivu energiju. Biomasu sa stanovišta energetskog iskorišćenja delimo u tri osnovne grupe:

- Biomasa pogodna za spaljivanje;
- Biomasa pogodna za izradu biogoriva;
- Biomasa pogodna za izradu biogasa.

Energija iz biomase dolazi u čvrstom, tečnom (npr. biodizel, bioetanol, biometanol) i gasovitom stanju (npr. biogas, gas iz rasplinjavanja/gasifikacije biomase i deponijski gas).

Energija biljnog porekla predstavlja, procesom fotosinteze akumuliranu svetlosnu energiju kojom se svetlost transformisala u hemijsku energiju. U toku fotosinteze biljke koriste ugljen dioksid iz vazduha i vode u cilju stvaranja ugljenih hidrata, koji predstavljaju osnovne gradivne elemente biomase. Na ovaj način se svetlosna odnosno sunčeva energija akumulira u hemijskim vezama strukturnih komponenti biomase. Ova energije može se eksploatisati na razne načine. Sa druge strane, osnovni izvor biomase životinjskog porekla je prirodni tečni stajnjak.

Upotreba biomase ili goriva i otpadnih materija dobijenih iz biomase kao izvora energije zahteva njihovo sagorevanje i oslobađanje toplote koja pokreće generatore električne energije. Energija akumulirana u biomasi je hemijske prirode pa u njenoj eksploataciji nema prekida rada, kao što je to slučaj sa solarnom ili energijom vetra. Sa ovog aspekta, biomasa ima više karakteristika fosilnih goriva nego obnovljivih izvora, sa razumljivim razlogom jer su fosilna goriva ustvari fosilni oblik biomase.

Istorijski gledano, biomasa je bila osnovni izvor energije za čovečanstvo, uglavnom u obliku drveta koje se koristilo za grejanje i spremanje hrane, dok su industrijskom revolucijom primat preuzela fosilna goriva. I pored toga biomasa danas učestvuje sa 15% u ukupnoj potrošnji energije, a značajno je da je ovaj udeo znatno veći u zemljama u razvoju nego u industrijalizovanim zemljama. Jedan od najbitnijih faktora koji određuju potencijalnu ulogu biomase u energetskoj industriji, predstavlja jaka konkurencija koja postoji između vrednosti biomase i zemljišta neophodnog za njen uzgoj, što nije slučaj sa ostalim obnovljivim izvorima.

Biomasa može da se koristi kao hrana, đubrivo, za proizvodnju papirnih vlakana i kao gorivo. Čak i među derivatima biomase postoji konkurencija koja može da smanji njen značaj kao potencijalno gorivo: stajnjak je važno đubrivo, papir može da se reciklira, ljuspice pamuka mogu da se koriste u naftnim bušotinama, piljevina može da se koristi kao zaštitini sloj plodnog zemljišta, a otpadne masti iz restorana kao hrana za domaće životinje. Iako mnogi stručnjaci smatraju da biomasa može da se uzgaja isključivo za energetske potrebe, njihova dvostruka ili višestruka uloga se ne može zanemariti uključujući i ulogu sekundarnih proizvoda žetve.

Koncept upotrebe biomase obuhvata veliki broj izvora kao što su:

- Poljoprivredni otpaci: slama, lišće, delovi voćaka, itd.
- Poljoprivredne žitarice kao što su različite vrsta šećerne repe, šećerna trska, kukuruz, itd.
- Energetske žitarice: žitarice koje brzo rastu ko što su repa, krompir i drveće kao što su vrba ili hibridni platan, itd.
- Šumski otpaci: neiskorišćeno drvo, ostaci klada i panjeva, polu divlje drveće, itd.
- Industrijski otpad: industrije koje prozvode organski otpad, kao što je slučaj sa industrijom pića, prehrambena industrija i sl.
- Gradski otpad: iako ovaj tip otpada često sadrži toksične materijale, kao što su hemijski obrađivano drvo, baterije koje sadrže živu i druge opasne materije, ima otpada kao što su papir i biljni ostaci koji se mogu iskoristiti kao izvor biomase.

Hemijski sastav biomase varira u zavisnosti od tipa izvornih materija, mada se prosečan sastav uglavnom sastoji od 25% lignina i 75% ugljenih hidrata odnosno šećera. Lignin se sastoji od molekula, različitih od molekula šećera, povezanih u tanke pločaste strukture. Ugljeni hidrati se formiraju od molekula šećera povezanih u dugačke lance ili polimere, kao što su celuloza ili polu-celuloza. Figurativno rečeno, sastav biljaka je takav da celuloza predstavlja strukturu, a lignin cement.

Glavna prednost u korišćenju biomase kao izvora energije su obilni potencijali, ne samo u tu svrhu zasađene biljne kulture već i otpadni materijali u poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji. Gasovi koji nastaju korišćenjem biomase mogu se takođe iskoristiti u proizvodnji energije. Prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je i neuporedivo manja emisija štetnih gasova i otpadnih materija. Računa se da je opterećenje atmosfere s CO_2 pri korišćenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je količina emitovanog CO_2

prilikom izgaranja jednaka količini apsorbovanog CO_2 tokom rasta biljke - ukoliko su seča i prirast drvne mase u održivom odnosu – *1 hektar šumskih površina godišnje apsorbuje jednaku količinu* CO_2 *koja se oslobađa izgaranjem 88 000 litara lož ulja ili 134 000 m3 prirodnog gasa.*

Korišćenje biomase omogućava i zapošljavanje (otvaranje novih i zadržavanje postojećih radnih mesta), povećanje lokalne i regionalne privredne aktivnosti, ostvarivanje dodatnog prihoda u poljoprivredi, šumarstvu i drvnoj industriji kroz prodaju biomase-goriva (*procenjuje se da je u 2005. godini na poslovima proizvodnje biomase i njenog korišćenja za energiju na području Evropske Unije bilo zaposleno preko pola miliona ljudi*).

Neke važnije karakteristike koje podržavaju upotrebu biomase u energetskoj industriji su:

- Prevencija erozije
- Smanjenje opasnosti od požara
- Zaštita životinjskog i biljnog sveta i drugih komponenti njihovih raznolikosti
- Manja emisija štetnih materija iz generatora električne energije koji koriste biomasu kao gorivo, u poređenju sa sličnim tehnologijama koje koriste fosilna goriva
- Redukcija gasova koji proizvode efekat staklene bašte
- Otvaranje novih radnih mesta
- Ekonomske koristi u ruralnim sredinama

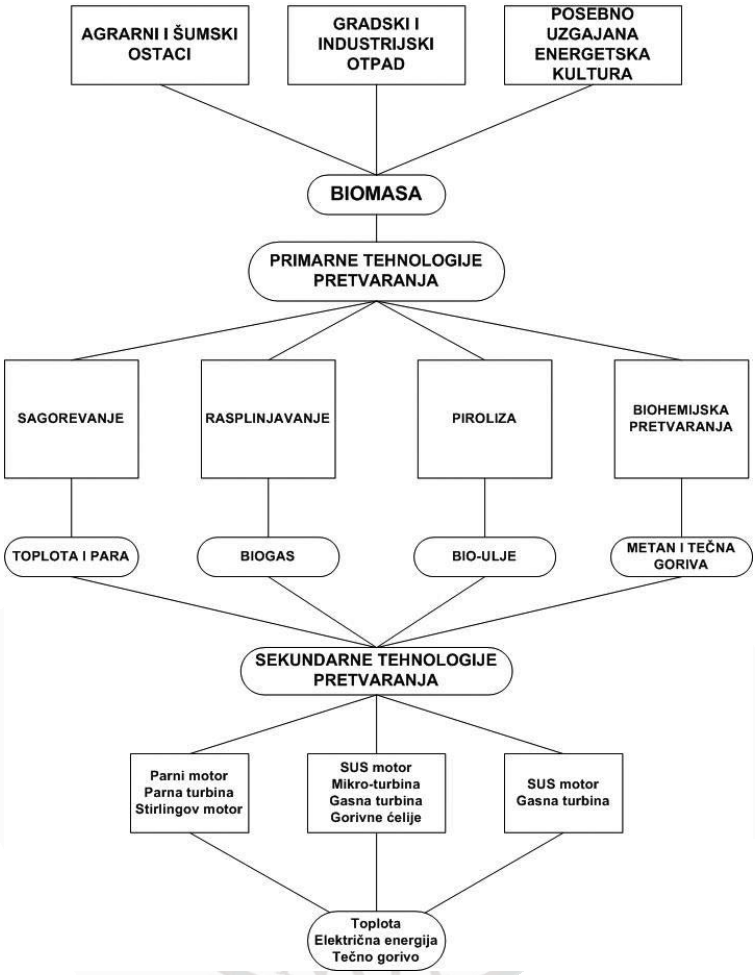
Tehnologije proizvodnje energije iz biomase

Postoje razni načini da se iz biomase dobije energija. Upotrebljava se isključivo *šumska biomasa* (ostaci i otpad nastali redovnim upravljanjem šumama, razređivanje i ogrevno drvo) i *biomasa iz drvne industrije* (ostaci i otpad pri struganju, brušenju, blanjanju -gorivo u vlastitim kotlarnicama, sirovina za proizvode, briketi i peleti - nastaju sabijanjem, odnosno presovanjem usitnjene drvne biomase u rasutom stanju radi transporta i automatizacije loženja, i dr. - jeftinije i kvalitetnije gorivo od šumske biomase). *Pri obradi drveta gubi se oko 35 - 40% od ulazne sirovine u procesu proizvodnje, a količina otpada za neke proizvode kao što su parketi iznosi i do 65%.*

Biomasa se može direktno pretvarati u energiju jednostavnim *sagorevanjem* (izgaranjem) te se tako proizvesti pregrejana vodena para za grejanje u industriji i domaćinstvima ili za dobijanje električne energije u malim termoelektranama. Takva postrojenja kao gorivo koriste drvni otpad iz šumarstva i drvne industrije, slamu i druge poljoprivredne ostatke, kao i komunalni i industrijski otpad.

Proces sagorevanja se sastoji iz 4 koraka:

1. zagrevanje i sušenje,
2. destilacija (isparavanje) isparljivih sastojaka – piroliza,
3. izgaranje isparljivih sastojaka,
4. izgaranje čvrstog ugljenika .



Slika 1. Tehnologije proizvodnje energije iz biomase

Potencijali korišćenja biomase u Srbiji

Između ratara, stočara, tehnologa, mašinaca, ekonomista i ostalih potencijalnih korisnika biomase postoje oprečna mišljenja u koje svrhe bi se mogla najkorisnije upotrebiti biomasa. Ratari smatraju da najveći deo biomase treba zaorati i na taj način povećati plodnost zemljišta, stočari smatraju da treba biomasu koristiti za prostirku i proizvodnju stočne hrane, i sa stajnjakom povećati plodnost zemljišta, tehnolozi smatraju da od biomase treba proizvoditi alkohol, termičari smatraju da biomasu treba koristiti za proizvodnju toplotne energije, itd. Kako pomiriti sve ove struke. Poznato je da biomase ima u ogromnim količinama, da se obnavlja svake godine i da se neracionalno koristi. Najčešće se spaljuju velike količine biomase na njivi, što je zakonom zabranjeno. To znači da za sve privredne delatnosti postoje dovoljne količine biomase.

Mogao bi se napraviti kompromis da se 1/4 biomase zaorava ili kroz prostirku vraća njivi, od 1/4 proizvodi stočna hrana, 1/4 koristi za grejanje objekata i 1/4 za ostale svrhe (u industriji alkohola, nameštaja, građevinskog materijala, papira, ambalaže, kozmetičkih sredstava i dr.).

Tabela 1. -: Potencijalne količine biomase u Srbiji

Red. br.	Kultura	Površina (103 ha)	Prinos proizvoda (t/ha)	Odnos mase	Ukupno biomase (103 t)
1.	Pšenica	850	3,5	1:1	2,975
2.	Ječam	165	2,5	1:1	412,5
3.	Ovas	16	1,6	1:1	25,6
4.	Raž	5	2	1:1,2	12
5.	Kukuruz	1,3	5,5	1:1	7,15
6.	Semenski kukuruz	25	2,3	1:1,5	86,25
7.	Oklasak*	-	-	1:0,2	1,43
8.	Suncokret	200	2	1:2	800
9.	Ljuske suncokreta	-	-	1:0,3	120
10.	Soja	80	2	1:2	320
11.	Uljana repica	60	2,5	1:2	300
12.	Hmelj	1,5	1,6	1:3,3	7,92
13.	Duvan	3	1	1:0,35	1,05
14.	Voćnjaci	275	1,05	-	289,44
15.	Vinogradi	75	0,95	-	71,55
16.	Stajnjak**	-	-	-	110
	UKUPNO:	**3055,5**			**12,571,31**

* Masa oklaska je uračunata u masu kukuruzovine

** Masa tečnog stajnjaka nije uračunata u ukupnu količinu biomase

Slama od žitarica i uljarica može da se upotrebi za proizvodnju papira i ambalaže, za prostirku i sagorevanje. Oklasak od kukuruza može da se koristi za proizvodnju stočne hrane, za sagorevanje, za sredstva za čišćenje metalnih površina i za kozmetička sredstva. Ljuske suncokreta mogu da se koriste za proizvodnju stočne hrane (sačma, pogače) i za sagorevanje (proizvodnju toplotne energije). Glave i stabjike suncokreta, ukoliko bi se u pogodnom obliku ispresovale (u bale ili brikete), mogle bi da se koriste za sagorevanje. Stabljike od hmelja i duvana mogu da se iskoriste za proizvodnju toplotne energije ili da se zaoru. Orezane grane voćaka i vinove loze najpogodnije se mogu upotrebiti za loženje.

Najveći deo biomase čini kukuruzovina. Ona se može koristiti kao stočna hrana, zaoravati u cilju povećanja plodnosti zemljišta, sagorevati i koristiti u industriji nameštaja. Kukuruzovina kao stočna hrana može da se upotrebi u više oblika: suva kukuruzovina, skladištena u snopovima na njivi ili na ekonomskom dvorištu; balirana kukuruzovina, skladištena u kamare; kukuruzovina u rinfuzi, skladištena u šupe; silirana sveža kukuruzovina; dehidrirana ili sušena kukuruzovina u dehidratorskim postrojenjima i ventilatorskim sušarama, sa ili bez hranljivih dodataka. Da bi se kukuruzovina intenzivnije koristila za stočnu hranu, potrebno je da se oplemeni. Naime, poznato je da se ćelije celuloze i hemiceluloze kod stabla kukuruzovine nalaze u ligninskom kompleksu. Zbog lignifikacije (inkrustiranja) ovih ćelija, stablo kukuruzovine nije pogodno za samolepljenje. Zbog toga je potrebno obaviti hemijski tretman kukuruzovine sa NaOH ili NH4 radi delignifikacije ćelija celuloze i hemiceluloze.

Energetska vrednost kukuruzovine kao biogoriva je visoka. Veća je od lignita i iznosi oko 16.600 kJ/kg. Zbog toga, kukuruzovina može da se koristi za dobijanje toplotne energije potpunim ili nepotpunim sagorevanjem (gasifikacijom). Gasifikacijom kukuruzovine postiže se visok stepen korisnosti postrojenja. Proizvedeni biogas može direktno da se koristi u toplotne svrhe. Prečišćen i ohlađen gas može da se koristi za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem.

Tabela 2. - Energetski potencijali poljoprivredne biomase u Srbiji

Red. br.	Biomasa	Biomasa za sagorevanje (25% od ukupne) (103 t)	Donja toplotna moć (MJ/kg)	Ekvivalentna vrednost lakog ulja za loženje (103 t)
1.	Pšenična slama	743,75	14	247,92
2.	Ječmena slama	103,13	14,2	34,87
3.	Ovsena slama	6,4	14,5	2,21
4.	Ražena slama	3	14	1
5.	Kukuruzovina	1,787,5	13,5	574,55
6.	Kukuruzovina semenskog kukuruza	21,56	13,85	7,11
7.	Oklasak	357	14,7	124,95
8.	Stabljika suncokreta	200	14,5	69,05
9.	Ljuske suncokreta	30	17,55	12,54
10.	Slama od soje	80	15,7	29,9
11.	Slama od uljane repice	75	17,4	31,07
12.	Stabljika hmelja	1,98	14	0,66
13.	Stabljika duvana	0,26	13,85	0,09
14.	Ostaci rezidbe u voćnjacima	289,44	14,15	97,5
15.	Ostaci rezidbe u vinogradima	71,55	14	23,85
16.	Stajnjak	110	23	60,24
	UKUPNO:	**3,880,57**	**14,26**	**1,317,51**

Korišćenjem biomase iz poljoprivrede za poljoprivredu povećava se stepen energetske autonomnosti poljoprivrede. Poljoprivreda je, inače, proizvodnja kod koje su ulaganja energije manja od dobijene (proizvedene) energije.

Srbija sa površinom od 77.474 km2, od čega je šumom pokriveno oko 24.000 km2, dok je oko 45.000 km2 poljoprivredno zemljište, ima relativno veliki energetski potencijal u biomasi. Ukupni energetski potencijal ostataka biomase procenjen je na 115.000 TJ/god. od čega 50.000 TJ/god. je potencijal šumske mase koja preostane posle eksploatacije šuma, a oko 65.000 TJ/god. je ostatak poljoprivredne biomase. Šumskom biomasom je već obuhvaćena količina drveta koja se koristi kao ogrev (20.000 TJ/god.).

Radi procene značaja ovog energetskog potencijala mogu poslužiti podaci o proizvodnji domaćeg uglja. Prema podacima za 2000. godinu proizvodnja uglja iz Kolubarskog i Kostolačkog basena bila je 34,84 miliona tona ili izraženo u energetskim jedinicama oko 247.000 TJ, što je samo dva puta više od energetskog potencijala ostataka biomase. Korišćenje procenjenog potencijala biomase ne može eliminisati potrebu države za uvozom goriva, ali se u svakom slučaju može značajno smanjiti uvoz tečnog goriva, koje ukoliko se kupuje po nižoj ceni istovremeno sadrži više sumpora i teških metala.

Koliko će se ovaj energetski potencijal ostataka biomase racionalno, ili čak uopšte koristiti u energetske svrhe, zavisi od više faktora: raspoloživosti tehnologija, nabavne cene opreme, pouzdanosti snabdevanja gorivom, cene biomase, a takođe i od cena drugih energenata. Jedan od ključnih faktora koji značajno utiče na formiranje cene biomase kao goriva je koncentracija biomase, tj. da li je biomasa koja se koristi za proizvodnju energije već prikupljena zbog potreba osnovnog procesa ili je biomasu neophodno prikupljati po terenu samo za energetske potrebe.

Potrebno je naglasiti da postoje mesta gde se ostaci biomase javljaju kao nusproizvodi osnovnog proizvodnog procesa, što znači da je cena ostataka biomase nula, a da se istovremeno kao energent za dobijanje toplote koristi uvozno tečno gorivo ili čak električna energija. Pored parcijalnog interesa svakog potrošača da koristi što jeftinije gorivo, postoji opšti interes, koji se može odnositi na region, državu ili globalno.

Interes poljoprivrednih regiona ili regiona bogatih šumom je da što više razviju delatnosti koje su u direktnoj ili indirektnoj vezi sa poljoprivredom i šumarstvom, što podrazumeva korišćenje ostataka biomase u energetske svrhe, kako bi se smanjila potrošnja uvoznih tečnih goriva, električne energije ili uglja. Sličan interes bi morala da ima i država. Pored smanjenja troškova za uvoz energenata, korišćenjem ostataka biomase kao energenta, dodatno se angažuje lokalna radna snaga za pripremu i korišćenje biomase. Time se radno sposobno stanovništvo zadržava u seoskim područjima, u slabo naseljenim regionima i industrijski nedovoljno razvijenim regionima.

Korišćenjem biomase umesto tečnih goriva znatno se smanjuje zagađenje okoline. Emisija sumpor-dioksida se smanjuje skoro na nulu, dok se emisija pepela u poređenju sa ugljem smanjuje za 10 puta. Korišćenjem biomase globalno se ne povećava sadržaj ugljen-dioksida u atmosferi. Uključivanjem Srbije u evropske integracije prihvatiće se i obaveza da svaka zemlja da svoj doprinos smanjenju emisije ugljen-dioksida. Svakoj

zemlji je postavljena vrednost emisije ugljen-dioksida koju ne bi trebalo preći, čime se primoravaju sve zemlje da deo energije dobijaju iz obnovljivih izvora energije, a to znači i jedan deo iz biomase.

Sledstveno Sporazumu iz Kjotoa, može se očekivati da će Srbija u dogledno vreme biti primorana da znatno više koristi obnovljive izvore energije. Povećanje korišćenja biomase u proizvodnji energije može se postići jednovremenim aktivnostima u više oblasti. Neophodno je uspostaviti odnos cena energenata koji neće davati prednost uvoznim energentima i električnoj energiji. Poražavajuće je da je poslednjih godina u seoskim domaćinstvima sve značajnija upotreba električnih termoakumulacionih peći jer cena električne energije i komfor to omogućavaju.

Zajedničko angažovanje domaće privrede i istraživačkih institucija, kroz pojedine demonstracione projekte, bilo bi izuzetno značajno za osvajanje pojedinih tehnologija i znanja iz oblasti energetskog iskorišćenja biomase. U poljoprivredi treba stvoriti uslove da poljoprivredna gazdinstva što više koriste sopstvene ostatke biomase za proizvodnju energije, odnosno stimulisati organizovanje što više energetski nezavisnijih farmi. Na kraju, potrebno je otvoriti pitanje promene strukture poljoprivredne proizvodnje u procesu prilagođavanja uslovima Evropske zajednice, koja se može orijentisati i na proizvodnju brzo rastućih biljaka pogodnih za korišćenje u proizvodnji energije.

Biogas

Kada se priča o biogasu, obično se misli na gas sa velikom količinom metana u sebi, koji nastaje fermentacijom organskih susptanci, kao što su stajnjak, mulj iz otpadnih voda, gradski čvrsti otpad ili bilo koja druga biorazgradljiva materija, pri anaerobnim uslovima. Često se za biogas koriste i nazivi kao što su barski gas, deponijski gas, močvarski gas i slično, već prema mestu nastanka. Svaka varijanta ima različite nivoe metana i ugljen -dioksida u sebi, zajedno sa manjim udelom drugih gasova.

Ovaj proces postaje sve popularniji za tretiranje organskog otpada, jer omogućava prikladan način pretvaranja otpada u električnu energiju, čime se smanjuje i količina otpada, kao i broj patogenih supstanci, koje se nalaze u otpadu. Takođe, upotreba biogasa se ohrabruje, jer se na taj način dobija energija, a ne povećava se količina ugljendioksida u atmosferi. Takođe, metan sagoreva znatno čistije u odnosu na ugalj.

Obrada biorazgradivih supstanci odigrava se u anaerobnom digestoru, koji mora da bude dovoljno jak da izdrži povećani pritisak, kao i da obezbedi anaerobne uslove za bakterije u unutrašnjosti. Digestori se obično grade u blizini izvora organskog inputa, i to najčešće nekoliko jedan uz drugi, kako bi se obezbedila konstantna proizvodnja biogasa.

U novije vreme, sve je veća upotreba biogasa dobijenog sa deponija i iz otpadnih voda. Čak i kada se ne koristi za dobijanje toplotne i/ili električne energije, deponijski gas se mora propisno odložiti i prečistiti, jer sadrži opasne zapaljive materije, od kojih mnoge stvaraju smog.

Biogasni digestori koriste biorazgradljive materije, od kojih se dobijaju dva korisna proizvoda: biogas i fermentisano biođubrivo vrhunskog kvaliteta.

Biogas prečićen do nivoa čistoće za gasovod naziva se obnovljivi prirodni gas i moguće ga je koristiti u svakoj primeni u kojoj se inače koristi zemni gas. To uključuje distribuciju takvog gasa putem gasovoda, proizvodnju struje, grejanje, zagrevanje vode i upotrebu u raznim tehnološkim procesima. Kompresovan, biogas može da se koristi i kao pogonsko gorivo za vozila

Biogas se sastoji od oko 70% metana (CH4), i ostatka koga čine ugljen dioksid, ugljen-monoksid i azot. Ovaj relativni odnos gasova zavisi od obrađivanog materijala i postupka obrade. Biogas ima značajnu energetsku vrednost od oko 7 kWh/m3 što ga čini vrlo isplativim i univerzalnim gorivom daleko isplativijim od ostalih fosilnih goriva i biomase.

Tabela 3. - Energija koja se dobija sagorevanjem 1 m3 gasa

Gas	Energija
biogas	7 kWh
prirodni gas	10 kWh
propan	26 kWh
metan	10 kWh
vodonik	3 kWh

Nastanak i primena

Biogas je mešavina metana i ugljen-dioksida, koja se dobija prilikom razgradnje organskih materija pod anaerobnim uslovima. To je kvalitetno gorivo, koje može da zameni fosilna goriva, a takođe je i CO2 neutralno. U vreme kada rezerve fosilnih goriva opadaju, energetski troškovi rastu, a životnu sredinu ugrožava nepravilno odlaganje smeća, pronalaženje rešenja za problem biološkog otpada i tretman otpadnih organskih materija, postaje pitanje od najveće važnosti.

Kako funkcioniše ovaj proces?

Biogas je metabolički proizvod bakterija koje proizvode metan, i koje su uzrok raspadanju. Osim odsustva kiseonika, neophodni uslovi su konstantna temperatura i pH vrednost od 6,5 do 7,5. Raspadanje je najefektivnije na temperaturi od 15°C (psihrofilne bakterije), 35°C (mezofilne) i 55°C (termofilne). U praksi se pokazalo da je zadržavanje od oko 10 dana najefektivnije za termofilne bakterije, 25 do 30 za mezofilne i 90 do 120 za psihrofilne . Većina postrojenja koja danas rade, rade u mezofilnom temperaturnom rangu.

Pošto se biogas proizvodi tamo gde se organski materijal razgrađuje bez vazduha, postoji širok spektar organskih materija koje su pogodne za anaerobnu razgradnju (sl.1 - 1).

Neke od tih materija su:

- tečno i čvrsto stajsko đubrivo
- posebno prikupljan biološki otpad iz stambenih delova
- obnovljivi materijali, kao što su kukuruzna silaža, semenke koje se ne koriste za ishranu, itd
- mulj iz kanalizacije i masti
- korišćeni podmazivači
- trava (npr. u EU neobrađena zemlja)
- biloški otpad iz klanica; pivara, destilerija; prerade voća i proizvodnje vina; mlekara; industrije celuloze, šećerana...

Napomena: drvo nije pogodno za proizvodnju biogasa, jer bakterije koje proizvode metan ne mogu da svare lignin, kojeg ima u drvetu. Takođe i pesticidi, dezinfekcija i antibiotici imaju negativan efekat na bakterije.

Proces proizvodnje biogasa

Osnovni proces proizvodnje biogasa obično se sastoji iz tri dela:

- priprema biološkog inputa
- razgradnja
- tretman ostataka

Kao što je prikazano na dijagramu, organski materijal se prvo skuplja u tanku za pred-skupljanje i mešanje (sl. 2. - 2). Ovaj tank služi za mešanje i homogenizaciju različitih fermentacionih materija. Nakon čišćenja na 70°C, gde se uništavaju sve bakterije negativne po proces fermentacije (sl. 2. - 3), materijal se prebacuje u anaerobni digestor (sl. 2. - 4). U slučaju prestanka rada postrojenja (npr. redovan servis), kao i u slučaju veće proizvodnje gasa, neophodna je gasna baklja, koja taj višak sagoreva (sl. 2. - 5). Prečišćena biomasa predstavlja početak anaerobne razgradnje. Neophodni uslov je konstantna temperatura i pH vrednost 6,5 do 7,5.

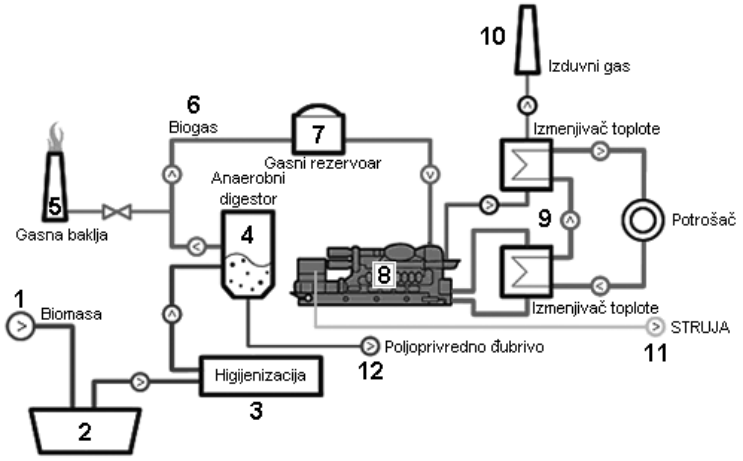
Biogas je gasna mešavina, koja se sastoji od 60-70% metana (CH4) i 30-40% ugljendioksida (CO2). Sa toplotnom vrednošću od 6,5 kWh/Nm3, jedan kubni metar biogasa sadrži približno istu količinu energije kao 0,6 litara lož-ulja, ili 0,65 Nm3 prirodnog gasa (sl. 2. - 6).

Kako bi se osigurao stalni dotok gasa, nezavisno od protoka inputa, proizvedeni biogas se skuplja u gasnom rezervoaru (sl. 2. - 7), odakle se zatim prosleđuje u gasni motor (sl. 2. - 8). Toplota koja se stvara tokom rada motora, može da se efektivno iskoristi preko izmenjivača toplote (sl. 2. - 9). Ukupno je moguće iskoristiti oko 50% inputa kao toplotnu energiju za potrošače, preko izmenjivača toplote iz gasne smeše, ulja, rashladne vode i izduvnih gasova.

Zahvaljujući dobrim gorivim karakteristikama biogasa i optimalnoj tehnologiji sagorevanja, zahtevani limiti emisija sigurno se postižu. Biogas, kao obnovljivi energetski izvor,

proizvodi izduvne gasove koji slobodno mogu da se vrate u prirodni krug. Stoga se može reći da je biogas CO2 neutralan (sl. 2. – 10).

Korišćenjem generatora, mehanička energija gasnog motora se pretvara u električnu energiju (sl. 2. – 11). Električna efikasnost motora GE Jenbacher je oko 40%. Substrat može da se koristi kao poljoprivredno đubrivo (sl. 2. - 12).



Slika 2. Proces proizvodnje biogasa

Ključni parametri (zapremina biogasa u Nm3 po toni tečnog materijala)

- Biološki otpad: 100 – 200
- Otpad od hrane: 120 – 150
- Mast iz kolektora: 80 – 150
- Korišćeno ulje, mast: 1.000
- Destilerija: 20
- Mlečna surutka: 25
- Otpad iz klanica: 100
- Tečni otpad, balega: 20 – 70

Posmatrano iz drugog ugla, za rad CHP postrojenja električne snage 500 kW potrebna je balega oko 2.500 krava, 30.000 svinja ili 300.000 kokošaka.

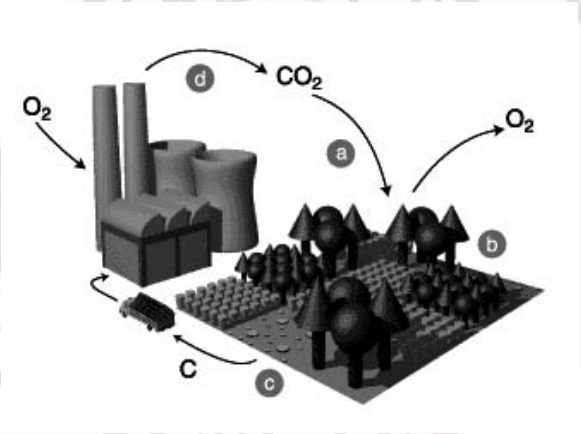
Biogas - CO2 neutralan izvor energije

Biogas (i biomasa) je obnovljivi izvor energije, sa niskom količinom ugljenika. Ukoliko se pravilno koristi, biomasa je održivo gorivo, koje može znatno da utiče na smanjenje neto emisije ugljenika, u poređenju sa fosilnim gorivima.

Iako sagorevanje biogasa, kao i zemnog gasa, dovodi do stvaranja izvesne količine ugljen-dioksida (CO_2), ugljenik u biogasu potiče iz biljne mase, koja je u sebe ugradila ugljenik iz atmosferskog ugljen-dioksida. Stoga se upotreba biogasa posmatra kao CO2-neutralna i ne utiče na povećanje količine gasova sa efektom staklene bašte. Dalji zaključak je da bilo koja zamena fosilnih goriva biogasom dovodi do smanjenja emisija CO_2.

Ugljenik u biomasi, koji čini približno 50% njene suve materije, je već deo atmosferskog kruženja ugljenika. Biomasa (biljke) absorbuje CO_2 iz atmosfere tokom celog svog života. Nakon završetka životnog veka biljke, taj isti ugljenik se vraća u atmosferu kao mešavina ugljen-dioksida i metana. U atmosferi se metan pretvara u ugljen-dioksid, čime se kruženje kompletira.

Sagorevanje, direktno ili indirektno, biomase i biogasa, kao goriva, takođe vraća CO_2 u atmosferu. Naravno, i ovaj CO_2 je deo kruženja ugljenika u atmosferi.



Slika 3. Biogas je CO_2 neutralan izvor energije

(a) Dok biljke rastu, one absorbuju ugljen-dioksid iz atmosfere. **(b)** Tokom procesa fotosinteze, biljke skladište ugljenik u svojoj masi, a ispuštaju kiseonik u atmosferu. **(c)** Biljka se u jednom trenutku koristi za dobijanje toplote i struje (ili direktno, ili preko biogasa). **(d)** Dok biomasa (biogas) sagoreva u postrojenju za proizvodnju električne i/ili toplotne energije, ugljenik uskladišten u biljnoj masi se oslobađa. Sjedinjavanjem sa kiseonikom, dobija se ugljen-dioksid, koji se **vraća** u atmosferu kroz izduvne gasove.

Mehanizam čistog razvoja Kjoto protokola

Mehanizam čistog razvoja Kjoto protokola (CDM) je mehanizam u okviru Kjoto protokola, koji omogućava pravnim licima iz industrijski razvijenih zemalja (Aneks 1 zemlje) da investiraju u projekte koji smanjuju emisije „gsb", a realizuju se na teritorijama zemalja u razvoju (ne-Aneks 1 zemlje). Ovo je jedini mehanizam koji omogućava učešće ne-Aneks 1 zemalja u projektima smanjenja emisija „gsb".

Svrha CDM-a je zapravo pomoć zemljama domaćinima (ne-Aneks 1 zemlje) da, na finansijski povoljniji način, postignu održivi razvoj doprinoseći smanjenju emisija „gsb" i pomoć Aneks 1 zemljama u ispunjavanju svojih obaveza prema Kjoto protokolu. Postignuti rezultati smanjenaj emisija se obračunavaju i obračunavaju kao *verifikovana smanjenaj emisija* (Certified Emission Reductions, CER), koja imaju svoju vrednost na tržištu.

Važno je napomenuti da ne-Aneks 1 zemlje, na čijim se teritorijama realizuju CDM projekti, takođe imaju koristi, jer na taj način privlače značajne investicije, povećavaju transfer novca i omogućavaju uvođenje modernih („zelenih") tehnologija, koje su ekološki prihvatljivije, tehnološki naprednije i energetski efikasnije. Prodajom CER-ova, koji nastaju kao rezultat realizacije CDM projekata, moguće je čak i finansijski neatraktivne, a ekološki prihvatljive projekte učiniti isplativim i privlačnim za investitore.

Različiti projekti mogu ostvariti karbon kredite, npr:

- snabdevanje energijom:

- obnovljivi izvori energije
- biomasa (za dobijanje struje i/ili toplote)
- kogeneracija
- povećanje energetske efikasnosti, zamenom starih i neefikasnih tehnologija modernim tehnologijama
- smanjenje transportnih i distributivnih troškova
- promena goriva (npr. prelazak sa uglja ili mazuta na biogas)

- energetske potrebe

- zamena postojeće "kućne opreme" (npr. korišćenje energetski efikasnih sijalica)
- poboljšanje energetske efikasnosti postojeće opreme

- transport

- efikasniji motori za transport (npr. zamena starih lokomotiva)
- promena načina transporta (npr. voz umesto aviona)
- promena goriva (npr. autobusi javnog gradskog prevoza na gas)

- upravljanje otpadom

- "hvatanje" i korišćenje emisije metana sa deponija
- korišćenje otpada i otpadnih voda

- pošumljavanje.

Anaerobna digestija

Razlaganje organskog dela čvrstih otpadaka u gasove sa metanom može se ostvariti putem anaerobnog razlaganja ili anaerobne fermentacije.

Uprkos značajnim ograničenjima, biološke metode za preradu čvrstih i opasnih otpadaka stalno privlače pažnju. Razne vrste mikroorganizama mogu da uklanjaju i pretvaraju neke organske materije u bezopasne, čak upotrebljive nusproizvode, kao što je metan. Čvrsti otpaci iz gradova i mulj iz postrojenja za preradu otpadnih voda, prerađuju

se u posebnim kadama u kojima relativno brzo dolazi do anaerobnog mikrobiološkog razlaganja iz kojeg nastaje koristan gas, metan. Anaerobna fermentacija može se porediti sa situacijom u močvarama i drugim sličnim vodenim oblastima gde nastaje metan. Metan se sakuplja i koristi kao izvor energije, a u svim kontrolisanim tehnikama fermentacije otpada konačni proizvod koji se emituje u atmosferu je CO2. Posle fermentacije organskog otpada izdvojenog na izvoru, ostatak fermentacije se normalno tretira aerobno do komposta. Na taj način je konačni rezultat fermentacije otpada u većini slučajeva sličan aerobnom kompostiranju.

Proces razlaganja konvertuje organsku frakciju u biogas, kompost i vodu. Proizvodnja biogasa je 130-150m3 po toni otpada u zavisnosti od sastava organske materije. Biogas je ekološko gorivo sa toplotnom moći od 6-7 kWh/m3. Može biti upotrebljen za proizvodnju električne energije preko gasnih motora ili kao gorivo za vozila.

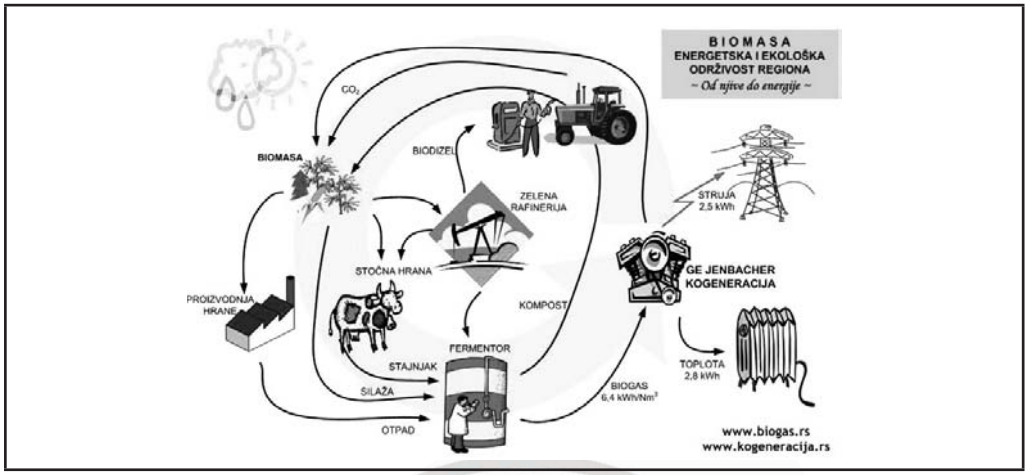


Slika 4. Anaerobna digestija

Vrste biogasa

Ovo je uslovna podela prema mestu nastanka:

- Deponijski gas,
- Biogas iz poljoprivrede,
- Biogas iz drvenog otpada i
- Biogas iz otpadnih voda.



Slika 5. Biomasa – energetska i ekološka održivost regiona

Deponijski gas

U industrijskim zemljama nastaje 300-400 kg smeća godišnje po osobi. Ovo smeće se skuplja i odlaže na bezbednim i sanitarnim deponijama, koje podrazumevaju zaštitu podzemnih voda kao i zaštitu vazduha od prljavog i opasnog deponijskog gasa.

Pomenuti deponijski gas nastaje razgradnjom organskih supstanci pod uticajem mikroorganizama u anaerobnim uslovima. U središtu deponije nastaje nadpritisak, pa deponijski gas prelazi u okolinu. Prosečan sastav deponijskog gasa je 35-60% metana, 37-50% ugljen-dioksida i u manjim količinama se mogu naći ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, fluor, hlor, aromatični ugljovodonici i drugi gasovi u tragovima.

Na osnovu navedenog sastava deponijskog gasa, može se uočiti da je on vrlo opasan po čovekovu okolinu, kako za zdravlje živih organizama, tako i po infrastrukturne objekte u blizini deponija, jer je metan u određenim uslovima vrlo eksplozivan. Metan je više od 20 puta štetniji po klimu i ozonski omotač nego ugljendioksid, što praktično znači da 1 tona metana oštećuje ozonski omotač (efekat staklene bašte) kao 21 tona ugljen dioksida. Da bi se odstranili negativni uticaji nekontrolisanog širenja deponijskog gasa, izvodi se plansko sakupljanje i prisilno usmeravanje gasa ka mestu sagorevanja, što takođe pospešuje bržu stabilizaciju svežih delova deponije, smanjuje zagađivanje otpadnih voda, omogućava korišćenje energije na deponiji (grejanje, topla voda, struja).

Zakonska obaveza sakupljanja i spaljivanja deponijskog gasa nameće pravo rešenje: sagorevanje gasa u energetske svrhe uz stvaranje ekonomske dobiti.

Ovaj koncept podrazumeva postavljanje vertikalnih perforiranih cevi u telo deponije (bunari, trnovi, sonde) i njihovo horizontalno povezivanje. Preko jednog kompresorskog postrojenja deponijski gas se isisava, sabija, suši i usmerava ka gasnom motoru. Iz sigurnosnih razloga preporučuje se ugradnja visokotemperaturne bakle, koja preuzima viškove proizvedenog gasa.

Deponijski gas sa prosečnim sadržajem metana od 50% ima donju toplotnu vrednost Hu=5kWh/Nm3, što ga čini dobrim gorivom za pogon gasnih motora specijalno razvijenih za ovu namenu.

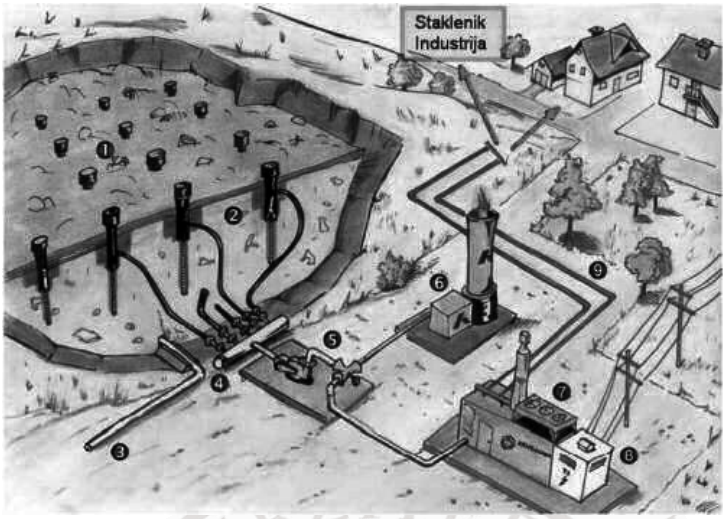
Gasni motor pogoni generator za proizvodnju skupe električne energije. Preko izmenjivača toplote, dobija se toplotna energija iz vode koja hladi motor i ulje za podmazivanje, kao i iz izduvnih gasova. Kod kombinovanog korišćenja električne i toplotne energije moguće je postići visok stepen korisnog dejstva ovih uređaja (električni 40%, termički 43%). Ovo znači da se iz 1 Nm3 deponijskog gasa (Hu = 5kWh/Nm3) dobija 2 kWh električne energije i 2,15 kWh toplotne energije. Dobijena električna energija se koristi za vlastite potrebe ili se predaje u električnu mrežu. Proizvedena toplota se koristi na deponiji za proizvodnju tople vode ili u staklenicima i plastenicima za proizvodnju ranog povrća i cveća, ili u industrijskim pogonima u blizini deponije, ili za grejanje stambenih zgrada kao i kod drugih potrošača toplote.

Novim Zakonom o energetici definišu se povlašćeni proizvođači električne i toplotne energije sa pravom na odgovarajuće subvencije i povlastice, a to su oni proizvođači koji koriste obnovljive izvore energije (biogas, deponijski gas, vetar, ...) i istovremeno proizvode električnu i toplotnu (rashladnu) energiju uz ispunjavanje uslova u pogledu energetske efikasnosti, odnosno zaštite životne sredine.

Proračun energetskog bilansa

Kao polazna vrednost za ovaj proračun služi podatak da po toni komunalnog smeća nastaje u vremenu od 20 godina prosečno 200Nm3 deponijskog gasa. Za godišnju količinu od 50.000 tona (grad od 150.000 stanovnika) i vreme punjenja deponije od 20 godina na deponiji bi nastalo 200 miliona kubnih metara deponijskog gasa. Ako bi se sistemom sakupljanja gasa i kontrolom kvaliteta na raspolaganje gasnim motorima stavilo oko 50% navedene količine gasa, to bi značilo da se za proračun energetskog bilansa može računati sa oko 100 miliona Nm3 deponijskog gasa, odn. prosečno godišnje 5 miliona Nm3 tj. 625 Nm3/h. Ova količina gasa sa Hu = 5kWh/Nm3 preko gasnih motora GE Jenbacher omogućava godišnju proizvodnju od 9 miliona kWh struje i 12 miliona kWh toplote. Proizvedena količina struje pokriva potrebe 2.500 porodičnih kuća. Sa ovom proizvodnjom električne energije, štedi se u jednoj elektrani na lignit oko 18.000 tona lignita. Na ovaj način se 300 Nm3/h metana sadržanog u deponijskom gasu (odn. 300 x 0.718 = 215kg/h) ne predaje u atmosferu, što je važan ekološki aspekt primene gasnih motora u očuvanju ozonskog omotača (jedna tona metana ima negativno dejstvo na ozonski omotač i klimu kao 21 tona ugljen-dioksida).

Na osnovu jednog ovakvog elektro i toplotnog bilansa i potrebnih ulaganja, može se izvesti ekonomska računica koja pokazuje da se ulaganja brzo nadoknađuju, pa dalji rad postrojenja ostvaruje dobit. Dakle, dolazimo do pravog cilja svakog ekološkog uređaja, a to je da sam sebe izdržava, tj. sa boljim i kvalitetnijim vođenjem tehnološkog procesa dobijamo više energije kojom pokrivamo investiciju i potrebe održavanja.



Slika 6. Primer dobro održavane deponije

Legenda: 1. Deponija 2. Gasne sonde (trnovi) 3. Cev za skupljanje ocedne vode 4. Gasni kolektor 5. Kompresor za isisavanje gasa 6. Visokotemperaturna baklja 7. Kogeneracioni motor 8. Trafo stanica 9. Toplovod

Biogas iz poljoprivrede

Biogas se proizvodi u digestorima. Najjednostavniji digestori masovno se grade u Kini, Indiji i Brazilu gde se on koristi za grejanje i kuvanje u seoskim domaćinstvima. Jednostavan digestor pravi se tako što se u zemlji iskopa rupa i obloži ciglom ili plastičnim folijama i prekrije ciradom ispod koje se skuplja metan. Stajnjak se kanalima dovodi direktno iz staje. Savremeniji oblici grade se od betona, čeličnog lima ili plastike sa različitim stepenima automatizacije. Postoje dva osnovna tipa digestora i to su periodični i kontinualni.

Kod periodičnih digestora posle njegovog punjenja stajnjak se dvadesetak dana podvrgava dejstvu mikroorganizama. Tako se složene organske materije (belančevine i ugljovodonici) cepaju na manje prosta jedinjenja. Te produkte razlaganja tada počinju da koriste metan bakterije i kao rezultat dobija se biogas i kvalitetno đubrivo. Po završetku procesa izdvajanja metana đubrivo se vadi iz digestora i u njega se ubacuje nov stajnjak čime se prekida i započinje nov proces koji će tek kroz dvadesetak dana početi da daje biogas.

Kod kontinualnog digestora stalnim dodavanjem svežeg stajnjaka, proces se ne prekida čime se obezbeđuje kontinualno snabdevanje biogasom. Karakteristika dobijenog đubriva je da u njemu više nema semena, pogotovo korovskih biljaka koje bi đubrenjem dospelo na njive. Proizvodnja biogasa će se odvijati sve dok su ispunjeni svi neophodni uslovi od kojih je održavanje stalne temperature najvažnije. Optimalna temperatura je 32 do 35°C pri kojoj proces izdvajanja biogasa traje od 18 do 22 dana.

Savremeni digestori su vertikalnog ili horizontalnog tipa i izrađeni su od čeličnog nerđajućeg lima. Automatskim upravljanjem obezbeđuje se stabilna temperatura, donošenja svežeg stajnjaka, mešanje, odvođenje biogasa i iznošenje prerađenog đubriva. Za dobijanje jednog kubnog metra biogasa na atmosferskom pritisku potrebno je oko 10 do 12 kilograma tečnog stajnjaka koji treba da sadrži oko 4 do 10% suve materije. Domaće životinje čiji se tečni stajnjak može ekonomično koristiti za proizvodnju biogasa i organskih đubriva su: krave muzare, goveda u tovu, svinje u tovu, koke nosilje i pilići u tovu. Za ekonomičan rad i isplativost investicije u nabavku savremenog digestora za proizvodnju biogasa potrebno je obezbediti stajnjak od oko 100 do 120 goveda ili svinja. Sa tom količinom stajnjaka bi se obezbedila kontinualna proizvodnja od oko 150 m3 biogasa dnevno. Ta količina biogasa omogućava da se dnevno proizvede 400 kWh toplotne energije, 210 kWh električne energije, 3 m3 tečnog organskog đubriva i 10% suvog organskog đubriva. Cena jednog ovakvog potpuno automatizovanog postrojenja je oko 60.000 Eur što ga čini isplativim u roku od 3 do 4 godine. Postoje rešenja sa manjim stepenom ekonomičnosti za sasvim male kapacitete namenjena seoskim domaćinstvima.

Sakupljanja biogasa rešava se na dva načina:

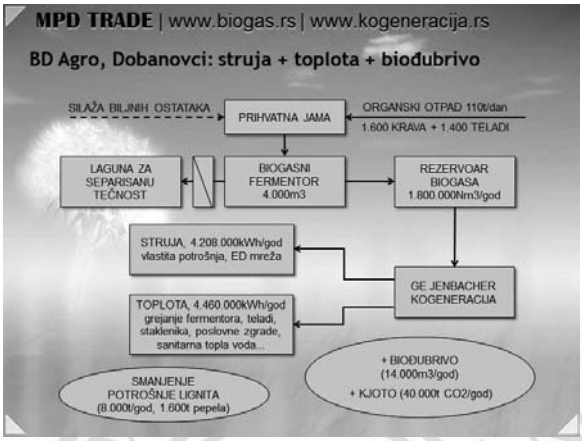
- Sakupljanje pod atmosferskim pritiskom u meh od plastične folije u okviru samog digestora
- Sakupljanje pod pritiskom u rezervoarima ili cisternama pomoću gasnih pumpi

Veće farme ili nekoliko manjih stočarskih farmi ili domaćinstava mogu da obezbede kontinualno snabdevanje električnom energijom pomoću male električne centrale koja se sastoji od motora koji troši biogas i elektrogeneratora.

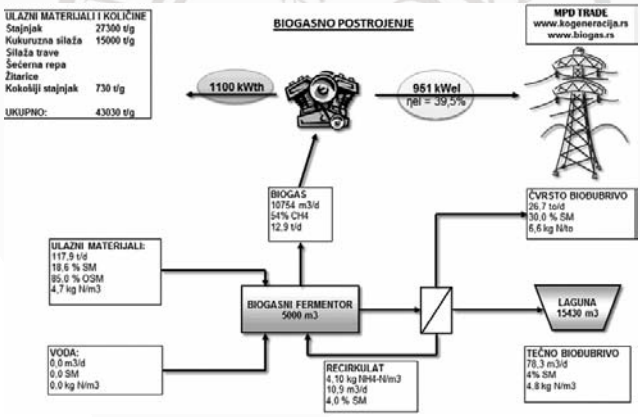
Energetski potencijal biomase na farmama se određuje prema broju tzv. *uslovnih grla* stoke. Uslovno grlo (UG) predstavlja životinju (ili više njih), težine 500 kg žive vage, OSM je *organska suva materija*, a HPK - *hemijska potreba kiseonika*.

	**- 1 UG = 0,6 - 1,2 krava muzara - približno 1,3 m^3 biogasa dnevno po UG - snaga biogasa: 6 kWh/Nm^3**
	**- 1 UG = 2 - 6 svinja - približno 1,5 m^3 biogasa dnevno po UG - snaga biogasa: 6 kWh/Nm^3**
	**- 1 UG = 250 - 320 koka nosilja - približno 2 m^3 biogasa dnevno po UG - snaga biogasa: 6,5 kWh/Nm^3**
	**- Silaža kukuruza, trave, lisne mase... - 600 - 640 m^3 biogasa po toni OSM - snaga biogasa: 5,5 - 6 kWh/Nm^3**
	**- Industrijske organski zagađene otpadne vode - 0,20 - 0,40 m^3 CH_4/kg HPK - 60 - 80% CH_4 u biogasu**

Toplotna moć biogasa zavisi od sadržaja metana i za prosečan sadržaj od 65% metana iznosi Hu=6,4kWh/Nm^3. Koristeći GE Jenbacher gasne motore, moguće je u praktičnom pogonu proizvoditi iz 1 Nm^3 biogasa 2,5 kWh električne i 3,3 kWh toplotne energije.



Slika 7. Blok-šema postrojenja BD Agro u Dobanovcima



Slika 8. Blok-šema biogasnog postrojenja

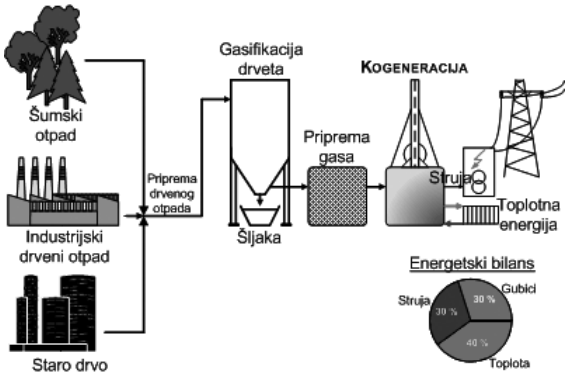
Biogas iz drveta

Gasifikacija drvenog otpada može da reši vrlo značajan ekološki problem kontaminacije tla, vodotokova i vazduha, koji nastaje na mestu odlaganja otpada iz pilana, drvoprerađivačke industrije, industrije papira, šumskog i poljoprivrednog čvrstog otpada.

Gasifikacija drvenog otpada, uz rešavanje ekološkog problema, ima značajnu ekonomsku karakteristiku, jer omogućava iskorišćenje energetskog potencijala sadržanog u otpadnom drvetu za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije. Na ovaj način, energetski potencijal starog i otpadnog drveta se može plasirati potrošačima koji su udaljeni

od deponija drvenog otpada, tako što se gas transportuje do potrošača energije ili se električna energija plasira u elektro-distribucionu mrežu i tako dolazi do potrošača (industrija, naseljena mesta, turistički centri).

Iz svakog kilograma suve mase moguće je proizvoditi oko 2 Nm^3 gasa energetske vrednosti od 1,6 do 2,4 kWh/Nm^3. Pripremljena drvena masa se ubacuje u reaktor gde se odvijaju procesi sušenja, termičkog razlaganja, redukcije, oksidacije i gasifikacije. Rezultat procesa je razgradnja dugih organskih molekula CH_mO_n i stvaranje molekula C, CO, CO_2, H_2 i CH_4. Gasovita faza napušta reaktor, a čvrsta materija (šljaka, pepeo, ugalj) u zavisnosti od sastava, koristi se kao sekundarna sirovina.



Slika 9. Proizvodnja biogasa iz otpadne drvene mase

Nastali gas se priprema (hlađenje, uklanjanje kondenzata, tera i čađi, filtriranje) lageruje ili vodi direktno do kogeneracionog postrojenja, gde se proizvode električna i toplotna energija. Proizvedena energija se koristi za interne potrebe ili se plasira u ED mrežu, odnosno daljinski sistem grejanja.

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE I TOPLOTNE ENERGIJE IZ DRVENOG OTPADA					
drveni otpad deponovan t/god	drveni otpad unos u reaktor kg/h[1)]	en. unos u reaktor kW	en. snaga dobijenog gasa kW	KOGENERACIJA	
				dobijena el. snaga kW[2)]	dobijena topl. snaga kW
1.664	208	832	749	**250**	**330**
3.328	416	1.664	1.498	**500**	**660**
4.992	624	2.496	2.247	**750**	**990**
6.656	832	3.328	2.996	**1.000**	**1.320**

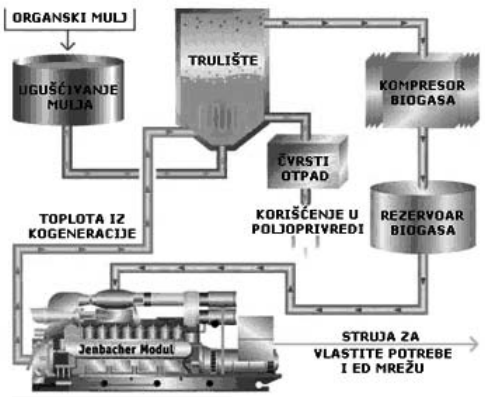
[1)]6.000 - 8.000 h/god [2)]1 MW_{el} = potrošnja el. energije 3.000 kuća (bez grejanja)

Biogas iz otpadnih voda

Na uređajima za prečišćavanje otpadnih voda sa anaerobnom stabilizacijom mulja nastaje biogas, koji predstavlja vrlo interesantan izvor energije. Efikasnost produkcije biogasa obezbeđuje se održavanjem temperature (oko 35°C), pH vrednosti, mešanjem i odstranjivanjem kiseonika i toksičnih materija. U anaerobnim reaktorima (digestor) nastaje biogas kao mešavina gorivih i negorivih gasova prosečnog sastava (u zapreminskim %): metan 55-75%, ugljen-dioksid 25-45%, i ostalih gasova, kao što su vodonik, kiseonik, ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, amonijak i vodena para.

Proizvodnja biogasa se može proceniti na bazi sledećih praktičnih i iskustvenih podataka:

- na uređajima za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda prosečna proizvodnja biogasa je 25 lit/ ekvivalentni stanovnik dan;
- kod industrijskih otpadnih voda (šećerane, prerada melase, prerada krompira, proizvodnja voćnih sokova, mlekare, pivare, papir i celuloza) prosečna proizvodnja metana je 0,20 - 0,40 m^3/kg HPK sa udelom metana u biogasu od 60 - 80%;
- na stočnim farmama očekivana proizvodnja biogasa varira u zavisnosti od životinjske vrste i načina uzgoja i kreće se u granicama od 20 - 40 m^3 biogasa/ m^3 osoke.



Slika 10. Proizvodnja biogasa iz otpadnih voda

Etanol

Osnovne faze u procesu proizvodnje etanola su:

- priprema sirovine,
- fermentacija,
- destilacija etanola.

Priprema sirovine je zapravo hidroliza molekula skroba enzimima u šećer koji može da fermentira. Uobičajena tehnologija za proizvodnju etanola je *fermentacija* u peći s običnim kvascem za proizvodnju 8 do 10%-tnog alkohola nakon 24 do 72 h fermentacije. Nakon toga sledi *destilacija* tog alkohola u nekoliko faza čime se dobija 95%-tni etanol. Za proizvodnju potpuno čistog etanola, kakav se koristi za mešanje sa benzinom, dodaje se benzen i nastavlja destilacija te se dobija 99,8%-tni etanol.

Etanol se može proizvoditi od tri osnovne vrste biomase: šećera (od šećerne trske, melase), skroba (od kukuruza) i celuloze (od drveta, poljoprivrednih ostataka). Sirovine bogate šećerima vrlo su pogodne za proizvodnju etanola, budući da već sadrže jednostavne šećere glukozu i fruktozu koji mogu direktno da fermentiraju u etanol. Sirovine bogate skrobom sadrže velike molekule ugljovodonika koje treba razložiti na jednostavne šećere procesom saharifikacije. To zahteva još jednu fazu u procesu proizvodnje što povećava troškove. Ugljovodonici u sirovinama bogatim celulozom sastavljeni su od još većih molekula i treba da se konvertuju u šećere koji mogu da fermentiraju kiselom ili enzimatskom hidrolizom. Najznačajnije biljne vrste koje se uzgajaju za proizvodnju etanola su šećerna trska, slatki sirak, cassava i kukuruz.

Etanol se može koristiti u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem uz dodavanje benzinu ili kao njegova potpuna zamena. Za dodavanje do 20% etanola u benzin nisu potrebne nikakve prepravke ni zahvati na motoru, dok za dodavanje većeg udela ili za pogon samo na etanol treba delimično modifikovati motor što poskupljuje takva vozila za oko 5 do 10%.

Vodeća zemlja u proizvodnji i primeni etanola za vozila je Brazil, gde se svake godine proizvede više od 15 milijardi litara. Oko 15% brazilskih vozila se kreće na čisti etanol, a oko 40% koriste 20%-tnu smesu sa benzinom. Etanol se počeo proizvoditi kako bi se smanjila brazilska zavisnost od uvozne nafte i otvorilo dodatno tržište domaćim proizvođačima šećera. U SAD-u etanolske smese čine oko 9% ukupne godišnje prodaje benzina.

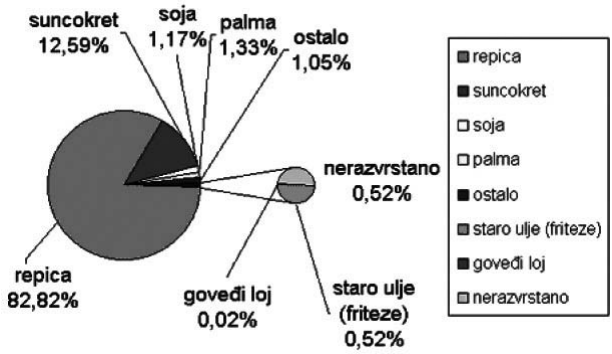
Za proizvodnju *metanola* mogu se koristiti sirovine s visokim udelom celuloze kao što je drvo i neki ostaci iz poljoprivrede. Tehnologija je potpuno različita od one za proizvodnju etanola. Proizvodnja se odvija u dve faze. U prvoj se sirovina konvertuje u gasoviti/plinoviti međuproizvod iz kog se sintetizuje metanol. Faza sinteze metanola je dobro poznata i komercijalno dokazana, dok je faza gasifikacije/rasplinjavanja još u razvoju. Takva istraživanja se vrše u zemljama sa velikim drvnim potencijalom kao što su Švedska i Brazil, a primena takvih postrojenja se očekuje uskoro.

Biodizel

Biodizel je komercijalni naziv pod kojim se *metil-ester*, bez dodanog mineralnog dizelskog goriva, nalazi na tržištu tečnih goriva i prodaje krajnim korisnicima. To je standardizovano tečno nemineralno gorivo, neotrovan, biorazgradiva zamena za mineralno gorivo, a može se proizvoditi iz biljnih ulja, recikliranog otpadnog jestivog ulja ili životinjske masti procesom esterifikacije, pri čemu kao sporedni proizvod nastaje glicerol.

Metil-ester (ME) je hemijsko jedinjenje dobijeno reakcijom (esterifikacija) biljnog ulja (uljana repica, suncokret, soja, palma, ricinus itd.) ili životinjske masti s metanolom u prisutnosti katalizatora.

Izbor osnovne sirovine za dobijanje biodizela zavisi od specifičnih uslova i prilika u konkretnim zemljama, u Evropi se za proizvodnju biodizela najviše koristi ulje uljane repice (82,8%) i ulje suncokreta (12,5%), dok se u Americi najviše koristi ulje soje, a u azijskim zemljama se koristi i palmino ulje.



Slika 11. Izbor osnovne sirovine za dobijanje biodizela u Evropi

Prednosti biodizela: osim što je po svojim energetskim sposobnostima jednak običnom dizelu, ima puno bolju mazivost, pa značajno produžava radno trajanje motora. Najvažnije njegove osobine vezane su uz smanjenje zagađenje životne sredine (prilikom rada motora, na izduvnoj cevi (aspuhu) se oslobađa čak 10% kiseonika, eliminiše CO2 emisiju). Biodizelska goriva ne sadrže sumpor ni teške metale, koji su glavni zagađivači vazduha prilikom upotrebe dizela dobijenog iz nafte. Pretvara NOx u bezopasni nitrogen. Moguća proizvodnja u kućnoj radinosti. Viši cetanski broj – lakša zapaljivost. Transport biodizela gotovo je potpuno neopasan za životnu sredinu, jer se dospevši u tlo razgradi nakon 28 dana. Ako nafta tokom manipulacije ili transporta dospe u vodu, jedan litar zagadi gotovo milion litara vode, dok kod biodizela takvo zagađenje ne postoji, jer se on u vodi potpuno razgradi već nakon nekoliko dana.

Nedostaci biodizela:

- Postoji mogućnost začepljenja injektora,
- Miris prženog ulja iz ispuha,
- Visoka viskoznost,
- Energetska vrednost: 37,2 MJ/l (nafta 42, MJ/l) – veća potrošnja

Pri proizvodnji biodizela iz uljane repice, nastaje čitav niz veoma profitabilnih nusprodukata, poput pogače ili sačme, koja je visokovredan proteinski dodatak stočnoj hrani, dobija se i glicerol, koji se koristi kao sirovina u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji. Na kraju tehnološkog procesa, kao nusprodukt se dobija i uljni mulj, koji se koristi kao visokokvalitetno đubrivo za povrtarske kulture u ekološkoj poljoprivredi. Zbog svojih brojnih pozitivnih osobina, biodizel je svoju najširu primenu našao upravo u ekološkoj poljoprivredi, gde je, po međunarodnim kriterijumima, i jedini dopustivi energent. Bez upotrebe biodizela (ili nekog drugog biogoriva), danas se u EU ne može dobiti certifikat o čistoći ekološki proizvedenih poljoprivrednih proizvoda.

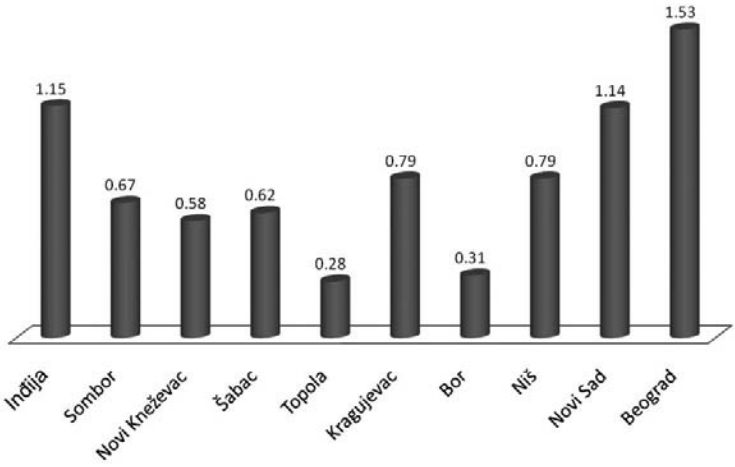
Otpad

Ubrzani razvitak industrije i potrošački organizovano društvo izazvali su globalnu „ekološku" krizu, koja se u razvijenim državama manifestuje kao problem zbrinjavanja otpada. Nekontrolisano i neodgovorno odložen otpad ugrožava zdravlje ljudi i životnu sredinu, a brojni su primeri u kojima je dokazano oštećenje zdravlja ljudi zbog neodgovornog postupanja s otpadom. Svetska iskustva pokazuju da je problem otpada moguće rešiti samo celovitim sistemskim upravljanjem.

Primarni cilj je zbrinjavanje gradskog otpada, a tek potom proizvodnja energije (koristeći „zeleni deo" recikliranog kućnog otpada, biomasu iz parkova i vrtova, mulj iz kolektora otpadnih voda) jer su za to potrebne velike investicije (US $ 4000/kW).

Korišćenje energije otpada za grejanje i/ili proizvodnju električne energije jedan je od načina za efikasnu upotrebu otpada uz, ukoliko se provodi ispravno, minimalan uticaj na okruženje. Postupci termičke obrade otpada, naročito u urbanizovanim - gusto naselje-

nim sredinama, omogućuju istovremeno neutralisanje štetnih svojstava i njegovo energetsko iskorišćavanje. Postoje različite tehničke mogućnosti termičke obrade otpada, od kojih je sagorevanje otpada dosad najviše korišćeno.



Slika 12. Količina otpada po stanovniku dnevno (kg/st/dn)

U svetu stalno raste broj postrojenja za termičku obradu otpada sagorevanjem/spaljivanjem i ta se tehnologija najviše koristi upravo u razvijenim državama. Mogućnost kogeneracije energije otpada, u okvirima celovitog sistema upravljanja/menadžmenta energijom, obuhvata vrednovanje deponijskog gasa kod uređenih savremenih deponija, biogasa kod takozvane anaerobne hladne obrade otpada i termičku obradu otpada pomoću različitih postupaka otplinjavanja, rasplinjavanja, sagorevanja i različitih kombinacija tih postupaka. Proizvodnja energije iz otpada u svetu nije retkost. Tako se danas u Švedskoj otpad energetski koristi u 21-om postrojenju za spaljivanje, čime se godišnje zbrinjava 1,7miliona tona otpada (oko polovine ukupne količine komunalnog otpada).

Skladištenje otpada sa učešćem njegovog energetskog vrednovanja možemo podeliti na tri faze: faza regulacije, faza transformacije, faza iskorišćenja.

Faza regulacije odnosi se na regulaciju samog otpada. Ovde, naime, spadaju tehnologije razvrstavanja, razgrađivanja, smanjivanje vlažnosti otpada kao i njihove kombinacije.

U fazi transformacije otpad se transformiše u formu goriva sa zahtevanim mehaničkim, termičkim i i emisionim osobinama. Izlaz ove faze je ili tečno ili čvrsto ili gasovito gorivo. Ovde u stvari spadaju tehnologije dobijanja gasne, tečne i čvrste faze.

U fazi iskorišćenja dobijena forma goriva se ili spaljuje ili koristi u kogeneraciji. Kod spaljivanja se dobija toplotna energija a kod kogeneracije električna energija i sekundarna toplotna energija.



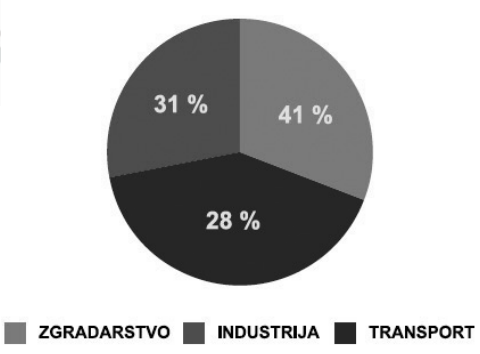
ENERGETSKI POTENCIJAL ZGRADARSTVA

Energetska efikasnost u zgradarstvu prepoznata je danas kao područje koje ima najveći potencijal za smanjenje ukupne potrošnje energije, čime se direktno utiče na ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, duži životni vek zgrade i doprinosi zaštiti okruženja i smanjenju emisija štetnih gasova.

Mere energetske efikasnosti u zgradarstvu uključuju celi niz različitih područja mogućnosti uštede toplotne i električne energije, uz racionalnu primenu fosilnih goriva i primenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gde god je to funkcionalno izvodivo i ekonomski opravdano.

Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije i veliki izvor štetnih emisija gasova staklene bašte, posebno CO2. Ukoliko posmatramo potrošnju energije u najvećem sektoru potrošnje - sektoru opšte potrošnje, u kom su najveći potrošači stambene i nestambene zgrade, možemo primetiti stalan porast potrošnje finalne energije.

U budućnosti će važnu ulogu u upravljanju energijom u zgradama imati, kako korisnici tako i svi učesnici u projektovanju, gradnji, rekonstrukciji i održavanju zgrada. Ovaj odeljak namenjen je onima koji žele nešto da nauče ili dopune i obnove svoje znanje o projektovanju, gradnji, obnovi i održavanju zgrada na energetski i ekološki optimalan način i svojim delovanjem doprinesu stvaranju savremene održive arhitekture i očuvanju okruženja u kom živimo.



Slika 1. Sektor zgradarstva odgovoran je za preko 40 posto ukupne potrošnje energije i u zgradarstvu leži najveći potencijal energetskih ušteda?

Glavni cilj energetske efikasnosti u zgradarstvu je uspostaviti mehanizme koji će trajno smanjiti energetske potrebe pri projektovanju, izgradnji i korišćenju novih zgrada, kao i rekonstrukciji postojećih, ukloniti barijere uvođenju mera energetske efikasnosti u postojeći i novi stambeni i nestambeni fond zgrada.

Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije, a time i veliki zagađivač okruženja. Zbog dugog životnog veka zgrada, njihov uticaj na okruženje u kom živimo je dug i kontinuiran i ne možemo ga zanemarivati. Građenje se prečesto tretira kao isključivo ekonomski proces, a zapravo je u prvom redu ekološki, socijalni i kulturni fenomen, koji treba da zadovolji ljudske potrebe i aspiracije. Nagli razvoj tržišta, ekonomije, prodor i uticaj kapitala i medija s jedne strane i neverovatna ekspanzija gradnje u našoj zemlji poslednjih nekoliko godina, ostavljaju trag na arhitektonskim realizacijama koje su često upitnog kvaliteta i bez energetskog koncepta. Nagli razvoj stambene izgradnje 50-tih i 60-tih godina prošlog veka, rezultirao je izgradnjom velikog broja zgrada koje su danas registrovane kao veliki potrošači energije i koje je potrebno sistematično obnavljati. Zgrade građene pre 1970. godine, građene su u periodu pojave novih materijala, statički laganijih i tanjih konstrukcija, a istovremeno u periodu jeftine energije i nepostojanja propisa o potrebi toplotne zaštite zgrada. Danas su takve zgrade veliki potrošači energije i nikako ne zadovoljavaju savremene tendencije o smanjenju potrošnje energije u zgradama, u svrhu postizanja većeg komfora, ugodnijeg i zdravijeg boravka u zgradama, zaštite okruženja i smanjenja klimatskih promena.

Uspešna implementacija mera energetske efikasnosti u zgradarstvu bazira se na:

- promeni zakonodavnog okruženja i usklađivanju s evropskom regulativom na području toplotne zaštite i uštede energije, kao i primene obnovljivih izvora energije
- povećanju toplotne zaštite postojećih i novih zgrada
- povećanju efikasnosti sistema grejanja, ventilacije i klimatizacije
- povećanju efikasnosti sistema rasvete i energetskih trošila
- energetskoj kontroli i upravljanju energijom u postojećim i novim zgradama
- propisivanju ciljne vrednosti ukupne godišnje potrošnje zgrade po m2 ili m3
- uvođenju energetskog certifikata kao sistema označavanja zgrada prema godišnjoj potrošnji energije i
- stalnoj edukaciji i promociji mera povećanja energetske efikasnosti.

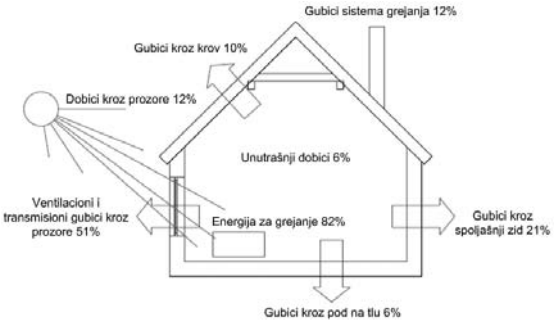
Energetski (toplotni) bilans zgrade

Kako bismo u potpunosti razumeli energetsku potrošnju zgrade, potrebno je poznavati i razumeti osnovne pojmove i veličine potrebne za njezino određivanje i analizu.

Naime, potrošnja energije u zgradi zavisi kako od karakteristika same zgrade (njenog oblika i konstrukcijskih materijala), karakteristika energetskih sistema u njoj (sistema grejanja, električnih uređaja i rasvete, i dr.), ali i od klimatskih uslova podneblja na kom se zgrada nalazi. Osnovni pojmovi za analizu potrošnje energije u zgradama su: toplot-

ni gubici i dobici, koeficijent prolaza toplote, stepen-dan grejanja, stepen korisnog delovanja, a biće objašnjeni u narednim pasusima. Oni su ključni za određivanje energetskog (toplotnog) bilansa zgrade.

Nadalje, zgradu treba razmatrati kao sistem i kao takvu je analizirati. Na slici 2. prikazana je zgrada sa svim tokovima energije, tj. prikazan je energetski bilans zgrade.



Slika 2. Energetski bilans zgrade

Transmisijski gubici toplote nastaju prolazom (transmisijom) toplote kroz elemente omotača/ovojnice zgrade. Oni zavise od konstrukcijskih elemenata zgrade (opeka, armirano-betonska), debljine toplotne zaštite na zidovima, prozorima, vratima, itd. Transmisijski gubici nisu jedini koji određuju potrebe grejanja zgrade. Naime, njima se moraju dodati i toplotni gubici zbog provetravanja, tzv. ventilacijski gubici.

Osim toplotnih gubitaka, u zgradama imamo i toplotne dobitke koji ne dolaze iz sistema grejanja, tzv. slobodne toplotne dobitke. Ti dobici uključuju toplotu dobijenu od osoba koje borave u prostoru, kao i od različitih uređaja (na primer, kancelariska oprema, rasveta, kuhinjski uređaji i dr.) koji se u tom prostoru koriste. Te dobitke nazivamo unutrašnjim ili internim dobicima. Osim toga, određena količina toplote u prostor dolazi i od Sunčeva zračenja.

Godišnja potrebna toplotna energija za grejanje, Qh (kWh/a), je računski određena količina toplote koju sistem grejanja treba tokom jedne godine da dovede u zgradu da bi se održala unutrašnja projektna temperatura u zgradi. Takvo izražavanje potrošnje energije u zgradama po m2 ili m3 daje nam jedinstveni podatak, koji omogućava energetsku karakterizaciju zgrade i poređenje različitih energetskih karakteristika zgrada.

Principi toplotne izolacije

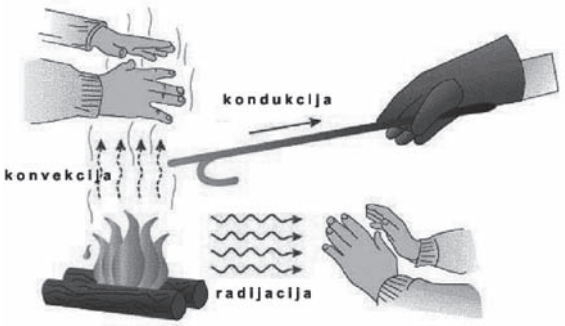
Svako će se složiti da dobra toplotna izolacija kuće znači veću udobnost i manje troškove grejanja. Ipak, iza reči toplotna izolacija kriju se mnogi koncepti. U ovom odeljku govorimo o fizici toplotne izolacije. U sledećem odeljku govorićemo o parametrima koji se koriste za merenje i poređenje kvaliteta različitih rešenja toplotne izolacije.

Transfer toplote

Cilj toplotne izolacije je održavanje konstantne ugodne temperature u kući sprečavajući transfer toplote između unutrašnje i spoljne klime. U hladnim mesecima, toplotna izolacija će sprečiti bekstvo unutrašnje toplote vani. U toplim mesecima, usporiće prodor toplote u unutrašnjost kuće.

Toplotna izolacija je prema tome dizajnirana da kontroliše različite komponente prenosa toplote:

- Kondukciju kroz građevinski materijal
- Konvekciju preko kretanja vazduha
- Toplotnu radijaciju



Slika 3. Tri načina prenošenja toplote: kondukcija, konvekcija i radijacija

Kondukcija toplote

Kondukcija toplote je veoma intuitivan koncept: predstavlja spontani transfer toplote kroz materijal, u cilju izjednačavanja toplotnih razlika. Ovo objašnjava zašto imamo osećaj da je metalna klupa ili stolica na dodir hladna, dok je drvena na dodir topla. Metal je odličan toplotni konduktor i prenosi toplotu tela kroz svoju masu. Drvo, naprotiv, je veoma loš toplotni konduktor. Iz istog razloga, metalna kašika u ključaloj vodi postane brzo vruća, dok drvena ostaje hladna na drugom kraju.

Materijali koji se koriste za toplotnu izolaciju moraju imati nisku konduktivnost toplote da bi bili efikasni.

Konvekcija toplote

Konvekcija predstavlja prenos toplote cirkulacijom ili kretanjem toplih čestica prema hladnijem prostoru. Ovo je još jedan intuitivan koncept jer znamo da topao vazduh ili voda ide naviše. Okruženje, hladnije čestice se pomeraju u zamenu za tople. Hladne čestice se onda zagrevaju i proces se nastavlja stvarajući tako struju konvekcije.



Slika 4. Konvekcija toplote izazvana radijatorom i u vrućoj vodi

Primenjeno na toplotnu izolaciju jedne kuće, *to znači da kuća mora biti čvrsto zatvorena (vazduhodržljiva, hermetična)*. Ovo je neophodno da bi se sprečilo bekstvo toplog vazduha vani i njegova zamena hladnim vazduhom spolja. Ovo nije lako postići u izgradnji kuće. I pošto se topli vazduh penje naviše, toplotna izolacija krova ili plafona je izuzetno važna da bi se sprečio gubitak toplote.

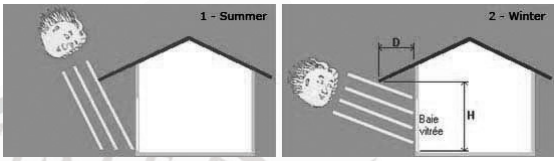
Toplotna radijacija

Toplotna radijacija *predstavlja transfer toplote elektromagnetnim zračenjem*. Sunce, ili električni radijator, su perfektni primeri radijacije toplote. Svetli, sjajni materijali, kao barijere radijacije, reflektuju zračenje dok tmurni, tamni materijali ga apsorbiju. Dobri izolatori nisu neophodno dobre prepreke zračenju i suprotno. Primer prepreke zračenju je

svetli materijal koji stavite na prednje staklo auta da biste sprečili pregrevanje u letnjim danima.

Toplotna radijacija Sunca je od posebnog značaja kada se govori o toplotnoj izolaciji. Za vreme hladnih meseci, sunčeva energija je posebno dobrodošla i kuće bi trebalo da su dizajnirane da je što više prihvate. U leto, naprotiv, treba sprečiti prodor radijacije sunca u kuću da bi se održala svežina unutra.

Krov i prozori imaju najveću važnost kod toplotne radijacije. Na krov je moguće postaviti prepreke radijaciji i/ili napraviti ventilisani krov koji omogućava toploti radijacije da se evakuiše putem konvekcije.



Slika 5. Nastrešnica, za prozor okrenut prema jugu, daje zaštitu prozoru leti, kada je sunce visoko na nebu, dok dozvoljava prodor sunčevih zraka zimi, kada je sunce nisko na nebu.

Što se tiče prozora, moguće je naći reflektivno staklo, koje uvećava prenos svetlosti reflektujući solarnu radijaciju. Druga vrsta stakla zvana ***E glass*** (*low emissive*), ima metalni ili oksidni nanos, koji umanjuje prenos toplote ili hladnoće kroz staklo dozvoljavajući, u isto vreme, svetlosti da prođe kroz njega. U svakom slučaju, najefikasniji način da se izbegne toplotno zračenje kroz prozore u letnjim danima je da se ti isti zaštite od direktnog izlaganja suncu. Ovo se može izvesti izgradnjom nastrešnica, drvenim kapcima ili vegetacijom.

Kako proceniti i uporediti rešenja toplotne izolacije

U ovom odeljku opisujemo važne parametre koji se koriste za merenje i poređenje kvaliteta različitih rešenja toplotne izolacije.

Toplotna kondukcija ili provodljivost – k ili λ

Prenos toplote iz vazduha ka zidovima, podu ili krovu nastaje konvekcijom ili radijacijom. Jednom kada toplota uđe u metrijal, prenos toplote nastaje uglavnom kondukcijom, mada, zavisno od materijala, konvekcija i radijacija nisu isključene.

Provodljivost toplote (k ili λ) je, prema tome komponenta koju materijali koji se koriste za toplotnu izolaciju moraju da umanje. Toplotno izolacioni materijali umanjuju gubitak ili povećanje toplote sprečavajući da se provodljivost toplote odvija kroz njihovu supstancu. Potpuni efekat zavisi od materijala koji se koristi i od njegove debljine.

Fizičko svojstvo koje meri sposobnost materijala da provodi toplotu se zove toplotna kondukcija ili provodljivost. Jedinica mere je Vat po metru.Kelvin (W/mK). Vrlo često, videćete

taj broj na specifikacijama izolacionih materijala. Što je taj broj manji, to je materijal za toplotnu izolaciju bolji.

Toplotna provodljivost je intenzivno fizičko svojstvo materijala; zavisi samo od samog materijala a ne od nečeg drugog (debljine, veličine). Toplotnu provodljivost materijala nije lako izmeriti. I obično postoji razlika između rezultata merenja u laboratoriji, u idealnim uslovima, i onog što ćete vi postići u svojoj kući, u manje idealnim uslovima.

Ovde je lista uobičajenih toplotno izolacionih materijala, i nekih od velikih građevinskih blokova kojima nije neophodna dodatna toplotna izolacija, sa podacima o njihovoj toplotnoj provodljivosti baziranoj na tvrdnjama njihovih respektivnih proizvođača.

Tabela 1. Toplotna provodljivost različitih građevinskih komponenti.

Materijal	Toplotna provodljivost (W/mK)
Vazduh	0.025
Stiropor različite gustine	
Austrotherm EPS® W 15 (15 kg/m²)	0.041
Austrotherm EPS® W 30 (30 kg/m²)	0.035
Tarolit EPS 50 (12 kg/m²)	0.041
Tarolit EPS 200 (30 kg/m²)	0.031
Stirodur	
Austrotherm XPS® TOP® 30 SF	0.035
Staklena mineralna vuna	
ISOVER KL 35 (laboratorijska vrednost)	0.035
ISOVER KL 35 (dizajnirana vrednost)	0.041
Kamena mineralna vuna	
Opšta kamena mineralna vuna	0.032 do 0.040
Drveno vlakno	
Tarolit	0.110
Celuloza	
DÄMMSTATTs CI 040	0.038
Građevinski blokovi kojima ne treba dodatni sloj toplotne izolacije	
Wienerberger POROTHERM 38 S P+E (obični malter)	0.220
Wienerberger POROTHERM 38 S P+E (izolacioni malter)	0.180
Wienerberger POROTHERM 38 S P+E PLUS (obični malter)	0.190
Wienerberger POROTHERM 38 S P+E PLUS (izolacioni malter)	0.139
Opeka EUROTHERM 38 UT (obični malter)	0.233
Opeka EUROTHERM 38 S (obični malter)	0.138
Nexe TB-38 (obični malter)	0.160
Xella Ytong	0.130

Najverovatnije, gore navedeni brojevi su dati u vreme proizvodnje. Kada koristite dati materijal u građevinarstvu, morate uzeti u obzir kako se toplotna provodljivost tog materijala menja tokom vremena. I uz to, mora se takođe uzeti u obzir sami kvalitet ugradnje datog materijala. Na kraju, toplotna provodljivost materijala može da varira zavisno od okolne temperature i od količine vlage u vazduhu i u samom materijalu.

Velika prednost velikih građevinskih blokova, je da su njihove karakteristike stabilne kroz vreme i u različitim uslovima. Ovo se ne može reći za stiropor ili mineralnu vunu.

Toplotna otpornost - R

Toplotna provodljivost (R-vrednost) omogućava usporedbu materijala i njihove mogućnosti provođenja toplote. U praksi, to nije dovoljno da bi se ocenio kvalitet datog rešenja toplotne izolacije. Debljina upotrebljenog materijala se mora uzeti u obzir.

To je razlog za korišćenje druge mere zvane toplotna otpornost ili R-vrednost. *To je jednostavno debljina upotrebljenog materijala podeljena sa toplotnom provodljivosti istog*:

$$R = d/k$$

gde d je debljina. Jedinica mere je m^2K/W.

Na primer, *5* cm *Austrotherm EPS® W 15*, debljina često upotrebljena u kućama u Srbiji, će obezbediti R-vrednost od $0.05/0.041 = 1.22$ Km^2/W. *Wienerberger POROTHERM 38 S P+E PLUS* koji je 38 cm debljine će dati R-vrednost od $0.38/0.139 = 2.73$ Km^2/W. Što je veća Rvrednost, bolje je rešenje što se tiče toplotne izolacije.

Naravno, što ćemo videti posle, kada se ocenjuje toplotna otpornost celog zida, sve komponente zida moraju se uzeti u obzir a ne samo izolacioni sloj.

Toplotna provodnost - C

Kada se radi o toplotnoj izolaciji, toplotna otpornost daje suprotan pogled od toplotne provodljivosti: veća toplotna otpornost = bolje, dok manja toplotna provodljivost = bolje. Iz tog razloga, koristi se druga mera, zvana toplotna provodnost. Toplotna provodnost je jednostavno suprotna toplotnoj otpornosti: $C = 1/R$. Jedinica mere je W/m^2K.

Vrlo često, videćete toplotnu provodnost predstavljenu sa U-vrednosti definisanom dole. To nije korektno jer je U-vrednost mnogo rafiniraniji i složeniji parametar.

Ukupna toplotna otpornost – RT

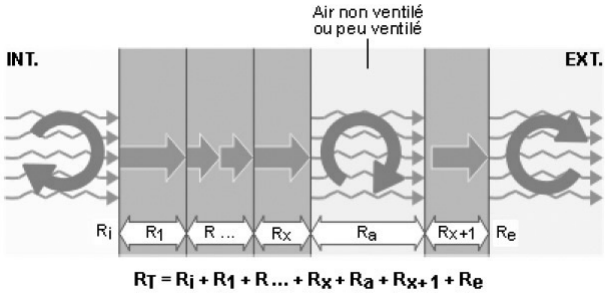
Kao što smo već pomenuli gore, kada se procenjuje rešenje date toplotne izolacije, sve komponente tog rešenja moraju biti uzete u obzir. Na primer, kod zida napravljenog od unutrašnje žbuke + giter blok + mineralna vuna + vazdušni prostor + opeka + fasadna žbuka, R-vrednost svake komponente mora biti uzeta u obzir. I dodatno, zbog razmene toplote između zida i okolnog vazduha konvekcijom ili radijacijom, koeficijent transfera toplote na unutrašnoj površini zida i spoljašnjoj površini istog takođe mora biti uzet u obzir.

Ukupna toplotna otpornost obuhvata sve to. Ona predstavlja sumu svih toplotnih otpornosti svake pojedinačne komponente građevinske konstruktivne sekcije, uključujući površinsku toplotnu otpornost na obe strane date sekcije. Jedinica mere je m^2K/W.

Površinska toplotna otpornost građevinske konstruktivne sekcije predstavlja otpornost na transfer toplote konvekcijom i radijacijom između okolnog vazduha i povšine te sekcije. Ona je suprotna od površinske provodnosti(h) za tu istu površinu. Ri predstavlja površinsku toplotnu otpornost na unutrašnjoj površini sekcije. Re predstavlja isti parametar za vanjsku površinu sekcije.

RT, ukupna toplotna otpornost građevinske konstruktivne sekcije, je suma od Ri, Re i svih toplotnih otpornosti komponenata koji čine deo te sekcije (prikaz desno).

Ukupna toplotna otpornost konstruktivne sekcije je suma svih površinskih toplotnih otpornosti i svih toplotnih otpornosti svake komponente građevinske konstruktivne sekcije.



Slika 6. Ukupna toplotna otpornost konstruktivne sekcije.

Toplotni prenos - U

Toplotni prenos ili U-vrednost predstavlja količinu toplote, koja prođe kroz konstruktivnu sekciju, između unutrašnje i spoljašnje klime, za jedinicu površine i temperature. Jedinica mere je W/m^2K. Još se zove i *ukupni koeficijent prolaska toplote*.

U-vrednost je jednostavno predstavlja reciprocitetnu vrednost sume otpora prelaza toplote.

$$U = 1 / RT$$

Jednostavno rečeno, U-vrednost ocenjuje energetsku efikasnost materijala kombinovanih ujednoj konstruktivnoj komponenti ili sekciji. Što je manja U-vrednost, bolje je rešenje u smislu toplotne izolacije i uštede energije.

Ukupna toplotna otpornost i toplotni prenos se koriste u oceni i poređenju građevinskih konstruktivnih rešenja. Takođe se koriste u različitim građevinskim normama u celom svetu da be se uspostavili prihvatljivi standardi za novogradnju. Ovde ispod prikazani su standardi postavljeni Francuskim normama **RT 2000** (Francuska ima sličnu klimu kao Srbija) koji bi trebali biti primenjeni u Srbiji za kvalitetnu novogradnju. Napomenimo da brojevi prikazani dole su *minimalni legalno prihvatljivi* za novogradnju u Francuskoj. Bolje od ovoga je uvek plus za komfor i uštedu energije.

Konstruktivna sekcija RT (m²K/W) U (W/m²K)

Zidovi	2 do 3	0.5 do 0.33
Podovi	2 do 3	0.5 do 0.33
Plafoni	4.5 do 5	0.22 do 0.2
Krov	4.5 do 6	0.22 do 0.17

Napomena: Francuske norme RT 2000 - minimalne vrednosti za toplotne performanse različitih konstruktivnih sekcija.

Predstavili smo glavne parametre koji se koriste pri oceni efikasnosti rešenja toplotne izolacije. Videli smo, da bi ocenili toplotnu izolaciju kompletne konstuktivne komponente, svi njeni delovi moraju biti uzeti u obzir. Dalje razmatrano, da bi ocenili energetsku efikasnost jedne cele kuće, zidovi, podovi, plafoni, krov, prozori, svi njeni delovi se moraju uzeti u obzir. I zbog toga nema razloga platiti mnogo više za izolaciju zidova ako ćete uštedeti na kupovini prozora i ugraditi loše u smislu toplotne izolacije. Svi delovi moraju biti usaglašeni.

Posebno treba voditi računa o izbegavanju toplotnih mostova (delova koji nisu uopšte ili su loše izolovani) u izgradnji kuće, da se ne bi umanjila ukupna performansa toplotne izolacije. Savet je, razmišljajte o kući kao jednom kompletnom sistemu i vodite računa o svim delovima radije nego da se usredsredite na izbor jednog materijala zbog njegove teoretske k -vrednosti. Bilo šta proizvođač kaže, kuća je suma svih svojih delova. I što je najgore, loš izbor jedne komponente kuće može imati veći negativni uticaj nego svi pozitivni uticaji najboljih komponenti.

Izbegavanje toplotnih mostova

Jedan od ključnih aspekata izgradnje niskoenergetske zgrade čini pažnja posvećena toplotnoj izolaciji. To znači korišćenje pravih materijala odgovarajuće debljine koji pružaju dobre toplotne karakteristike. Ali to samo nije dovoljno. To takođe znači da toplotna izolacija mora biti pravilno postavljena tako da nema rupa i propusta kuda bi toplota mogla da izađe i umanji efekat te toplotne izolacije. Izbegavanje ovih takozvanih **toplotnih mostova** je zaista neophodno ukoliko se grade kvalitetne niskoenergetske zgrade. Ovo je jedan od aspekata kome se još uvek u Srbiji ne poklanja naročita pažnja.

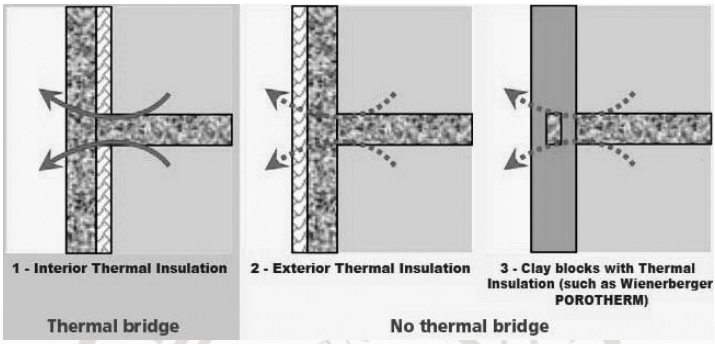
Šta je toplotni most ili hladni most?

Toplotni mostovi su lokalizovani delovi zgrade koji prikazuju uvećane toplotne gubitke. Mogu biti uzrokovani izborom geometrijskih komponenti kao na primer u slučaju balkona ili korišćenjem materijala sa većom toplotnom provodljivošću kao što je slučaj sa aluminijskim prozorima bez toplotnog prekida.

Toplotni mostovi su često rezultat same strukture zgrade, pojavljuju se na spoju između zidova i podova, između zidova i krova, u uglovima ili oko prozora ukoliko nisu pravilno

postavljeni. Toplotni mostovi ne mogu biti u potpunosti izbegnuti, ali cilj je da se negativni efekti ovih mostova umanje na tolerantni nivo i da ne kreiraju nikakvo oštećenje zgrade. U nastavku, govorićemo samo o onim toplotnim mostovima koji se ne mogu tolerisati i prema tome moraju biti tretirani.

Poznato je da se postavljanjem unutrašnje toplotne izolacije kreiraju mnogi toplotni mostovi koji mogu biti kompletno izbegnuti postavljanjem spoljašnje toplotne izolacije ili gradnjom sa širokim opeka blokom kao na primer Wienerberger POROTHERM (prikaz ispod).



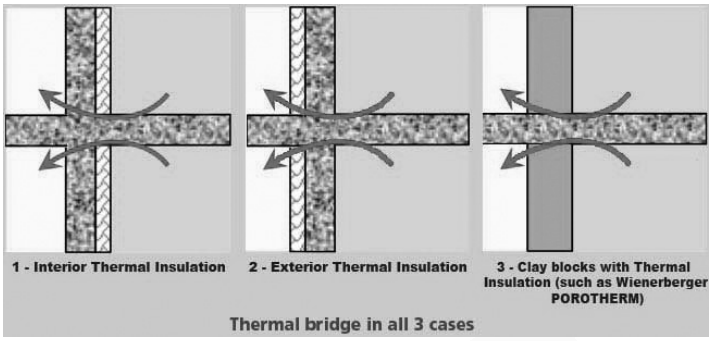
Slika 7. Toplotni most kreiran na spoju između poda i zida u slučaju postavljene unutrašnje izolacije.

Primetimo da u slučaju spoljašnje toplotne izolacije ili u slučaju gradnje sa širokim opeka blokom kao što je Wienerberger POROTHERM, ne dolazi do kreiranja toplotnog mosta.

Terase i balkoni, najčešći izvor toplotnih mostova

Spoj sa balkonom ili terasom je jedan on najčešćih izvora geometrijskih toplotnih mostova. Armirana betonska ploča ima visok faktor toplotne provodljivosti i preseca sloj toplotne izolacije. To uzrokuje prolazak toplote koji vodi sniženju unutrašnje površinske temperature.

Bez obzira na vrstu izolacije, balkoni uvek kreiraju toplotni most koji se ne može lako izbeći (prikaz dole). To zahteva dodatnu brigu, i prema tome, dodatni trošak. I to je verovatno jedan od razloga zašto niko u Srbiji ne vodi računa o izbegavanju ovih toplotnih mostova.

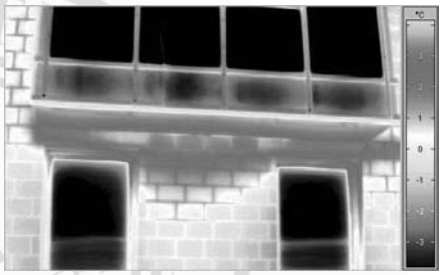


Slika 8. Toplotni most kreiran od strane balkona ili terase na svim tipovoma zidnih sistema.

Štetni efekti toplotnih mostova

Zato što toplota uvek izlazi najlakšim putem iz zagrejanog prostora prema vani (putem sa najmanjim otporom), **toplotni mostovi su uzrok značajnog gubitka toplote**. Što je bolja toplotna izolacija to će se više toplote gubiti preko toplotnih mostova. Ovi gubici mogu predstavljati značajan trošak na računu za grejanje.

Gubitak toplote preko toplotnog mosta može biti uočen koristeći infracrveni termografički prikaz kao na slici 9.



Slika 9. Infracrveni termografički prikaz balkona sa gubitkom toplote uzrokovanim toplotnim mostom.

Uloga infracrvene termografije

Veliki deo ukupne potrošnje energije otpada na ostvarivanje toplotnog komfora u zgradama. Infracrvena termografija pokazala se kao izuzetno korisna metoda za vizuelizaciju toplotnih gubitaka kroz elemente konstrukcije kod istraživanja potencijala povećanja energetske efikasnosti zgrada. Termografskim snimanjem zgrada, te kasnijom stručnom interpretacijom moguće je locirati nedostatke konstrukcije i usmeriti zahvate na sanaciji prema optimalnom poboljšanju energetske efikasnosti sistema zgrade.

Nedostaci u konstrukciji koji se mogu ustanoviti termografskim snimanjem su:

- nehomogenost materijala zida,
- neispravnost ili nepostojanje toplotne izolacije,
- vlaga u konstrukciji,
- problemi ravnih krovova,
- toplotni mostovi,
- otvoreni propusti za vazduh-ventilacije, fuge i slično, kao i
- koncentracija instalacija u zidu.

Osim toga, infracrvenom termografijom je moguće detektovati havarije ili manja propuštanja sistema u smislu procurivanja instalacija ugrađenih u zidove i/ili energetske kanale, ali takođe i eventualne nedostatke i oštećenja izolacije ugrađenih instalacija koja se ne mogu ustanoviti običnim vizuelnim pregledom sistema.



Slika 10. Odnos veličine termokamere i ruke korisnika

Savremena termografija bazirana je na sposobnosti infracrvene kamere da registruje toplotnu energiju koju zrače površine tela, otkrije sve nepravilnosti temperaturnog zračenja podloge, i to pretvori u sliku, tzv. **termogram**. IC termografija danas se pokazuje kao izuzetno korisna metoda u istraživanju i unapređivanju energetske efikasnosti u zgradarstvu. Pomoću termografskih snimaka delova konstrukcije moguće je vrlo brzo prepoznati nedostatke povezane s toplotnim karakteristikama, otkriti uzroke i predložiti sanaciju. Mogućnost beskontaktnog i daljinskog snimanja ukupnog temperaturnog polja površine posmatranog objekta daje velike prednosti u odnosu na klasične analize konstrukcije. Primena je podjednako korisna na postojećim objektima, objektima pod zaštitom kao i novim objektima. Upravo zbog navedenih razloga u razvijenim zemljama se metoda termografije sve više uvodi kao obavezna metoda kod kontrole pri primopredaji objekata, kao i u redovnom nadzoru i održavanju objekata, posebno objekata javne namene.

Istraživanja pokazuju da među troškovima gradnje i pogona zgrade na prvom mestu često stoje troškovi održavanja. Stoga primena termografije može doneti značajne uštede bilo putem kratkoročnog sprečavanja ozbiljne degradacije sistema konstrukcije ili pak dugoročnog podizanja energetske efikasnosti zgrade.

Cilj daljnjeg razvoja primene termografije u zgradarstvu je:

- Pomoć pri pregledu i oceni kvaliteta novih zgrada putem određivanja parametara toplotne efikasnosti izvedene konstrukcije zgrade
- Uvođenje termografije kao standardne metode za efikasno održavanje postojećih zgrada
- Određivanje toplotne efikasnosti zgrade merenjem gubitaka toplote kroz spoljašnji omotač zgrade
- Unapređenje zgradarstva na području projektovanja i gradnje, naročito sa stanovišta uštede energije

Rizik formiranja buđi i kondenzacije

U predelu oko toplotnog mosta, uvećani gubici toplote uzrokuju značajan pad unutrašnje površinske temperature. Čim površinska temperatura padne ispod određene granice,

postoji rizik od formiranja buđi. Ukoliko temperatura u površinskom delu padne još više, vlaga koja je inače prirodno prisutna u prostoriji će se kondenzovati na toj hladnoj površini u formi kapljica.

Napomenimo da na formiranje buđi i kondenzacije snažno utiče kvalitet unutrašnjeg vazduha. Bez pravog ventilacionog sistema koji obnavlja vazduh, nivo vlage će biti veći i mogućnost stvaranja buđi i kondenzacije je još veća.



Slika 11. Formiranje buđi uzrokovano toplotnim mostovima

Rizik po zdravlje

Jednom kada se buđ formira u predelu toplotnog mosta, oslobađa spore u prostoriju. Ove spore mogu prouzrokovati različite efekte na zdravlje; od manjih alergijskih reakcija kao iritirane oči, nos, i grlo pa do uvećanih astmatičnih simptoma. To je zato što su spore alergeni koji izazivaju sinuse, rhinitis i astmu. Pošto je izloženost u prostoriji obično produžena, postoji rizik da ove alergijske reakcije prerastu u hronična obolenja.

Da ponovimo, nedovoljna obnova unutrašnjeg vazduha dovešće do formiranja buđi i uvećaće njene negativne efekte po zdravlje ljudi. Nažalost, loš kvalitet gradnje će akumulirati nedostatke kao što su mnogobrojni toplotni mostovi i odsustvo prave ventilacije.

Rizik od strukturalnog oštećenja

Formiranje buđi i kondenzacija će dovesti do različitih oštećenja zgrade. To može uticati na unutrašnju farbu, malter, drvo ili tapete i lagano uzrokovati raspadanje strukturalnih elemenata.

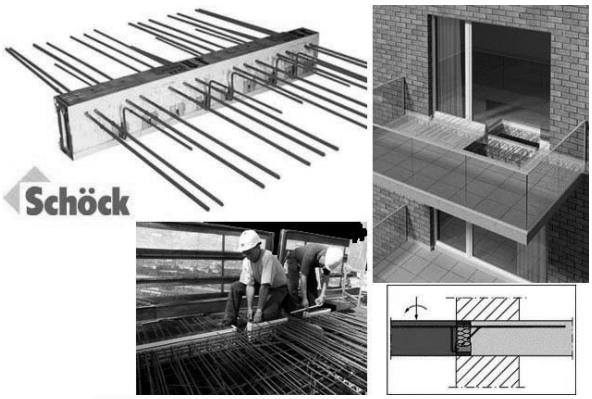
Sprečavanje toplotnih mostova

Međutim, rešenja da bi se izbegli toplotni mostovi ili umanjilo njihovo dejstvo na neki prihvatljiv nivo definitivno postoje. Kao što smo već ranije pomenuli, postavljanje spoljašnje toplotne izolacije ili gradnja sa širokim opeka blokom je najbolji način sprečavanja većine toplotnih mostova. Za preostale toplotne mostove, posebno kod balkona i terasa, postoje odlični proizvodi koji ih kompletno rešavaju.

Najbolji je verovatno **Schöck Isokorb®**. To je nosivi termo izolacioni elemenat koji formira toplotni prekid između balkona i unutrašnjeg poda. Ovaj elemenat je specijalno napravljen da izdrži prenos tereta i održi puni strukturalni integritet. Sastavljen je od tvrdog stiropora za toplotni prekid i nerđajućeg čelika koji održava strukturalni integritet.

Schöck Isokorb® je dostupan u Srbiji preko ovlašćenog distributera BETOMAX - Schöck d.o.o. Korišćenje Schöck Isokorb® u izgradnji je dodatni trošak ali trošak koji

ne bi trebalo da bude opcionalan. Izbegavanje očiglednih toplotnih mostova treba da je obaveza svakog investitora koji tvrdi da gradi kvalitetno. Međutim, pošto je taj elemenat nevidljiv kada se zgrada završi, i zato što ljudi nisu dovoljno upućeni u ovaj problem, vrlo malo investitora, ako ijedan, ga za sada koristi u izgradnji.



Slika 12. Schöck ISOKORB® za sprečavanje toplotnog mosta kod balkona ili terasa

Toplotni mostovi predstavljaju stvarni problem koji ne bi trebao biti previđen kod kvalitetne gradnje. Ovi mostovi uzrokuju značajne toplotne gubitke i omogućavaju pojavu buđi, potencijalno uzrokujući ozbiljne zdravstvene probleme i oštećenje zgrade. Ipak, odlična rešenja koja ih sprečavaju su dostupna u Srbiji. Danas, ne postoji pravi izgovor nekorišćenja ovakvih rešenja, kao na primer Schöck Isokorb®, pri izgradnji stambenih zgrada.

Saznajte nešto o ventilaciji

Funkcija ventilacije ja da osigura kvalitet vazduha koji udišemo kada boravimo u zatvorenim prostorijama. Sa novogradnjom koja ne „diše" i koja je sve više hermetična, jedini način da bi se obezbedio neophodan svež vazduh je preko ventilacionog sistema. Naravno, skoro uvek je moguće otvoriti prozore ali oni ne mogu obezbediti konstantan priliv svežeg vazduha. U ovom odeljku je objašnjeno zašto nam je potrebna ventilacija i koja rešenja su prisutna na tržištu.

Stanovi i kuće su zatvoreni prostori u kojima provodimo veliki deo vremena, posebno u hladnom periodu. Da bi se osigurao kvalitet vazduha u prostorijama neophodno je obezbediti dovod svežeg vazduha i odvod potrošenog. Ovo je važno iz sledećih razloga:

- dovod neophodnog kiseonika
- odstranjivanje mirisa i raznih zagađivača
- odstranjivanje viška vlage u vazduhu
- pružanje osećaja ugodnosti.

Uprkos njene važnosti, ventilacija je veoma često previđena i odbačena sa čestim izgovorom da je uvek moguće otvoriti prozore. Iako je otvaranje prozora odličan način da se brzo i s vremena na vreme obnovi vazduh u prostorijama, ipak nije rešenje koje obezbeđuje konstantan, umereni, izvor svežeg vazduha. U praksi, u hladnom periodu,

prozori mogu ostati zatvoreni duži period vremena, a svakako ne mogu biti ostavljeni otvoreni ceo dan jer je jednako važno obezbediti topao i ugodan interijer. Otvaranje prozora zavisi i od dobre volje ljudi koji borave u prostoriji i koji nekada ne shvataju da je i kada je neophodno otvoriti prozore ili ne mogu praktično da to urade kao na primer preko noći. *Prozori ne mogu biti zamena za pravi ventilacioni sistem.*

Posledice lošeg kvaliteta vazduha

U mnogim zemljama, iskustvo je pokazalo da je nedostatak pravilnog snabdevanja svežim vazduhom jedan od glavnih problema u zgradarstvu. Loš kvalitet vazduha dovodi do:

- povećanja prenosa zaraza vazdušnim putem
- zdravstvenih tegoba kao što su alergije, glavobolje, rhinitis i asthma
- smanjenja cirkulacije vazduha
- kondenzacije i pojave buđi
- nakupljanja radona_
- nakupljanja karbon monoksida.

Kondenzacija i pojava buđi biće nadalje aktivirana sa kombinacijom lošeg kvaliteta unutrašnjeg vazduha i postojanjem toplotnih mostova. U glavnim crtama, odsustvo pravilne ventilacije dovešće do lošeg kvaliteta stanovanja u zgradama i pojačaće ostale probleme.

Od nekontrolisanog dovoda vazduha do kontrolisane ventilacije

Ventilacija ranije nije bila glavna briga u stambenim zgradama. Zgrade su bile loše izolavane i manje hermetične tako da je vazduh mogao da prolazi. Održavanje stana toplim u zimskom periodu je bilo teško i koštalo puno novca, ali što se tiče obnove vazduha u prostorijama to se obavljalo prirodim putem, iako na kompletno nekontrolisan način. Priliv vazduha je bio neravnomeran i nekontrolisan. Takav priliv svežeg vazduha, varirao je od vremena i sezone i obično je bio nedovoljan ili ga je bilo previše.

U potrazi za boljim komforom i racionalnim trošenjem energije (posle energetske krize 70tih), počelo se sa poboljšanjem izolacije zgrada. Propusnost vazduha je znatno umanjena i krenula je potraga za što boljom hermetičnosti. Uspešna izgradnja energetski efikasne zgrade zahteva vrhunsku toplotnu izolaciju, bez toplotnih mostova i odličnu hermetičnost. *Prirodna ventilacija iz prošlosti, zasnovana na građevinskim defektima, više nije opcija.*

Jedini način da se održi zdrav interijer i kontroliše utrošak energije, je preko kontrolisane ventilacije. U modernim zgradama, gde su građevinski defekti minimalni, kontrolisani ventilacioni sistem može obezbediti protok i obnovu vazduha prilagođenu vlažnosti unutrašnjeg vazduha i zauzetosti prostorije ljudima. U stvari, *ventilacija je toliko važan sistem da je većina evropskih zemalja uvela propise po kojima je ugradnja ventilacionog sistema u novogradnji obavezna*. Srbija još nije na tom nivou.

Principi ventilacije

Osnovni princip ventilacije u zgradarstvu jeste stvaranje cirkulacije vazduha iz prostorija u kojima se boravi do kupatila ili pomoćnih prostorija („sweeping principle"). Dovodi svežeg vazduha su u spavaćim sobama i dnevnoj sobi, dok je odvod smešten u WC-u, kupatilu i kuhinji. Da bi se obezbedila cirkulacija vazduha u zgradi, rešetke za protok vazduha mogu biti ugrađene na vratima. Vazduh takođe može da cirkuliše ispod vrata gde ima dovoljno prostora između vrata i poda.

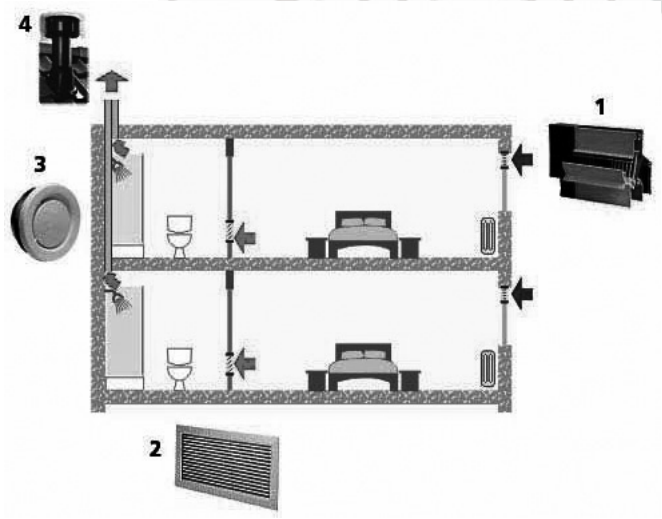
Najčešći nedostatak nađen u srpskom zgradarstvu jeste instalacija malog ventilatora u kupatilu koji se uključuje povremeno, po potrebi, bez ijednog dovoda vazduha u prostorijama u kojima se boravi. Nepotrebno je da se kaže da se ovo ne može smatrati ventilacionim sistemom.

Ventilaciona rešenja

Svaki ventilacioni sitem ima dva dela: sa jedne strane, dovod svežeg vazduha i sa druge strane, odvod potrošenog vazduha iz prostorija. Ventilaciono rešenje mora obezbediti dovoljno svežeg vazduha ali ne previše. To bi uzrokovalo gubitke toplotne energije. Zasnovano na ovoj jednostavnoj činjenici, postoji nekoliko sistema koji imaju svoje pozitivne i negativne strane.

Prirodni dovod i odvod (Passive Stack Ventilation)

Ovaj ventilacioni sistem zasnovan je na prirodnom provetravanju kroz zgradu koje je rezultat toplotne razlike u unutrašnjoj i spoljašnjoj temperaturi i vetru stvorenim razlikom pritiska. Temperaturne razlike i razlike u pritisku guraju vlažni vazduh prema otvorima za ventilaciju, dok u isto vreme svež vazduh ulazi kroz dovode ugrađene u zidovima ili na prozorima prostorija u kojima se boravi. Slobodan tok svežeg vazduha od "suvih" do "mokrih" prostorija pravi čitavu kućnu ventilaciju.



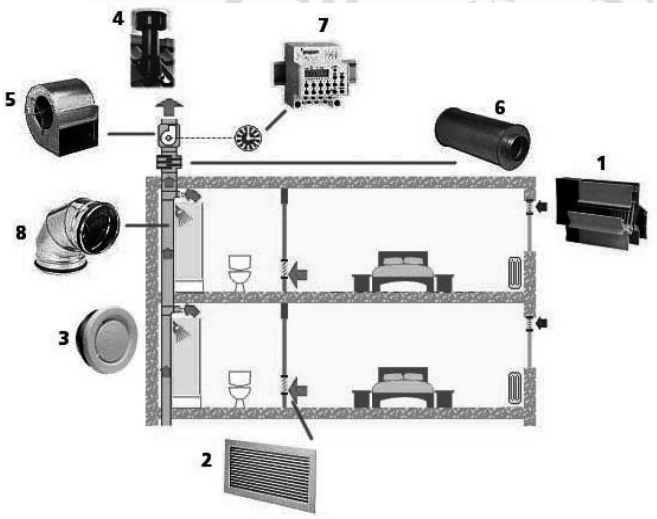
Slika 13. Prirodni dovod i odvod (Passive Stack Ventilation).

1. Prirodni sistem dovoda svežeg vazduha, **2.** Rešetke za cirkulaciju vazduha (vazduh takođe može da prođe ispod vrata), **3.** Otvor za odvod istrošenog vazduha, **4.** Prirodni odvod istrošenog vazduha.

Činjenica da ova ventilacija (passive stack ventilation) ovisi o prirodnom termičkom uzgonu, ima veliku prednost: ušteda energije (nema ventilatora), nema buke (niska brzina strujanja i nema ventilatora) i jednostavnost održavanja. To je jedan od najjednostavnijih ventilacionih sistema i kada je moguća njegova instalacija, je veoma dobro rešenje. Njegov glavni nedostatak takođe leži u činjenici da je zanovan na prirodnom termičkom uzgonu. Ovaj sistem ventilacije (passive stack ventilation) se teško reguliše pošto spoljašnja temperatura, pritisak i nivo vlage može veoma da varira. Može se poboljšati korišćenjem dovoda za svež vazduh i odvodnih rešetaka sa ugrađenim senzorima za vlažnost vazduha.

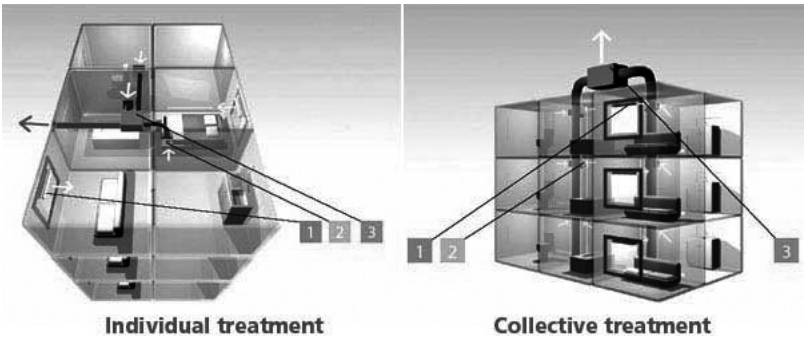
Prirodni dovod / Mehanički odvod

Ovo rešenje je slično predhodnom zvanom „passive stack ventilation" gde je odvod istrošenog vazduha upotpunjen sa mehaničkim odvodom koji bolje reguliše protok vazduha. Svež vazduh dolazi kroz dovode smeštene na prozorima ili zidovima u spavaćim sobama i dnevnom boravku, dok je odvod istrošenog vazduha urađen u „mokrim" prostorijama kao na primer u kupatilu i u kuhinji.



Slika 14. Prirodni dovod, konstantni mehanički odvod.
1. Prirodni sistem dovoda svežeg vazduha, **2.** Rešetke za cirkulaciju vazduha (vazduh takođe može da prođe ispod vrata), **3.** Otvor za odvod istrošenog vazduha, **4.** Odvod istrošenog vazduha, **5.** Ventilator, **6.** Zvučni izolacioni sistem, **7.** Elektronski sistem upravljanja, **8.** Ventilacione cevi za dovod i odvod vazduha.

Glavna prednost ovakvog tipa ventilacije jeste kontrola odvoda istrošenog vazduha iz zgrada. Ovaj sistem se može udružiti sa savremenim regulacionim sistemom sa senzorom na vlagu koji može prilagoditi protok vazduha preko ventilatora prema potrebama svake „vlažne" prostorije. Neki sistemi čak mogu otkriti prisustvo ljudi u prostoriji i prema tome regulisati protok vazduha.

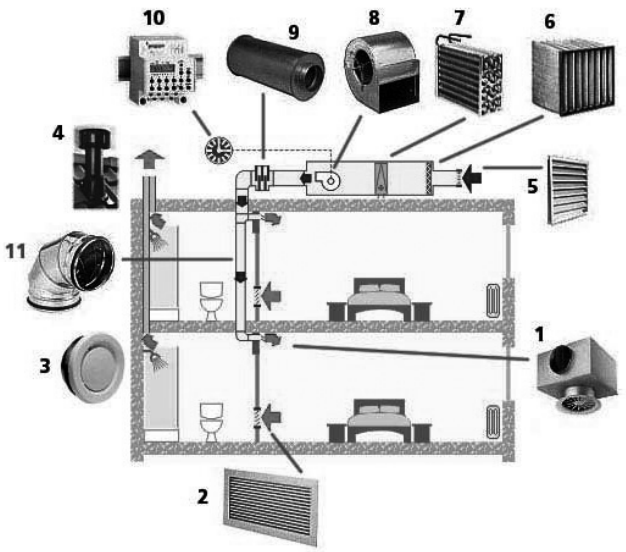


Slika 15. Pojedinačna ili kolektivna ventilacija u stambenim zgradama.

U stambenim zgradama, ovo može biti izvedeno kroz pojedinačni odvodni sistem u svakom stanu ili sa jednim zajedničkim sistemom za celu zgradu.

Mehanički dovod / Prirodni odvod

U ovoj varijanti, svež vazduh se dovodi uz pomoć ventilatora dok je odvod istrošenog vazduha na prirodni termički uzgon. Kod ovog rešenja je moguće filtrirati ili pre-zagrejati vazduh pre njegovog ubacivanja u zgradu. Uzimanje vazduha može biti smešteno bilo gde (kao na primer na krovu), što može rešiti problem ulaska zagađenog vazduha i buke kroz otvore na prozorima, koji su kod ovog rešenja nepotrebni, pogotovo ako je zgrada smeštena u veoma prometnoj ulici.

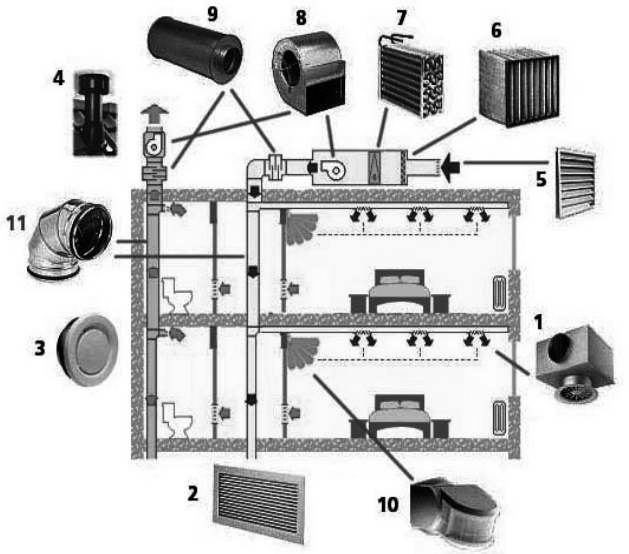


Slika 16. Neprekidni mehanički dovod, prirodni odvod.
1. Sistem snabdevanja svežeg vazduha, **2.** Rešetke za cirkulaciju vazduha (vazduh takođe može da prođe ispod vrata), **3.** Otvor za odvod istrošenog vazduha, **4.** Prirodni odvod istrošenog vazduha, **5.** Dovod svežeg vazduha, **6.** Filteri, **7.** Pre-zagrevanje svežeg vazduha (opcionalno), **8.** Ventilator, **9.** Zvučni izolacioni sistem, **10.** Elektronski sistem upravljanja, **11.** Ventilacione cevi za dovod i odvod vazduha.

Budući da je neophodno dovesti svež vazduh u sve prostorije, ovo rešenje zahteva više ventilacionih cevi i više posla. Predstavlja dobro kompromisno rešenje ukoliko je prečišćavanje ulaznog vazduha neophodno.

Mehanički dovod i odvod

Ovo je najsloženiji i najskuplji sistem u kome su i dovod i odvod vazduha kontrolisani i regulisani koristeći ventilator. Glavna prednost ovakvog sistema je što može biti opremljen sa uređajem za rekuperaciju toplote.



Slika 17. Neprekidni mehanički dovod i odvod. **1.** Sistem snabdevanja svežeg vazduha, **2.** Rešetke za cirkulaciju vazduha (vazduh takođe može da prođe ispod vrata), **3.** Izvlačenje istrošenog vazduha, **4.** Odvod istrošenog vazduha, **5.** Dovod svežeg vazduha, **6.** Filteri, **7.** Pre-zagrevanje svežeg vazduha(opcionalno), **8.** Ventilator, **9.** Zvučni izolacioni sistem, **10.** Sistem za upravljenje protokom vazduha (sa senzorom na vlagu), **11.** Ventilacione cevi za dovod i odvod vazduha.

Uređaj za rekuperaciju toplote izmenjuje toplotu ustajalog vazduha uzetog iz zgrade za zagrevanje svežeg vazduha koji ulazi u zgradu. Zavisno od samog sistema, čak 95% toplote sadržane u ustajalom vazduhu može biti iskorišćeno, smanjujući na minimum gubitke energije uzrokovane samim ventilacionim sistemom.



Slika 18. Ventilaciono rešenje sa rekuperacijom toplote firme Genvex

Genvex rešenje je bolje prilagođeno individualnim kućama nego zgradama.

Ventilacija je neophodna u modernim kvalitetnim zgradama da bi se obezbedio komforan i zdrav interijer. Međutim, u Srbiji, veoma često je previđena ili nepropisno urađena sa jednim ventilatorom u kupatilu bez dovoda svežeg vazduha. Postoje različita rešenja implementacije propisne ventilacije i najbolje rešenje zavisi od specifičnosti samog projekta. Prema svemu tome, pravi izbor mora da izbalansira trošak, složenost, održavanje i potrošnju energije. Kada je to moguće, provetravanje na termički uzgon (*Passive Stack Ventilation*) nudi jednostavno i ekonomično rešenje.

Druga poboljšanja kao što su „earth cooling tubes", cevi u kojima se vazduh zagreva ili hladi u zemlji, ili ***solarni dimnjaci*** su moguća i mogu biti korišćena uz druga rešenja opisana u ovom odeljku.

Nisko-energetska gradnja

Koncept nisko-energetske gradnje se naširoko primenjuje za kuće i zgrade i to na mnogo različitih načina. Šta to u stvari znači i kako se definiše? Koja energija se uzima u obzir? Šta je primarna i električna energija? U ovom odeljku odgovorićemo na ova pitanja i pojasnićemo kako je nisko-energetska gradnja normalizovana i regulisana u Zapadnoj Evropi.

Šta znači niska-energija?

Niska-energija je uvek vezana za količinu **primarne energije** potrebne da bi se obezbedio ugodan život stanarima jedne zgrade. *Da bi zgrada bila nisko-energetska, ta količina energije mora biti ispod određene granice*. Maksimalna potrošnja energije je definisana normama koje su različite od zemlje do zemlje i koje se razvijaju tokom vremena. Ono što se smatralo niskoenergetskom gradnjom juče nije više isto što i danas i možda neće biti isto sutra.

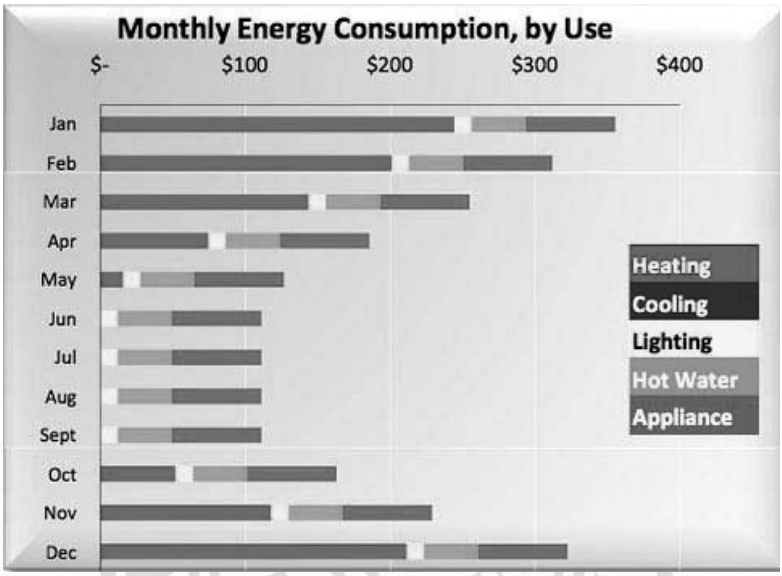
Da bi se potrošnja energije izmerila na dosledan način, od jedne zgrade do druge, uvek se izražava u količini primarne energije utrošenoj po kvadratnom metru za godinu dana. Količina primarne energije je izražena u kilovat satima primarne energije. Jedinica mere je: **kWhpe/m².year**

Koji način potrošnje energije se računa?

To zavisi od energetske labele. Ima nekoliko načina upotrebe energije u bilo kojoj zgradi:

1. energija za grejanje
2. energija za hlađenje i/ili dodatno grejanje
3. energija za zagrevanje sanitarne tople vode
4. energija za ventilaciju
5. energija za osvetljenje
6. energija za sve električne uređaje (od frižidera do TV)

Da bi bila pravilno definisana, niska-energija mora da naznači koji tip potrošnje je uzet u obzir. Najčešće, niska-energija se odnosi na energiju potrebnu samo za grejanje ili energiju potrebnu za grejanje i za pripremu tople vode. Ponekad, ta energija se odnosi na grejanje, hlađenje, pripremu tople vode, ventilaciju i osvetljenje. Naravno, zavisno od toga koja potrošnja se računa, energetska norma je različita.

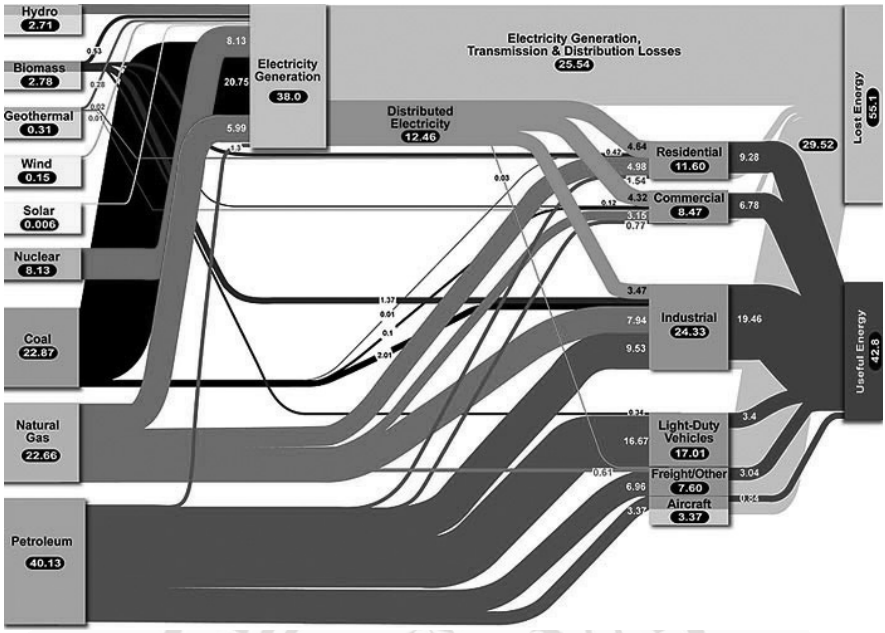


Slika 19. Mesečna potrošnja energije u klasičnom domaćinstvu u SAD

Upoređivanje nisko-energetskih labela zbog toga nije nimalo jednostavno. One obično ne uzimaju u obzir istu stvar. Na primer, u zemljama gde hlađenje nije neophodno, obično se i ne računa. Za zemlje gde hlađenje predstavlja značajnu potrošnju energije (kao u Srbiji), ne uzeti ga u proračun bilo bi obmanjujuće.

Kao što smo pomenuli ranije, energija koja se troši u jednoj zgradi meri se u obliku **primarne energije**. Na primer, kada se ugalj ili prirodni gas koriste za grejanje, tada se primarna energija iz fosilnih goriva direktno pretvara u toplotnu. Primarna energija je energija pre transformacije. Primarna energija uglavnom potiče iz fosilnih goriva (nafte, prirodnog gasa, uglja i uranijuma) ili se preuzima iz obnovljivih izvora energije (vode, vetra, sunca, zemlje).

U bilo kojoj zgradi, obično se koristi kombinacija primarne i električne energije da bi se obezbedile sve potrebe za energijom. Električna energija je sekundarna energija koja se proizvodi koristeći primarnu energiju, najviše iz termo, hidro i nuklearnih elektrana. Zbog gubitaka koji se javljaju za vreme proizvodnje i transporta električne energije, sva utrošena količina primarne energije ne pretvara se u korisnu električnu energiju. U stvari, situacija je suprotna. *Manje od 30% primarne energije koja se koristi za proizvodnju električne energije se pretvori u korisnu električnu energiju.*



Slika 20. Kretanje energije u 2006 godini u SAD izraženo u Exajoules

Prikazani Sankey dijagram pokazuje izvore i upotrebu energije u SAD godine 2006 u Exajoules. Električna energija je najviše proizvedena iz termo i nuklearnih elektrana. Od 38 Exajoules primarne energije koja se koristi za proizvodnju električne energije, **25.54 Exajoules je otišlo na gubitke, gde je 69% gubitaka najviše u toplotnoj energiji**. Načelno, više od pola utrošene energije u SAD ide na gubitke. Ovaj podatak je sličan u svim industrijskim zemljama.

Postoji puno gubitaka u procesu proizvodnje električne energije. Jedini način kojim se mogu smanjiti gubici, jeste da se iskoristi toplota nastala u toku proizvodnje. To se zove kogeneracija ali njena upotreba još nije raširena.

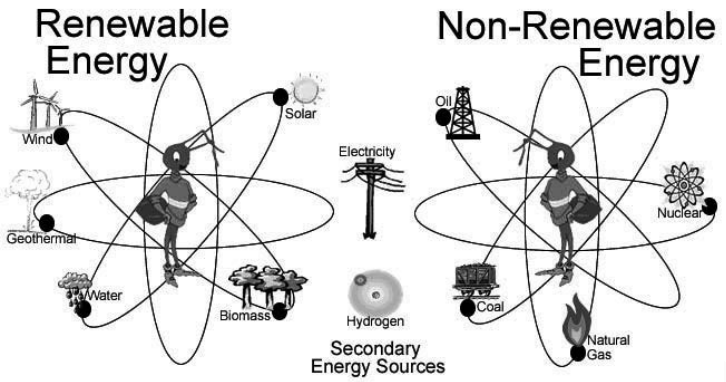
Kako se električna energija računa u odnosu na primarnu energiju?

Da bi izračunali koliko se primarne energije troši u jednoj zgradi, **neophodno je konvertovati utrošenu električnu energiju u primarnu energiju**. Gubici koji se javljaju u toku proizvodnje električne energije uzeti su u obzir sa faktorom konverzije. Taj faktor se koristi kada se konvertuje kilowat-sat električne energije u kilowat-sat primarne energije. Faktor varira od 2 do 3 zavisno od zemlje. *To znači da potrošnja 1kWh električne energije u zgradi je odgovorna za utrošena 2 do 3kWh primarne energije u energetskom bilansu.*

Zbog ovog istog razloga, **korišćenje električne energije za grejanje je veoma loše po pitanju potrošnje primarne energije**. Da bi se dobilo 10kWh toplotne energije sa električnim radijatorom potroši se 20 do 30kWh primarne energije. Da bi se dobilo

10kWh toplotne energije sa gasnim kotlom potroši se 11 do 12KWh primarne energije (gasa), uzimajući u obzir gubitke.

Obnovljiva energija je energija koja ne može biti iscrpljena jer izvor energije ostaje nepromenjen svojom upotrebom ili se izvor sam prirodno dopunjava. Najveća upotreba obnovljive energije u svetu je kroz hidroelektrane. Za zgrade, obnovljiva energija se najčešće koristi kroz geotermalnu, solarnu, energiju vetra i biomasu.



Slika 21. Izvori energije, primarne i sekundarne, obnovljive i neobnovljive

Obnovljiva energija može biti veoma efikasno iskorišćena za grejanje ili hlađenje zgrada, za proizvodnju sanitarne tople vode ili električne energije. Lokalno korišćenje obnovljive energije se računa u upotrebu primarne energije, ali ta energija ne može biti uzeta u obzir na isti način kao upotreba primarne energije iz fosilnih goriva. U stvari, **lokalna upotreba obnovljive energije je uglavnom besplatna, ne doprinosi globalnom zagrevanju i štiti od uvećanih cena energije**.

Zavisno od nisko-energetske labele, **upotreba obnovljive energije ili se uopšte ne računa ili se delimično uzima u obzir pri energetskoj proceni zgrade**. Prema tome, upotreba obnovljive energije je način da se smanji potrošnja energije.

Koje su evropske norme koje definišu nisko-energetske labele?

Postoji mnogo labela koje definišu šta je nisko-energetska gradnja. Mnoge evropske zemlje su definisale svoje labele, mada se neke labele kao što je **Passivhaus** našle aplikaciju u više zemalja. Dole su prikazana četiri primera. Primetimo da potrošnja koja se uzima u obzir i granica energetske potrošnje varira od jedne labele do druge.

Primer četiri evropske nisko-energetske labele i njihova definicija nisko-energetske gradnje.

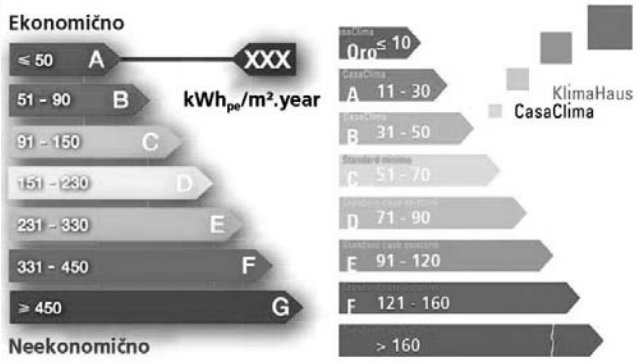
Zemlja	Francuska	Nemačka	Italija	Švajcarska
Norma	**Effinergie**	**Passivhaus**	**CasaClima**	**Minergie**
Potrošnja energije uzeta u obzir	Grejanje Topla voda Ventilacija Svetlo Dodatno (hlađenje/ dogrevanje)	Grejanje Topla voda Ventilacija Svetlo Dodatno (hlađenje/ dogrevanje) Električni uređaji	Grejanje	Grejanje Topla voda
Maksimalna potrošnja primarne energije u kWhpe/m².year	50	120 <15 samo za grejanje	50	42
Faktor konverzije električne energije u primarnu energiju (pomnoženo sa)	2.58	2.70	-	2.00

Ispod određene energetske norme za grejanje, potreba za grejanjem je toliko mala da može biti obezbeđena od strane ventilacionog sistema, čime se može izbeći nezavisni sistem za grejanje. Takve zgrade koriste pasivnu solarnu energiju kombinovanu sa štednjom energije. Ovo je slučaj sa zgradama koje ispunjavaju normu **Passivhaus** i logično se zovu **pasivne**. U tom pogledu, pasivne kuće mogu biti viđene kao nisko-energetska specijalizacija.

Energetske klase su kreirane za zgrade po sličnom principu kao što već postoje za uređaje u domaćinstvu. Ispod su francuske i italijanske klase. To je brz vizuelan način da se klasifikuju zgrade po njihovoj potrošnji energije.

Primetimo da, su u francuskoj normi uključeni grejanje, topla voda, ventilacija, svetlo i dodatna potrošnja dok je u italijanskoj normi samo uključena potrošnja energije za grejanje.

Primetimo da, u SAD i Kanada, postoji takođe norma zvana ***Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)***. Koriste je i neke evropske zemlje.



Slika 22. Energetske klase u Francuskoj i Italiji

Kakva je situacija u Srbiji?

U Srbiji, koliko je nama poznato, ne postoji ništa kao nisko-energetska norma za zgrade. To znači da ljudi kao mi, razvijajući koncept niske-energije u Srbiji, moramo da se rukovodimo stranim normama da bi definisali ono što mi zovemo niska-energija. U našem slučaju, koristimo francusku normu kao referencu jer nju najbolje poznajemo. Jasno je da, bez jasnih smernica od Vlade Republike Srbije ili njihove nadležne agencije, **Agencije za Energetsku Efikasnost Republike Srbije(SEEA)**, neko može da se zapita, i to sa pravom, kako definisati nisko-energetsku zgradu u Srbiji.

Dodatno tome, imati samo normu ne znači mnogo za njenu aplikaciju. Svugde u svetu, put ka nisko-energetskoj gradnji se ostvaruje na 2 glavna načina: donošenjem zakona i davanjem podsticaja. Donošenjem zakona data norma se stavlja na snagu za svu novogradnju. Time se postavlja minimum koji svako u novogradnji mora da sledi. Zajedno sa time ide davanje subvencija i poreskih olakšica onima koji idu dalje od normi uspostavljenih zakonom.

Danas, u Srbiji, postoji jedan aktivni fond, **Fond za zaštitu životne sredine**, pod pokroviteljstvom Ministarstva za ekologiju, koji u svom programu pominje podsticanje korišćenja obnovljivih izvora enerije i povećane energetske efikasnosti pod određenim uslovima. Definisanje novih normi za novogradnju, zajedno sa jačanjem uticaja i finansiranjem Agencije za Energetsku Efikasnost trebalo bi da bude jedan od prioriteta aktuelne vlade.

Kako postići nisko-energetsku gradnju?

Postoji dosta toga što bi se moglo reći na temu izvođenja nisko-energetske gradnje, ali sve se u suštini svodi na 2 glavna aspekta:

- **Ušteda energije**: od arhitektonskog oblika, orjentacije, toplotne izolacije, sprečavanja toplotnih mostova, korišćenja energetski efikasnih sijalica i uređaja, o svemu mora da se vodi računa da bi se uštedela energija.
- **Upotreba obnovljive energije**: počevši od upotrebe pasivne solarne energije za proizvodnju sanitarne tople vode ili električne energije. Korišćenje geotermalne, solarne energije i energije vetra umanjuje ekološki „footprint" gradnje i štedi energiju.

Kombinacijom štednje energije i upotrebe obnovljivih izvora energije, moguće je postići najzahtevnije nisko-energetske norme. Ali počevši od najranijeg planiranja, neophodno je postaviti šta su objektivi i koliki je budžet, u cilju iznalaženja najprikladnijeg rešenja.

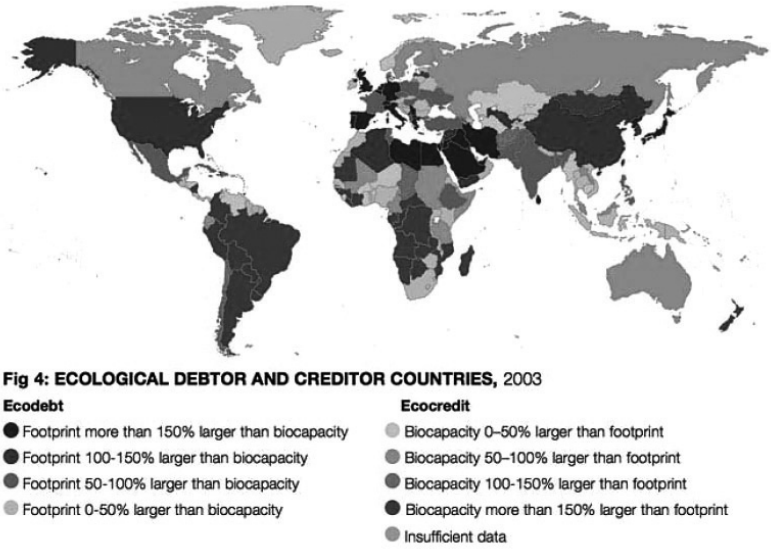
Zašto graditi nisko-energetske zgrade?

To je u stvari veoma važno pitanje. Zašto ne nastaviti sa dosadašnjom praksom? Po našem mišljenju, 2 najjača razloga su sledeća:

- **Energija postaje svakim danom sve skuplja**: energija ima cenu koštanja koja neminovno raste. „Peak Oil" i nestašica resursa uopšte čini da su dani izobilja

prošli. Niska-energija znači, prema tome, manji trošak na duže staze i bolja šansa za održavanje životnog komfora.

- **Neophodno je umanjiti naš ekološki „footprint"**: predugo smo živeli na neodrživ način. Iskorišćavamo resurse iz Zemlje mnogo brže nego što se oni mogu obnoviti ukoliko se uopšte mogu obnoviti. Postoji isuviše upozoravajućih pokazatelja da smo dostigli ekološki „overshoot". Nisko-energetska gradnja nije odgovor na problem ali je, bez sumnje, deo rešenja.



Slika 23. Ekološki dužničke i kreditorske zemlje - 2003

Bez obzira na norme koje ih definišu, nisko-energetske zgrade dele iste fundamentalne karakteristike. One koriste rešenja koja štede energiju, koriste energiju iz obnovljivih izvora (barem pasivnu solarnu energiju) da bi što više smanjile ekološki „footprint" i obezbeđuju fantastičan komfor i ugodno stanovanje. Nije više pitanje *da li* bi trebalo graditi takve zgrade, već *kako* to i ostvariti.

Niska-energija nije konačna destinacija već samo jedna etapa. Ultra nisko-energetske i pozitivne zgrade se već grade u više zemalja. Put ka održivom razvoju je jedini racionalni put napred.

Pasivna kuća

Termin **Pasivna kuća** se vezuje za građevinske standarde. Ovaj standard se može postići korišćenjem različitih tehnologija, projektantskih metoda i materijala. To je dovitljivost niskoenergetske kuće.

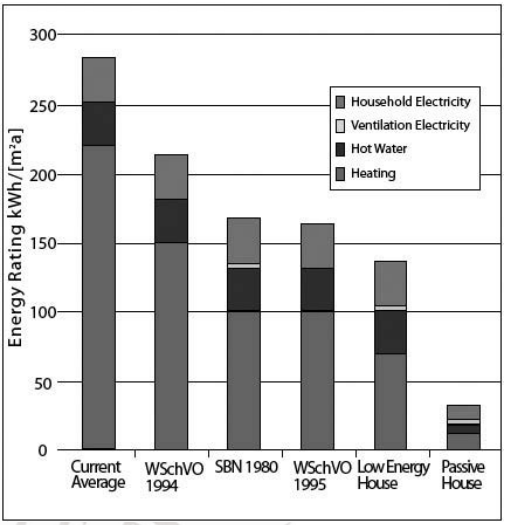
Pasivna kuća je zgrada, u kojoj komforna unutrašnja klima može biti podešena bez korišćenja aktivnih sistema zagrevanja i hlađenja (Adamson 1987 i Feist 1988).

Kuća, koja se zagreva i hladi sama se zove „pasivna". Za pasivne zgrade u Evropi, preduslov za ovo svojstvo je da godišnje potrebe u energiji za grejanje budu manje od 15 kWh/(m2a) (4755 Btu/ft2/yr). Ono ne treba da bude dostignuto povećanjem potrošnje neke druge vrste energije (npr. električna energija). Osim toga, potrošnja ukupne primarne energije za sve potrebe stambenog prostora pasivne kuće u Evropi ne bi smela da premaši 120 kWh/(m2a) (38039 Btu/ft2/yr) za grejanje, toplu vodu i električnu energiju za domaćinstvo. U slučaju pasivne kuće, dodatni energetski zahtevi bi mogli biti kompletno pokriveni korišćenjem obnovljivih izvora energije. Na taj način ispunjava se kriterijum za „nultu kuću" („zero house") - kuću koja ne troši energiju iz sistema, već sama podmiruje sve svoje potrebe.

To znači da je ukupna potrošnja energije pasivne kuće niža nego prosečne potrebe novosagrađene kuće u Evropi za električnom energijom i toplom vodom. Štaviše, ukupna energija koju potroši pasivna kuća manja je od četvrtine energije koju potroši prosečna nova zgrada izgrađena u skladu danas važećim energetskim propisima država Evrope.

Osnovne karakteristike, kojima se odlikuje konstrukcija pasivne kuće:	
Kompaktna forma i poboljšana izolacija zgrade:	Sve komponente spoljašnje opne kuće poboljšano su izolovane da bi dostigle vrednost U (koeficijent prolaza toplote), koji ne prelazi 0.15 W/(m2K) (0.026 Btu/h/ft2/°F).
Južna orijentacija i uslovi osenčenosti:	Pasivni zahvat solarne energije zimi i zaštita od pregrevanja leti, značajani su faktori u projektovanju pasivnih kuća.
Energetski-efikasno prozorsko zastakljenje i ramovi:	Prozori (staklo i ramovi, zajedno) treba da imaju vrednost koeficijenta U koji ne prelazi 0.80 W/(m2K) (0.14 Btu/h/ft2/°F), sa koeficijentima zahvata sunčeve energije oko 50%.
Vazdušna nepropusnost spoljne opne zgrade:	Protok vazduha kroz spojeve koji ne zaptivaju mora biti manji od 0.6 zapremina kuće na sat.
Pasivno predgrevanje svežeg vazduha:	Svež vazduh može biti doveden do kuće kroz podzemne cevovode, koji razmenjuju toplotu sa zemljom. Ovo predgreva svež vazduh do temperature iznad 5°C (41°F), čak i zimi.
Visoko efikasna toplotna rekuperacija pomoću iskorišćenog vazduha korišćenjem izmenjivača toplote vazduh/vazduh	Najveći deo toplote u starom vazduhu prenosi se na svež vazduh (vrednost izmene toplote je preko 80%).
Obezbeđivanje tople vode korišćenjem obnovljivih izvora energije:	Solarni kolektori ili toplotne pumpe obezbeđuju energiju za zagrevanje vode.
Aparati, koji štede energiju u domaćinstvu	Kućni aparati koji malo troše -- energetski efikasni (klasa AA) frižideri, peći, zamrzivači, lampe, veš-mašine, sušilice, neophodni su u pasivnoj kući.

Pasivna kuća je i ekonomski efikasna. *Sabrani troškovi izgradnje (projektovanje, izgradnja i montaže opreme, kao i troškovi korišćenja tokom 30 godina) ne prelaze sabrane troškove prosečne novosagrađene kuće.*



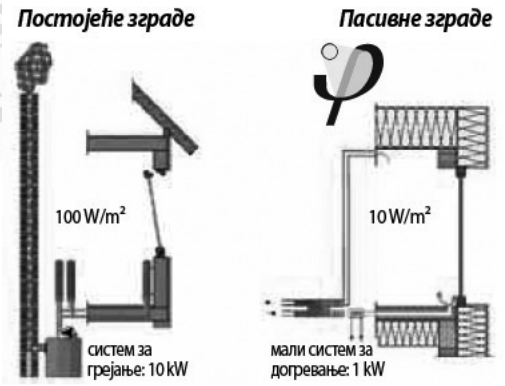
Slika 24. Poređenje procene potrošnje energije domaćinstava
WSchVO = Nemački propisi toplotne zaštite
SBN = Švedski građevinski standard

Definicija PASIVNE KUĆE

„Pasivna kuća“ ne predstavlja energetski standard već pre koncept da se postigne najviši termički komfor uz najmanje troškove. Stoga je ispravna definicija:

„Pasivna kuća je zgrada u kojoj termički komfor (ISO 7730) može biti postignut isključivo naknadnim grejanjem ili hlađenjem svežeg vazduha koji je potrebno obezbediti radi postizanja dovoljnog kvaliteta unutrašnjeg vazduha (DIN 1946) --- isključujući recirkulaciju iskorišćenog vazduha.“

Ovo je čisto funkcionalna definicija. Nisu joj potrebne numeričke vrednosti i ne zavisi od klime. Iz ove definicije je jasno da „pasivna kuća” nije obavezujući standard koji je neko nametnuo, već osnovni koncept. „Pasivne kuće” nisu izmišljene, već su samo otkriveni uslovi za primenu „pasivnog” principa. Svakako da se može raspravljati o tome da li je naziv „Pasivna kuća” odgovarajući za opisivanje ovog koncepta. Međutim, boljeg nema. Termički komfor u pasivnoj kući obezbeđuje se pasivnim merama koliko god je to moguće --- izolacija, izmena toplote, pasivno korišćenje solarne energije i oslobođene toplote unutar kuće. Isključivo korišćenje pasivnih mera može biti isplativo u nekim klimatima, ali u najvećem broju slučajeva nije moguće.



Slika 25. Crtež ilustruje osnovne principe pasivne kuće: Ventilacija mora da obezbedi barem potreban svež vazduh za udoban boravak u prostoriji.

Da li je moguće koristiti samo ovu količinu vazduha za zagrevanje i hlađenje kuće? Da, u principu je to moguće, ali maksimum toplote, koji se može obezbediti ovim konceptom, vrlo je nizak. Evo

proračuna iz koga se izračunavaju „uslovi za pasivnu kuću“: iz iskustva (i DIN normi iz 1946) znamo da je 30 m3/h po osobi minimalna količina vazduha da bi se postigao prihvatljiv kvalitet vazduha u prostoriji. (U avionu vam je često na raspolaganju samo 12 ili 15 m3/h.) Vazduh ima specifični toplotni kapacitet od 0,33 Wh/(m3K) (na 21°C). Dopušteno povećanje temperature svežeg vazduha je najviše 30 K, ne više, da bi se izbeglo pirolitičko razlaganje prašine. Odavde se dobija

$$30\ m3/h/Pers \cdot 0{,}33\ Wh/(m3K) \cdot 30\ K = 300\ W/Pers$$

Ovo pokazuje da se 300 W po osobi može obezbediti putem zagrevanja svežeg vazduha. Ako je na raspolaganju npr. 30 m2 stambenog prostora po osobi, to znači 10 W/m2 stambenog prostora. Ova vrednost ne zavisi od spoljne klime. Pošto su ove vrednosti maksimalne moguće, to znači da je ovo ujedno i maksimalni potrebni kapacitet sistema za grejanje. Naravno, u zavisnosti o uslova spoljne klime pasivna kuća će biti različito izolovana: više izolacije za kuću u Stokholmu, a manje u Rimu. Važno je razlikovati vrednosti toplotnog opterećenja (snaga u W (Vatima)) od vrednosti godišnje potrošnje (toplota ili energija u kWh). Za srednjeevropsku klimu iz iskustva i na osnovu simulacija poznato nam je da je potrošnja energije pasivne kuće oko 15 kWh/m2 godišnje --- ali ovo su samo okvirne vrednosti. U Stokholmu bi one verovatno bile oko 20, dok u Rimu pre oko 10 kWh/(m2a). Standard „Pasivne kuće” nudi ekonomski efikasan način smanjenja potreba za energijom novih zgrada ili energetski rekonstruisanih postojećih, u skladu sa globalnim principima održivog razvoja, dok u isto vreme unapređuje komfor korisnika. Tako se postavlja osnova na kojoj je moguće ostatak potreba za energijom obezbediti u potpunosti iz obnovljivih izvora.

Filozofija Pasivne kuće se gradi na osnovu dva principa:

Princip 1: Optimizacija onoga što je svakako osnovno

Ono što čini ovaj pristup efikasnoj potrošnji tako ekonomičnim je činjenica da se on oslanja na optimizaciju onih delova zgrade koji su u svakom slučaju neophodni: omotač zgrade, prozori, dok je automatski ventilacioni sistem svakako koristan iz higijenskih razloga. Unapređivanje efikasnosti ovih komponenata postignuto je do nivoa na kome su troškovi njihove primene i ugradnje u potpunosti pokriveni ostvarenim uštedama.

Princip 2: Smanjenje gubitaka pre povećanja dobitaka

Pasivna kuća sprečava toplotne gubitke koliko god je to moguće (insistiranjem na smanjenju gubitaka). I proračuni na teoretskim matematičkim modelima, i iskustvo sakupljeno na brojnim izvedenim projektima u centralnoj Evropi i u drugim klimatima pokazali su da je ova strategija značajno efikasnija od strategija koje se oslanjaju na pasivnom ili aktivnom korišćenju solarne energije.

Najvažnije osobine

Ključna osobina pasivnih kuća je da se primenjuju visoki standardi u pogledu zahteva za potrebnom termoizolacijom. Na taj način se toplotni gubici kroz omotač zgrade značajno smanjuju, što smanjuje i potrebu za grejanjem. Ovako mala potreba za grejanjem omogućava da se, i tokom najhladnijih dana, pasivna kuća greje isključivo predgrevanjem svežeg vazduha koji se ubacuje u prostorije. Toplotni gubici kroz uobičajenu konstrukciju zgrade(spoljni zid , pod ka podrumu ili ploča na zemlji, tavanica ili krov) opisuju se koeficijentom prolaza toplote ili Uvrednošću. Ova vrednost pokazuje koliko toplote (u W) prođe kroz neku konstrukciju po m2 i pri standardnoj temperaturnoj razlici od 1 stepena Kelvina. Međunarodna jedinica za U-vrednost je "W/(m2K)". Da bi se izračunao toplotni gubitak zida množi se U-vrednost sa površinom i temperaturnom razlikom.

Sledeća tabela prikazuje tipične toplotne gubitke za različite spoljašnje zidove zasnovane na tipičnoj evropskoj porodičnoj kući sa površinom spoljašnjih zidova 100 m2. Kao tipične za centralnu Evropu korišćene su zimske temperature od -12 °C napolju i 21 °C unutar kuće.

U-vrednost [W/m2K]	Toplotni gubici (intenzitet) [W]	Godišnji toplotni gubici [kWh/m2a]	Godišnji troškovi (2005) samo toplotnih gubitaka spoljašnjih zidova E/a
1,00	3300	78	429.-
0,80	2640	62	343.-
0,60	1980	47	257.-
0,40	1320	31	172.-
0,20	660	16	86
0,15	495	12	64
0,10	330	8	43

Šta sa ekonomijom?

Široko je rasprostranjeno mišljenje, da super izolacija, onakva kakva se koristi u pasivnim kućama, ne vraća novac koji je u nju uložen. Ovo jednostavno nije tačno. U datoj tabeli, u trećoj koloni dati su ukupni toplotni gubici tokom jedne godine, po m2 površine konstrukcije. To je jednostavno za računanje: množi se U-vrednost sa prosečnom temperaturnom razlikom i vremenskim intervalom grejnog perioda ili čak jednostavnije, samo U-vrednost se množi stepen-satima --- 78000 stepen-sati za centralnoevropsku klimu.

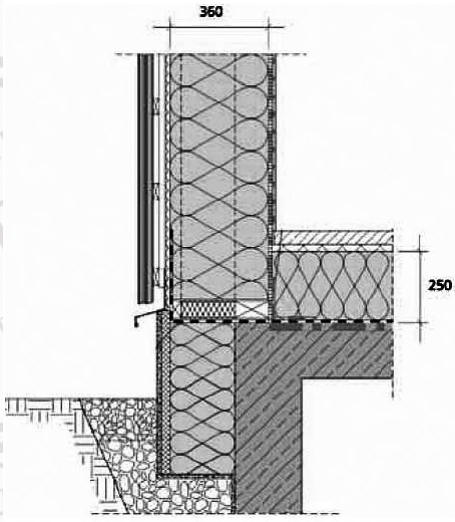
Za proizvodnju toplotne energije koristi se prirodni gas, ulje za loženje ili električna energija - danas nije moguće kupiti toplotnu energiju za manje od 5,5 €Cent/kWh, a i u budućnosti cena energije u proseku neće biti niža. Zato su godišnji troškovi grejanja koje samo pokriva gubitke kroz spoljašnje zidove (100 m2), u iznosu datom u poslednjoj koloni. Jednostavnim poređenjem neizolovane i pasivne kuće dobija se:

U-вредност W/m^2K	топлотни губитак-(унешени) W	годишњи топлотни губитак $kWh/(m^2a)$	годишњи топлотни трошкови (2005) само за губитке кроз спољашње зидове €/a
1.25	4125	98	536,-
0.125	412	10	54,-

U prvoj vrsti (crveno) date su vrednosti tipičnog spoljašnjeg zida jedne stare zgrade. Svake godine mora da se plati 536 € samo da bi se pokrili toplotni gubici kroz 100 m2 ovakvog zida. Sa dodatnom izolacijom kakva se koristi u pasivnoj kući (zeleno) potrebna toplota je redukovana faktorom 10. Godišnji troškovi usled energetskih gubitaka sada su 54 €.

Ali, to nije sve:

- Veoma je moguće da će troškovi energije u bliskoj budućnosti biti čak veći nego što je izračunato i prikazano u ovoj tabeli.
- Izolacija će trajati najmanje 40 godina, čak i ako fasada mora da bude ponovo prebojena kroz 15 - 25 godina --- kao što bi trebalo uraditi i sa neizolovanim zidom. Za sve to vreme izolacija će štedeti energiju.
- Dodatne prednosti izolacije su besplatne: nema hladnih uglova, nema vlage u sobama, nema buđavih zidova, veoma komforna unutrašnja klima bez osećaja hladnoće i bez strujanja hladnog vazduha po podu.



Slika 26. Presek zida sa izolacijom

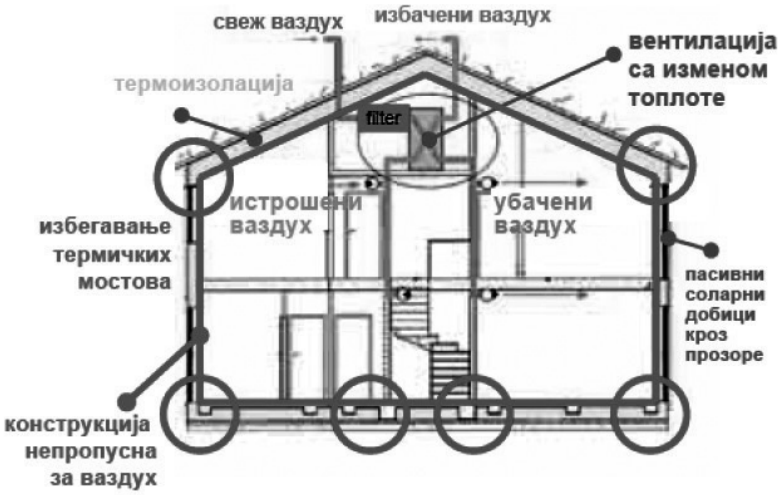
- ...i, ako je to nova izgradnja ili savremena rekonstrukcija, to će biti korak ka pasivnoj kući, sa osiguranim visokim termičkim komforom.
- Poslednje, ali ne i najmanje važno: Ova merenja su u Nemačkoj i Austriji subvencionisana državnim novcem. (Očekuje se da će veći broj evropskih zemalja učini nešto slično.) To nije uzeto u prethodno opisanu računicu.

***Zaključak**: Dobra izolacija je prava stvar. Prava odluka je „kako god, uzmite najbolju dostupnu izolaciju". Ovo važi kako za izgradnju novih zgrada, tako i za renoviranje postojećih.*

KAKO NAPRAVITI PASIVNU KUĆU?

Pasivni solarni dobitak

Pasivne kuće okrenute ka jugu takođe su i solarne kuće. Kod pasivnih kuća koriste se sve pogodnosti, tako da pasivni dobici od sunčeve energije, koja ulaze kroz staklo dimenzionisano da obezbedi dovoljno dnevnog svetla, pokrivaju oko 40% toplotnih gubitaka kuće. Da bi se to dostiglo, savremeni prozori za pasivne kuće imaju niskoemisiono troslojno staklo i superizolovane ramove. Takvi prozori zahvataju više toplote od sunca, nego što se kroz njih gubi. Dobitak je veći ukoliko su glavne staklene površine orijentisane ka jugu i nisu u senci.



Slika 27. Šema pasivne kuće

Komponente

Pasivni solarni dobitak

Mera	Optimalno zastakljenje na južnoj strani
Specifikacija	Oko 40% doprinosa zahtevu prostornog grejanja

Superstakla

Mera	Niskoemisiono troslojno staklo
Specifikacija	U-vrednost <= 0,75W/m2K, faktor solarne transmisije >= 50%

Superramovi

Mera	Superizolovani prozorski ramovi
Specifikacija	U-vrednost <= 0,8W/m2K

Superizolacija

Pasivne kuće imaju izuzetno dobru termičku opnu, koja sprečava termičke mostove i propuštanje vazduha. Da bi se omogućile uštede pri korišćenju sistema za grejanje, uz održavanje visokog nivoa komfora korisnika, neophodno je ispuniti određeni minimum zahteva kvaliteta izolacije.

Građevinski omotač

Mera	Superizolacija
Specifikacija	U-vrednost oko 0,1W/m2K

Građevinski spojni elementi

Mera	Konstrukcije bez termičkog mosta
Specifikacija	Y (linearna termička transmisija, spoljne dimenzije) ispod 0,01W/mK

Nepropusnost za vazduh

Mera	Vazdušno nepropusni omotač zgrade
Specifikacija	Manje od 0,6 promena vazduha n čas za n50 Pa

Kombinovanje efikasne izmene toplotne sa dodatnim grejanjem ubačenog vazduha

Pasivne kuće imaju neprekidno snabdevanje svežim vazduhom, optimizirano tako da obezbedi komfor korisnika. Protok svežeg vazduha precizno je regulisan kako bi se ubacila potrebna količina. Pre ubacivanja svež vazduh se filtrira, tako da je kvalitet unutrašnjeg vazduha bolji od spoljašnjeg. Visoke performanse izmenjivača toplote koriste se da prenesu toplotu sadržanu u iskorišćenom unutrašnjem vazduhu koji se izbacuje, na svež vazduh koji se ubacuje u prostoriju. Ova dva vazdušna protoka se ne mešaju. Tokom perioda hladnih dana, svež vazduh koji se ubacuje može da se dodatno zagreje. Provođenjem cevi za svež vazduh kroz tlo, moguće je predgrejati vazduh i na taj način smanjiti potrebu za dodatnim zagrevanjem ubačenog svežeg vazduha.

Komponente

Mera	Direktno proticanje vazduha kroz celu kuću; stari vazduh se izbacuje iz vlažnih prostorija (kuhinja, kupatilo)
Specifikacija	Oko 30m3 po času i po osobi

Izmena toplote

Mera	Unakrsni izmenjivač toplote vazduh/vazduh
Specifikacija	Efikasnost izmene toplote □ >= 80%

Preuzimanje toplote od iskorišćenog vazduha

Mera	Kompaktni uređaj toplotne pumpe
Specifikacija	Maksimalno toplotno opterećenje 10W/m2

Izmena toplote preko tla

Mera	Predgrevanje svežeg vazduha
Specifikacija	Temperatura svežegvazduha >= 80C

Električna efikasnost podrazumeva efikasne aparate

Opremanjem pasivne kuće energetski efikasnim kućnim aparatima, povezivanjem instalacije tople vode sa mašinama za veš i posuđe, vetrenjem prostorija i korišćenjem štedljivih kompakt fluorescentnih sijalica, električna potrošnja se takođe smanjuje za oko 50% u poređenju sa prosečnom, već izgrađenom kućom, a da se pri tome ništa ne izgubi na komforu i ugodnosti. Svi sistemi kuće su projektovani da funkcionišu sa maksimalnom efikasnošću. Na primer, ventilacioni sistem pokreću visoko efikasni jednosmerni motori. S druge strane, visoko efikasni kućni aparati često nisu skupliji nego prosečni. Kao po pravilu oni sami sebe otplaćuju kroz štednju električne energije.

Zadovoljenje preostalih energetskih potreba obnovljivim izvorima

Ekonomični solarni termički sistemi mogu pokriti 40---60% od svih potreba za toplotom niske temperature Pasivne kuće. Preostala potreba za energijom (za zagrevanje prostorija, pripremu tople vode i potrebna električna energija u domaćinstvu), budući značajno umanjena, može se u potpunosti zadovoljiti iz obnovljivih izvora energije. To je ono što čini Pasivnu kuću potpuno primarno energetski i klimatski neutralnom.

Izolacija

Najvažniji princip Pasivne kuće je izolacija (žuto), postavljena kontinualno oko omotača zgrade, bez termičkog mosta. Većina izolacionih materijala nije vazdušno nepropusna. Zato omotač mora biti nepropusan. Nepropusni omotač se može videti na preseku, označen je crvenom linijom. Izbegavanje termičkih mostova je veoma važno. kako bi se pojednostavili detalji razvijen je poseban projektantski metod pod nazivom "*Konstrukcije bez termičkog mosta*". U Pasivnoj kući cela opna (omotač) zgrade ima odličnu termičku izolaciju. Omotač sadrži sve delove konstrukcije, koji odvajaju unutrašnju klimu od

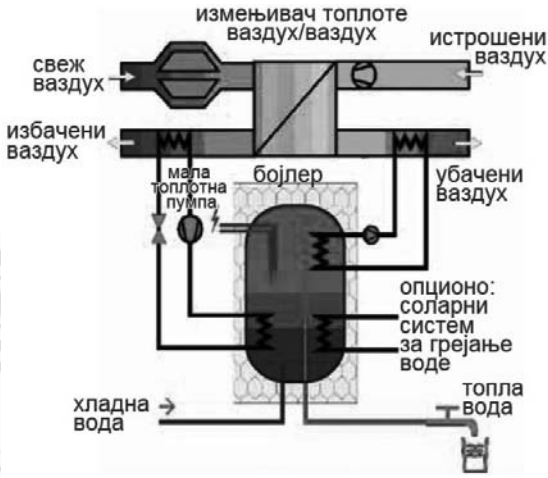


Slika 28. Postavljanje izolacije kod pasivne gradnje

spoljašnje. Za izgradnju Pasivne kuće mogu se koristiti svi materijali. Uspešno su testirane sve vrste konstrukcija: armiranobetonske, čelične, zidane, lake drvene konstrukcije, konstrukcije od prefabrikovanih elemenata i kombinacije svih prethodno pomenutih metoda.

Ovo je moguće samo u pasivnoj kući: grejanje samo svežim vazduhom

Na sledećoj slici je prikazana klasična kompaktna jedinica: svi uređaji zgrade su napravljeni u jednom prikladnom aparatu: grejanje, ventilacija i priprema tople vode.



Slika 29. Klasična kompaktna jedinica

Sve je skoncentrisano oko vazduha: vazduh je medijum koji prenosi toplotu (na stranu za snadbevanje), vazduh je medijum koji prenosi toplotu (na strani za ubacivanje), izvor toplote za toplotnu pumpu (na strani za izbacivanje). Naravno, u toplim klimatima, korišćenjem ove opreme vazduh se može hladiti ili sušiti.

Važno je napomenuti da se za grejanje/hlađenje koristi samo svež vazduh potreban za obezbeđenje kvaliteta unutrašnjeg vazduha i da nema nikakve recirkulacije iskorišćenog vazduha. To je bitna razlika u odnosu na druge sisteme (npr. split sisteme) koji se široko koriste npr. u SAD; oni koriste iskorišćeni vazduh za recirkulaciju i ti uređaji rade sa mnogo većim brzinama strujanja vazduha.

Ideja 1

Korišćenje ubacivanja svežeg vazduha potrebnog za kvalitet unutrašnjeg vazduha, za grejanje zgrade

Zgradi u kojoj žive ljudi je potreban kvalitetan vazduh. Ako se snadbevanje svežim vazduhom prepušta slučaju, ne treba da se iznenadimo ako se kvalitet unutrašnjeg vazduha pogorša.

S druge strane, ako se toplota istrošenog vazduha ne koristi, toplotni gubici usled neophodne ventilacije biće značajni. Nemoguće je napraviti energetski efikasnu zgradu na ovaj način - naročito ako kvalitet unutrašnjeg vazduha treba da bude visok.

Stoga je za energetski efikasnu, novu ili rekonstruisanu, zgradu mehanička ventilacija sa izmenom toplote neophodnost. Ovo barem važi u hladnim klimatima (gde je zimi potreban sistem za grejanje), kao i u toplim (gde je neophodno aktivno hlađenje tokom leta).

Ubačeni vazduh, koji se uvodi u prostorije preko izmenjivača toplote, takođe može transportovati određenu količinu toplote. To nije velika količina, i nije dovoljna za zagrevanje klasičnih kuća, ali i samo 10 W/m2 unete toplote putem svežeg vazduha može biti dovoljno za pasivne kuće, jer su njihove potrebe u energiji veoma male. Na taj način su neki jednostavniji uređaji u pasivnim zgradama postali mogući: grejanje putem sistema za ventilaciju, bez ikakvih dodatnih kanala. Štaviše, grejač za ubačeni svež vazduh je integrisan sa sistemom za ventilaciju i pripremu tople vode, što sve čini integrisani kompakt uređaj.

Grejanje, ventilacija, priprema tople vode u domaćinstvu, kao i hlađenje (ako je potrebno) mogu se obezbediti samo jednim aparatom. Može se birati između nekoliko rešenja uređaja za grejanje:

- Korišćenje male toplotne pumpe
- Korišćenje malih gorionika (kompaktna jedinica na prirodni gas)
- Korišćenje malog uređaja za sagorevanje biomase (npr. peleta od šiblja ili slame).

Ideja 2

Grejanje ostatkom energije istrošenog vazduha: Kompakt jedinica sa toplotnom pumpom

Ostatak toplote u istrošenom vazduhu posle vazduh/vazduh izmenjivača toplote ne sadrži mnogo energije. Tačnije, reč je o "entalpiji", zato što se glavni deo prenosi vlažnošću vazduha, koja stvara kondenz. Ponovo, u pasivnoj kući su toplotni zahtevi tako niski, da se mogu ostvariti skoro u potpunosti sa preostalom entalpijom istrošenog vazduha. Ovo otkriće je publikovano 1995. od strane dr. Volfganga Fajsta (Wolfgang Feist). To je bio početak razvoja sistema kompaktnih jedinica.

U međuvremenu pojavilo se više od deset proizvođača ovakvih kompaktnih jedinica sa malim toplotnim pumpama. Pažljivo praćenje i testiranje ovih uređaja u pasivnim kućama dokazalo je njihovu visoku efikasnost.

Ideja 3

Grejanje uz korišćenje biomase: Kompaktne jedinice na pelete

Naravno, grejanje biomasom je moguće i u kućama koje nisu pasivne. Ali ukupan potencijal energije od biomase limitiran je --- sve dok se proizvodi na stari, održiv način. Ako se energija koristi neefikasno, samo neznatan deo zgrada u Evropi može se grejati biomasom, što važi i širom sveta, izuzev nekih udaljenih regiona. Ali ako je efikasnost pri korišćenju energije dovoljno visoka, npr. kao kod pasivnih kuća, onda ovo gorivo, proizvedeno putem održive poljoprivrede i šumarstva, može biti dovoljno da zadovolji veliki deo zahteva za energijom.

Potencijal biomase u Nemačkoj (procenjen na najviše 90 milijardi kWh/a) dovoljan je za grejanje 16% sadašnjeg stambenog fonda. Ali, ako bi efikasnost ovih zgrada narasla do nivoa pasivnih kuća (npr. 5 puta), ista energija biomase bila bi dovoljna da greje 79% svih kuća.

Visoka efikasnost je prednost i za stanare ovakvih kuća: jedan od problema biomase uvek je bilo rukovanje sa „gorivom", te je to zapravo i bio razlog što su ljudi prešli na centralno daljinsko grejanje, i zašto koriste ulje za loženje. Ali, ako se maksimalno potrebno grejno opterećenje smanji na 1 do 2 kW, uređaj za grejanje na biomasu može biti mala kutija koja se može postaviti u dnevnu sobu, nalik kaminu koji većina ljudi voli da ima u dnevnoj sobi, a koji bi grejao ceo stan ili kuću. U pasivnoj kući se, kao centralni sistem za zagrevanje, primenjuje unapređen sistem sa zatvorenim ognjištem. Ovo daje brojne prednosti:

- Peć na biomasu („kamin") može da bude potpuno automatizovana kao bilo koji savremeni sistem za grejanje.
- Potreba za gorivom je samo par kilograma biomase na dan.
- Stoga je i prostor potreban za skladištenje goriva sasvim mali.
- Gorivo se čak može kupovati i jednom nedeljno, kada se kupuju i namirnice.
- Vazduh za sagorevanje koji zahteva peć na biomasu može se dovoditi putem istog sistema za ventilaciju.
- Dim i izdivni gasovi mogu se odvesti postojećim kanalima za istrošeni vazduh kroz izmenjivač toplote, te nije potreban nikakav dodatni dimnjak.

Sve ove prednosti su moguće samo ako je najveće toplotno opterećenje vaoma malo. U suprotnom bi bili neophodni povećani kapacitet peći, još peći u drugim prostorijama, više dimnjaka i sl.

Ovo je sasvim jednostavan koncept koji se oslanja sasvim na obnovljivu energiju i koji može da funkcioniše u pasivnim kućama. Pojedine pasivne kuće već koriste ovaj koncept (pasivne kuće u Frajbergu, u Nemačkoj).

Ideja 4

Grejanje kondezovanim jedinicama: Kompakt jedinice, koje koriste prirodni gas

Svi koji koriste gasne peći znaju da su mali i čisti generatori toplote na prirodni (ili tečni) gas široko dostupni. Potrebno je neko vreme da mali grejači za dogrevanje vazduha na gas postanu dostupni kao deo kompaktnih uređaja za ventilaciju u pasivnim kućama. I ovaj sistem ima značajne prednosti:

- Kompaktni uređaj za sagorevanje gasa zahteva veoma malo vazduha za sagorevanje. Sistem za ventilaciju, koji predstavlja „srce" bilo kojeg kompaktnog uređaja, može lako da obezbedi ovu količinu vazduha. Stoga nisu potrebni nikakvi drugi dodatni kanali za vazduh.
- U kompaktnom uređaju za sagorevanje gasa pojavljuje se kondenzat koji se mora odvesti u kanalizaciju. Međutim, u sistemu za ventilaciju sa izmenjivačem toplote već postoji element za odvođenje kondenza koji se može pojaviti pri rekuperaciji vazduha, te nije potrebna nikakva druga cev.
- Na već pomenuti način izduvni gasovi se mogu odvoditi kroz kanale za istrošeni

vazduh i izmenjivač toplote. Ovde je, naravno, preduslov da su potrebe za dogrevanjem male, te da se koriste male količine gasa, i svakako treba da postoji sistem koji sprečava vraćanje izduvnih gasova.

Energetski pasoš zgrade

Kao što je već ranije rečeno, zgrade su najveći pojedinačni potrošači energije, sa tendencijom porasta u skladu sa porastom standarda stanovništva. **U Evropi se, oko 40% energije troši u zgradarstvu.** Sledeći je saobraćaj (32%), a tek na trećem mestu nalazi se industrija (28%). Pored toga, zgrade su i veliki zagađivači okoline, jer takav trend dovodi do povećanja potrošnje energije i emisije ugljen-dioksida. Upravo zato, energetska efikasnost u zgradarstvu jeste oblast koja ima najveći potencijal za smanjenje potrošnje energije. Uspostavljanje mehanizama koji će da obezbede trajno smanjenje potrošnje energije u novim zgradama (novim načinima projektovanja i korišćenjem novih materijala) i pravilno rekonstruisanje postojećih zgrada, jeste glavni cilj energetske efikasnosti u zgradarstvu.

Direktiva EU

U decembru 2002. godine usvojena je Direktiva EU (*Energy Performance of Buildings Directive - EPBD*), broj 2002/91/ES, o energetskoj efikasnosti zgrada. Njenim sprovođenjem obezbeđuje se racionalna potrošnja energije u zgradama. Ona daje generalni okvir za zajedničku metodologiju proračuna energetske efikasnosti zgrada, propisujući zahteve koji se odnose na energetsku efikasnost novih zgrada i velikih zgrada kojima treba renoviranje, energetsku sertifikaciju zgrada, inspekciju kotlova i sistema za klimatizaciju u zgradama itd. U direktivi EU navode se mere koje je potrebno preduzeti za povećanje efikasnosti, međutim, zemljama članicama je ostavljena mogućnost da primenjuju i druge mere za postizanje istog cilja, u skladu sa zakonodavstvom i situacijom u pojedinim zemljama. Pored uštede energije, mere predviđene za povećanje energetske efikasnosti zgrada praćene su i poboljšanjem kvaliteta unutrašnjeg prostora, boljom zaštitom životne okoline i smanjenjem emisije štetnih gasova koji dovode do efekta staklene bašte. Direktiva od zemalja članica zahteva:

- primenu zajedničke metodologije izračunavanja enrgetskih performansi zgrada i sistema, uključujući sisteme za grejanje, hlađenje, provetravanje i osvetljenje,
- određivanje minimalnih standarda energetske potrošnje novih zgrada, ali i rekonstruisanih postojećih velikih zgrada,
- razvoj sistema za energetsku sertifikaciju za postojeće i za objekte u izgradnji koji će omogućiti da vlasnici, zakupci i korisnici budu mnogo bolje upoznati sa potrošnjom energije u zgradama koje kupuju ili zakupljuju,
- redovnu inspekciju sistema za grejanje, klimatizaciju i provetravanje.

Princip 20 - 20 - 20

Rastući problemi u energetskom sektoru sve više navode države da politiku energetske efikasnosti definišu na globalnom nivou. Kao jedan od rezultata tih napora, napravljen je, u martu 2007. godine, Akcioni plan o novoj energetskoj politici EU, koji definiše ciljeve za 2020. godinu. To su:

- **povećanje energetske efikasnosti za 20%,**
- **povećanje učešća obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije na 20%,**
- **smanjenje emisije CO2 za 20% u odnosu na referentni nivo iz 1990. godine.**

Ušteda energije - očuvanje zdravlja

Potrošnja energije u zgradama značajno zavisi od zahteva za kvalitetom unutrašnjeg prostora, što se direktno odražava na zdravlje, produktivnost i komfor ljudi koji borave u tim prostorijama. Stoga se kvalitet unutrašnjeg prostora pominje nekoliko puta u Direktivi, sa direktnim naglaskom da se komfor i zdravlje ljudi ne smeju zanemariti primenom mera za uštedu energije. Pored uverenja o energetskoj potrošnji i stvarnim vrednostima uštađene energije jedne zgrade, preporučeno je da se na isti način daju i procenjene vrednosti ukupnih indikatora kvaliteta unutrašnjeg prostora (toplotna ugodnost, kvalitet unutrašnjeg vazduha, osvetljenje, buka).

U Direktivi se eksplicitno navodi standard **EN 822** za proračun energetskih karakteristika zgrada, međutim, veliki spektar pratećih standarda koji tretiraju, kako energetiku zgrade, tako i kvalitet unutrašnjeg prostora, sistematizovan je i pretočen u prateću platformu Direktive, kroz opšti evropski standard **EN 15251**.

Direktiva je generalna s obzirom na zahteve o striktnoj primeni odgovarajućih standarda. Kako se odnosi na širok spektar interakcija energetike zgrade i kvaliteta unutrašnje sredine, ona obuhvata i ogroman broj važećih međunarodnih (ISO), evropskih (EN) i nacionalnih standarda.

Gde smo mi?

Imajući u vidu činjenicu da Srbija još uvek nema međunarodne obaveze u odnosu na navedene dokumente o efikasnom korišćenje energije u zgradama, jedino se standard **JUS.UJ.5.600**, može smatrati tehničkim propisom iz te oblasti uštede energije. S obzirom da naše metode za procenu energetske efikasnosti zgrada i indikatora kvaliteta unutrašnjeg prostora nisu usklađene sa evropskom regulativom, nameće se potreba za usvajanjam novih metodologija proračuna i za definisanjem integralnih kriterijuma za određivanje kvaliteta unutrašnjeg prostora i energetskih karakteristika zgrade u svim fazama, od projektovanja do njene operativne upotrebe

Upravo to je tema projekta koji je pokrenula **Laboratorija za termotehniku i energetiku**, Instituta za nuklearne nauke „Vinča", pod nazivom „*Razvoj i primena komplementarnih metoda za procenu energetske efikasnosti i indikatora kvaliteta unutrašnjeg prostora stambenih objekata na području Beograda*", finansiran od strane Ministarsva za nauku i tehnološki razvoj u okviru projekata tehnološkog razvoja.

Energetska efikasnost zgrada u Srbiji

Jedna od karakteristika velikog dela stambenog i nestambenog fonda u Srbiji je neracionalno velika potrošnja svih tipova energije, prvenstveno za grejanje, a u poslednje vreme, zbog porasta srednjih temperatura tokom letnjih meseci, i za hlađenje zgrada. Pored toga, energija se koristi još i za osvetljenje i za napajanje električnih uređaja u domaćinstvima.

Potrošnja energije za grejanje u prosečno termički izolovanim zgradama u Srbiji iznosi oko 60% ukupne potrošnje energije. Od toga, 70% odnosi se na potrošnju toplotne energije, na koju prvenstveno utiče trajanje sezone grejanja i zahtevana temperatura prostora, što zavisi od klimatskih uslova i standarda kvaliteta korišćenja prostora. Takođe, značajan uticaj ima i kvalitet mehaničkog sistema grejanja, ukupna grejana površina, kao i termička zaštita zgrade.

Trenutni stambeni fond u Srbiji građen je prema energetski zastarelim propisima, u uslovima relativno jeftine električne energije i nedovoljne primene propisa o toplotnoj zaštiti zgrada. Takve zgrade predstavljaju velike potrošače i ne zadovoljavaju nove svetske trendove u zaštiti okoline i smanjenju emisije ugljendioksida.

Ključne karakteristike potrošnje primarne energije u sektoru zgradarstva u Srbiji su sledeće:

- U Srbiji se energija još uvek troši kao 60-tih godina prošlog veka u EU.
- Srednja potrošnja energije po kvadratnom metru u Srbiji je oko 2,5 puta veća nego u severnoj Evropi.
- Potrošnja energije po jedinici bruto društvenog proizvoda (BDP) u Srbiji je tri puta veća od prosečne u svetu 2001.
- Emisija ugljen dioksida po jedinici BDP-a je najmanje dva puta veća od svetskog proseka.
- Oko polovine svih domaćinstava u Srbiji troši 340 kWh/m2god., što je 3 puta više u odnosu na zemlje zapadne Evrope.
- Oko 60 % populacije koristi drvo ili lignit kao glavni izvor energije za grejanje, sanitarnu toplu vodu i kuvanje.
- Hronične bolesti, uključujući i bolesti disajnih organa, su direktno povezani sa znatnim zagađenjem unutrašnjeg prostora.
- Smrtnost tokom zimskih meseci je oko 30 % veća od prosečnih vrednosti.
- Srbija je blizu potpisivanja Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju sa Evrop-

skom unijom i treba do 2014. godine da prilagodi propise EU direktivama, uključujući i Direktivu o energetskoj efikasnosti zgrada.

- Potpuna primena ove direktive zahteva potpuno restruktuiranje važećih propisa u zgradarstvu, koji se nisu menjali od kraja 80-tih godina prošlog veka.

Suština Direktive EU je u kompletnoj kontroli energetskih tokova zgrada koju je nužno sprovoditi od prve faze projektovanja, preko inspekcije i revizije projekata, izgradnje, do konačnog prijema zgrade. Po Direktivi, nezavisni ekspert je dužan da izvrši merenja po propisanim standardima kako bi na kraju izdao sertifikat, odnosno energetski pasoš zgrade.

Kod nas postoji samo jedan nacionalni standard koji definiše termičke kriterijume u fazi projektovanja zgrade. Međutim, tu se praktično prekida sva aktivnost vezana za energetiku zgrade. Za razliku od vodovodnih i kanalizacionih sistema, ili električnih instalacija, na primer, nadzorni organ, skoro po pravilu ne kontroliše elemente koji su vezani za energetiku zgrade, kako u građevinskom domenu, tako i na nivou mehaničkih energetskih sistema. To se automatski odražava i na prijem zgrade, jer nije propisana obaveza kontrole dostignutih projektantskih uslova vezanih za toplotnu ugodnost i kvalitet unutrašnjeg vazduha, što je u krajnjoj konsekvenci krajnji cilj. Za to moraju da se koriste jasno određeni indikatori i kriterijumi na osnovu kojih se daje posebna ocena o uspešnosti realizacije projekta, što konačno rezultuje u nivou energetske efikasnosti zgrade, odnosno u njenom energetskom pasošu. Sve to se jasno definiše u platformi Direktive, u okviru standarda **EN 15251** i setom od više desetina pratećih EN i ISO standrada.

U okviru Evropske asocijacije za izdavanje standarda, osnovano je čak posebno odeljenje koje se bavi harmonizacijom i izdavanjem standarda koji su vezani samo za ovu Direktivu. Sve ovo zahteva apsolutno multidisciplinaran pristup problemu jer nije dovoljno napraviti energetski efikasnu zgradu koja će postizati uštedu energije, već je neophodno uspostaviti funkcionalnu vezu između energetskih zahteva i indikatora opšte ugodnosti unutrašnjeg prostora, uključujući i zdravstvene indikatore boravka ljudi u stambenim prostorima.

Energetski pasoš zgrade izdaju nezavisni eksperti koje svaka država sama određuje. To je regulativni deo problema koji, na žalost, kod nas nije još rešen. Međutim, da bi se Direktiva sprovodila na zahtevanom tehničkom nivou, nama su potrebni osposobljeni stručnjaci koji će biti u mogućnosti da realizuju sve neophodne procedure u ovoj oblasti, koje su uglavnom definisano u standardima EN i ISO. Sada je Institut Vinča u fazi opremanja posebne laboratorije, koja bi trebalo da bude akreditovana. Cilj je da se za naše uslove odredi adekvatna metodologija za sprovođenje Direktive EU u svim fazama tehničkog dela u sprezi sa propisanim indikatorima kvaliteta unutrašnjeg prostora. Vrlo je moguće da će se kao uslov za kandidaturu Srbije za članstvo u EU, kao uslov postaviti donošenje odgovarajućih zakonskih regulativa, kao i potrebe za usvajanjem velikog broja EN standarda iz ove oblasti.

Iz **Direktive 2002/91/EC** Evropskog Parlamenta i Saveta od 16. decembra 2002. godine o energetskoj efikasnosti zgrada - Sertifikat energetske efikasnosti

1. Države članice će obezbediti uslove, kada se zgrade grade, prodaju ili izdaju, da se sertifikat o energetskoj efikasnosti dobavi vlasniku ili da ga vlasnik preda potencijalnom kupcu ili stanaru, već prema slučaju. Važnost sertifikata neće prelaziti 10 godina. Sertifikacija stanova ili jedinica koje su namenjene da se zasebno koriste u blokovima zgradama može biti bazirana na:
   - zajedničkoj sertifikaciji cele zgrade za blokove sa zajedničkim sistemom grejanja, ili
   - na oceni nekog drugog reprezentativnom stana u istom bloku.

   Države članice mogu isključiti kategorije koje su pomenute u Članu 4(3) iz primene ovog paragrafa.
2. Sertifikat o energetskoj efikasnosti zgrada sadržaće referentne vrednosti kao što su važeći zakonski standardi i reperi (uporedne vrednosti) kako bi omogućio potrošačima da uporede i ocenjuju energetsku efikasnost zgrade. Sertifikat će sadržati i preporuke za ekonomično pobojšanje energetske efikasnosti. Cilj sertifikata će biti ograničen na pružanje informacija a o bilo kakvim dejstvima ovih sertifikata u smislu zakonskih postupaka ili drugog, odlučivaće se u skladu sa nacionalnim propisima.
3. Države članice će preduzeti mere da obezbede da sve zgrade sa ukupnom korisnom podnom površinom preko 1.000 m^2 koje koriste javna uprava i institucije koje pružaju javne usluge velikom broju osoba, koje ih stoga veoma često posećuju, imaju postavljene na istaknutom mestu, jasno vidljivom posetiocima, energetske sertifikate koji nisu stariji od 10 godina.

Pametne zgrade

Svoj pun smisao koncept „pametne zgrade" dobija stvaranjem bezbednog, komfornog, produktivnog i ekonomičnog radnog okruženja, uz istovremenu štednju energenata, smanjivanje troškova održavanja i opšte društvenu korisnost zaštite životne sredine. Narastajući ekološki i energetski problemi sa kojima se čovečanstvo susreće početkom novog milenijuma, ljudskoj zajednici nameću čitav niz novih izazova za očuvanje neobnovljivih i obnovljivih energetskih resursa Planete i narušene životne sredine.

Koncept „zelene" zgrade čiji je smisao u energetskoj efikasnosti i zaštiti životne sredine (*environmental controlling*), pruža sve neophodne informacije i parametre za uspešno upravljanje imovinom i servisima u poslovnim objektima (*Facility Management* ili *Property Management*). Ova dva kompatibilna koncepta, koja potpuno zaokružuju upravljanje modernom poslovnom zgradom, su moćan poslovni alat i generator profita za vlasnike, izvor potpune satisfakcije za korisnike prostora, i odgovorno rešenje za ekološke potrebe zajednice.

Nove tehnologije u segmentu poslovnih građevinskih objekata morale su da daju efikasan odgovor na izazovni zadatak poboljšanja i optimizacije svih parametara i performansi, uz istovremeno smanjenje troškova energenata i emisije CO2 u okruženje poslovne zgrade. Energetska efikasnost i kontrola okruženja (*Environmental Controlling*) postaju ključni termini za merenje performansi poslovnog objekta.

Svakako dominantan deo rešenja predstavljaju „Pametne zgrade", „Zelene zgrade", *Building Energy Management System* (*BMS* ili *BEMS* su uobičajene skraćenice), *Building IT*, *Building Automation Control System* (*BACS*), najzastupljeniji komercijalni nazivi po kojima se na tržištu prepoznaju sistemi centralizovanog upravljanja poslovnim zgradama. Poslovna zgrada atribut „pametna" dobija «prilagođavajući» svoje parametre kompletnoj organizaciji ili različitim organizacijama koje sa zaposlenima i klijentima u njoj provode radno vreme.

Informatičke tehnologije automatizacije upravljanja dobile su niz novih složenijih i kompleksnijih zahteva za inoviranjem, unapređenjem i integracijom postojećih sistemskih rešenja. Analogije se vuku iz funkcionisanja živih organizama koje je Tvorac savršeno projektovao, gde mozak i centralni nervni sistem čine centralni kompjuterski serveri i baze podataka, u koje se slivaju velike količine prikupljenih informacija, koje se anlizirane i obrađene šalju do izvršnih uređaja koji dalje sprovode akcije u cilju trenutne optimizacije parametara zgrade i radnog okruženja. U ovako predstavljenoj analogiji i organskom pristupu, mnogobrojni i raznovrsni senzori i kamere predstavljaju surogate za čula, koja prikupljaju informacije i iniciraju akcije, gde je krvotok, neuronska mreža ili možda kičmena moždina imitirana nekim od komunikacijskih protokola, magistrale za prenos podataka i upravljačkih signala, dok mnogobrojni zonski kontroleri predstavljaju neku vrstu perifernog nervnog sistema.

Na kraju dolazi internet i intranet mreža koja pojedinačne organizme povezuje sa celokupnom zajednicom. Kao što primera radi, živi organizam reguliše svoju unutrašnju temperaturu i reaguje znojenjem kože, prilagođavajući se spoljašnjim uslovima ili trenutnoj fizičkoj aktivnosti, tako i «pametna» zgrada i automatski može da podešava svoju unutrašnju temperaturu ili temperaturu svake posebne prostorne celine, spoljašnjim uslovima ili unutrašnjim neaktivnostima u pojedinačnim prostornim celinama, automatskom kontrolom sistema grejanja, hlađenja i ventilacije. Isti principi važe i za ostale podsisteme, kao što su unutrašnja, spoljašnja i fasadna rasveta, kontrola pristupa i detekcija prisustva, protivpožarni i sistem za kontrolu kvaliteta vazduha, sigurnosni sistem nadzora, kontrola pumpi, agregata, liftova, osigurača, prozora i ostale opreme u zgradi. Konačno, svoj pun smisao koncept dobija stvaranjem bezbednog, komfornog, produktivnog i ekonomičnog radnog okruženja, uz istovremenu štednju energenata, smanjivanje troškova održavanja i opšte društvenu korisnost zaštite životne sredine.

Ova relativno mlada grana informatičke industrije startovala je razvojem sistemskih rešenja za upravljanje pojedinačnim podsistemima u zgradama, koji su projektovani da rade po potpuno ili delimično zatvorenim komunikacijskim protokolima (moguće je koristiti isključivo opremu i tehnologiju jednog proizvođača), čime su tržišni lideri i proizvođači opreme osiguravali tehnološku dominaciju, praktični tržišni monopol ili u boljem slučaju duopol, i ostvarivanje ekstraprofita za finansiranje budućeg i pokrivanje dotadašnjeg razvoja. Ovakav pristup imao je niz slabosti sa aspekta krajnjeg korisnika sistema, što je značajno usporilo širu primenu i dostupnost sistema, naročito u ekonomski slabije razvijenim zemljama.

U praksi je to značilo, da su sistemi bili funkcionalno, tehnološki i ekonomski neflek-sibilni, bez preterane ambicije i mogućnosti da se prilagođavaju i optimizuju u skladu sa realnim potrebama svakog klijenta, tako da su bili dostupni samo najvećim investitorima u globalnim razmerama. Stepen iskorišćenja sistema je tako bio često i ispod 50%, a in-vestitor je bio primoran da plati punu cenu tako projektovanog gotovog proizvoda. Ipak možda se najveća slabost ogledala u neintegrisanosti podsistema što nije obezbeđivalo dovoljnu i optimalnu energetsku efikasnost zgrade, kao i projektovana ne mogućnost na-dogradnje, prilagođenja i unapređenja sistema novim dolazećim tehnologijama. Takođe, u velikoj većini slučajeva, instalirani sistemi nisu praćeni, podržavani i optimizirani tokom korišćenja poslovnog objekta.

Donošenjem novih zakonskih regulativa (direktiva) i predložene standardizacije (Euro-pean Standard) na tržištima 29 evropskih država, kao i novi tržišni trendovi, kreirali su, i drastično uvećali tražnju za energetskom efikasnošću poslovnih zgrada. Poslovne zgrade će dobijati enrgetski sertifikat, i biće rangirane u A, B, C ili D klasu energetskih i ekoloških performansi kako za nove, tako i za stare objekte, sa ciljem da se do 2012. godine sve poslovne zgrade u D ili C klasi, prevedu u B ili A klasu. To je rezultovalo da postojanje sistema centralizovanog upravljanja poslovnom zgradom postane uslov i već neformalni tržišni standard, bez koga se ne može zamisliti moderna poslovna zgrada.

Sadašnji najnoviji unapređeni sistemi zasnovani su stoga na principima dijametralno suprotnim od početnih, i obezbeđuju investitorima i korisnicima sledeće korisnosti:

- Potpunu integraciju svih podsistema u jedan
- Otvorenost i veze za integraciju više različitih tehnologija, što investitoru daje veću mogućnost izbora
- Ukupne energetske uštede od minimum 20%
- Period povrata investicije u pravilno projektovan i optimalno dimenzionisan si-stem od 2-5 godina
- Potpunu kontrolu nad svom opremom u i oko objekta
- Jedinstveni informativni sistem
- Upravljanje, smanjenje i predikciju troškova
- Povećanje ukupne profitabilnosti zgrade
- Merenje i alociranje svih energetskih ušteda i identifikovanje prostora za uštede
- Kontinuirano podržavanje, podešavanje, praćenje rada i servis sistema
- Povećanu efikasnost i pojednostavljenje upravljanja sistemom
- Tehnološko liderstvo u najnaprednijim tehnologijama u branši
- Moćno marketinško oruđe pri iznajmljivanju prostora ili prodaji cele zgrade
- Povećanje produktivnosti zaposlenih koji borave u prijatnom radnom okruženju
- Društveno odgovorno ponašanje kroz brigu o zaštiti životne sredine

- Validne informacije, analize, izveštaje, grafikone i baze podataka za donošenje kvalitetnih i pravovremenih odluka, realnih prognoza i smanjenje finansijskog rizika

Preovlađujući tržišni trend i ekspanzija sistema za centralizovano upravljanje poslovnim zgradama nije zaobišao ni tržište Srbije, gde su do sada na nekoliko poslovnih zgrada primenjena neka parcijalna rešenja, ali su u fazi izgradnje i prvi objekti sa kompletno integrisanim i otvorenim sistemima za centralizovano upravljanje poslovnim zgradama, koji obezbeđuju maksimalnu energetsku efikasnost i u skladu su sa najsvežijim tehnologijama. Jedina slabost ovakvih sistema je što zahtevaju inicijalno veće invstiranje, što u državi sa manjkom i visokom cenom kapitala, predstavlja usporavajući faktor.

Pozitivana kretanja se ogledaju u spremnosti pojedinih banaka i stranih investicionih fondova da namenskim kreditima za energetsku efikasnost, finansiraju ovakve napredne projekte. Takođe, nesporno je interesovanje i domaćih investitora, koji imaju dugoročnu viziju razvoja svog poslovanja, prate svetske trendove, usvajaju najnovije tehnologije i žele da svojim klijentima i sebi priušte dodatnu vrednost, u skladu sa svojim mogućnostima.

Takođe, nesporno je i interesovanje i domaćih investitora, koji imaju dugoročnu viziju razvoja svog poslovanja, prate svetske trendove, usvajaju najnovije tehnologije i žele da svojim klijentima i sebi priušte dodatnu vrednost, u skladu sa svojim mogućnostima. Tehnološki vodeći isporučioci sistema, koji su prisutni u Srbiji, investitorima nude sledeće pogodnosti:

- Projekciju potrebnog kapitala
- Projektovanje, razvoj i izvođenje rešenja koja obezbeđuju energetsku efikasnost
- Strategiju za upravljanje potrošnjom energije
- Trening i razvoj operativnog osoblja, kao i obuku svih korisnika
- Permanentno daljinsko nadgledanje i kontrolisanje funkcionisanja sistema

Pitanje je koliko će kratko vreme trebati da se domaća regulativa uskladi sa propisanim normativima i standardima vezanim za energetsku efikasnost poslovnih zgrada u EU. Domaći investitori koji se prvi odvaže da primene ovaj napredan koncept na svojim objektima, svakoko će steći značajnu konkurentsku prednost i neophodno iskuskustvo za budući period, i moći će ravnopravnije da kvalitetom konkurišu stranim investitorima.

Integralno projektovanje

Savremene (poslovne) zgrade sve više postaju skupom različitih tehničkih područja. Instalacije u zgradama postaju sve značajnije i one su te koje „brinu" o osećaju ugodnosti u prostoru; svakako, tome doprinose i savremena znanja građevinske fizike.

U zgradama je, uz najbolje uslove i veliku udobnost, sve važnija i **potrošnja energije**. U kontekstu instalacije zgrade moraju biti opremljene sistemima ventilacije i klimatizacije, s optimizovanom potrošnjom rashladne i toplotne energije. Primer za to su klima-komore

koje u regeneraciji vraćaju više od 90 posto toplotne energije uz unos 100-postotne količine spoljašnjeg vazduha. Uz implementaciju takvih sistema klimatizacije, potrebe za toplotnom i rashladnom energijom drastično su smanjene. Dosta složena mašinska (termoenergetska) tehnologija može biti efikasna isključivo uz fleksibilne sisteme digitalnog (DDC – *direct digital control*) upravljanja i regulacije. Za potpunu kontrolu upravljanja energijom savremena klima-komora ima preko 80 ugrađenih i instaliranih parametara, koji su u kontroleru DDC softverski posve harmonizovani i brinu o radu komore, kao i visokoj uštedi energije.

Objekti s takvim, odnosno sličnim opsegom tehnike digitalnog upravljanja, kao i racionalnog korišćenja otpadne energije, sve se više grade i na našim prostorima.

Postizanje visokog nivoa ugodnosti i efikasno i racionalno upravljanje zgradom može se postići uz potpunu kontrolu i upravljanje sledećim energetskim i instalacijskim podsklopovima:

- pripremom toplotne energije
- pripremom rashladne energije
- raspodelom toplotne energije
- raspodelom rashladne energije

Lokalnom regulacijom inteligentne sobe uz podfunkcije:

- kontrola temperature u sobi
- kontrola osvetljenja u prostoru
- upravljanje spoljašnjim senilima
- upravljanje funkcijama zahvata sunčeve energije
- priprema sanitarne tople vode
- sistemi klimatizacije s visokoefikasnom rekuperacijom odnosno regeneracijom
- sistemi ventilacije s visokoefikasnom rekuperacijom odnosno regeneracijom
- sistemi korišćenja energija otpadnih voda
- spoljašnja rasveta
- unutrašnja rasveta
- energetsko praćenje.

Sistem ventilacije i klimatizacije

Zgrade se opremaju najsavremenijim sistemima klimatizacije, s integrisanim regenerativnim odnosno rekuperativnim izmenjivačima otpadne toplote, sistemima integrisanog mehaničkog reverzibilnog hlađenja za korišćenje energije otpadnog vazduha za grejanje zgrade. Stepen efikasnosti iznosi između 80 i 92 posto vraćanja energije iz otpadnog vazduha. Implementiraju se i sistemi indirektnog adijabatskog hlađenja unutar klima-komora, kao i specijalni rashladni agregati, koji koriste integrisani adijabatski sistem odvođenja kondenzacijske toplote, a poseduju i podsisteme za korištćnje otpadne kondenzacijske toplote. U pojedinim delovima zgrade postavljaju se i toplotne pumpe

vazduh-voda, koje delimično snabdevaju objekt toplotnom energijom. Svaki od tih energetskih sistema opremljen je vlastitim sistemom digitalnog upravljanja, koji preko svojih analognih i digitalnih ulazno-izlaznih jedinica, kao i inteligentnih senzora u celini upravlja funkcijom pojedinog uređaja, a paralelno omogućava i komunikaciju „Peer too Peer", bez interfejsa, što je najvažniji komunikacijski put za potpunu optimizaciju zgrade. U tom segmentu digitalnog upravljanja pojedinih energetskih sistema nalazi se glavnina digitalne tehnike koja izvodi funkcije rada sistema i energetske optimizacije.

Sistem pripreme toplotne energije

U zgradi se teži da se koriste svi resursi otpadne energije. U reverzibilnim klima-komorama sistem digitalnog upravljanja prema potrebama preuzima toplotnu energiju i distribuira je u zgradu. Takođe je otpadna kondenzacijska toplota, kod pripreme rashladne energije, prema zahtevu DDC (***D**irect **D**igital **C**ontrol*) upravljanja uvek usmerena u zajedničku energetsku tačku, odakle se koristi po celoj zgradi i to po područjima i sektorima zgrade, koje definiše sistem raspodele i potrošnje toplotne energije. U najtežim zimskim uslovima DDC sistem dodatno uključuje toplotnu pumpu, koja takođe toplotnu energiju prema potrebi usmerava u sistem pripreme toplotne energije.

Sistem podele i potrošnje toplotne energije

S obzirom na orijentaciju zgrade kao i njenu tehnologiju, u objektu obično postoji više odvojenih hidrauličnih grana s vlastitom regulacijom temperature, koje su upravljane i regulisane iz DDC podsistema za taj segment. Temperaturama polaznih medijuma upravlja se i regulišu se prema fizici zgrade, njenoj orijentaciju i tehnologiji u prostorijama. Sam DDC procesor omogućava prilagođavanje regulacijske funkcije karakteristici zgrade i time približavanje optimalnom načinu rada.

Sistemi pripreme rashladne energije

Najveći deo klima-komora ima u sebi integrisan mehanički sistem hlađenja, koji je upravljan DDC regulacijom unutar klima-komore, a vezan u kompletno digitalno upravljanje zgradom, pomoću *bus* veze i komunikacije „Peer too Peer". Na taj način pokriveno je bazno rashladno opterećenje pojedinih tehnoloških sklopova. Za potrebe ventilokonvektora za lokalno hlađenje u prostorima predviđeni su visokoefikasni i multifunkcijski rashladni sistemi, koji u sebi imaju integrisane sve funkcije za potpuni rad. Sistem DDC upravljanja sastavni je deo agregata.

Sistem podele i potrošnje rashladne energije

Sistem podele i konzuma rashladne energije realizuje se odvojenim hidrauličkim kao i DDC podsistemima, koji priprema bazne polazne temperature s obzirom na spoljašnje letne parametre po pojedinim hidrauličkim granama. U samim prostorima, odnosno na ventilokonvektorima, daljnju funkciju preuzima lokalna regulacija inteligentne sobe.

Upravljanje funkcija zahvata sunčeve energije

S obzirom na parametre prostora i spoljašnje uslove, na pojedinim delovima fasada sistem DDC upravljanja izvodi funkcije optimizacije zahvata, odnosno sprečavanja ubacivanja sunčeve energije, i to pomoću senila u dvostrukoj fasadi, kao i funkciju rada zakretnih klapni na vrhu dvostruke fasade, a sve u međusobnoj sprezi sa sistemima klimatizacije, ventilacije, lokalnog upravljanja inteligentne sobe, pripreme rashladne energije i toplotne energije.

Priprema sanitarne tople vode

DDC upravljanje pomoću sistema toplotnih prenosnika i shodno zadatom dnevnom režimu priprema sanitarnu toplu vodu.

Unutrašnja rasveta

Optimizacija funkcije rasvete kao i racionalnog korišćenja električne energije izvodi se sveobuhvatnim DDC sistemom po pojedinim etažama i tehnološkim celinama i njihovim funkcijama. Fleksibilnost DDC sistema omogućava optimalno prilagođavanje i promenu funkcija po pojedinim prostorima. DDC upravljanje rasvetom osigurava za celu zgradu optimalnu potrošnju električne energije i isključuje u velikoj meri faktor čoveka.

Spoljašnja rasveta

Za svetlosnu korekciju građevinskog volumena predviđa se paleta DDC upravljanih sektora spoljašnje rasvete koji su programirani u više vizuelnih slika, te na taj način prezentiraju zgradu i vizuelno je uklapaju u prostor, stvarajući ugodne ambijentalne efekte.

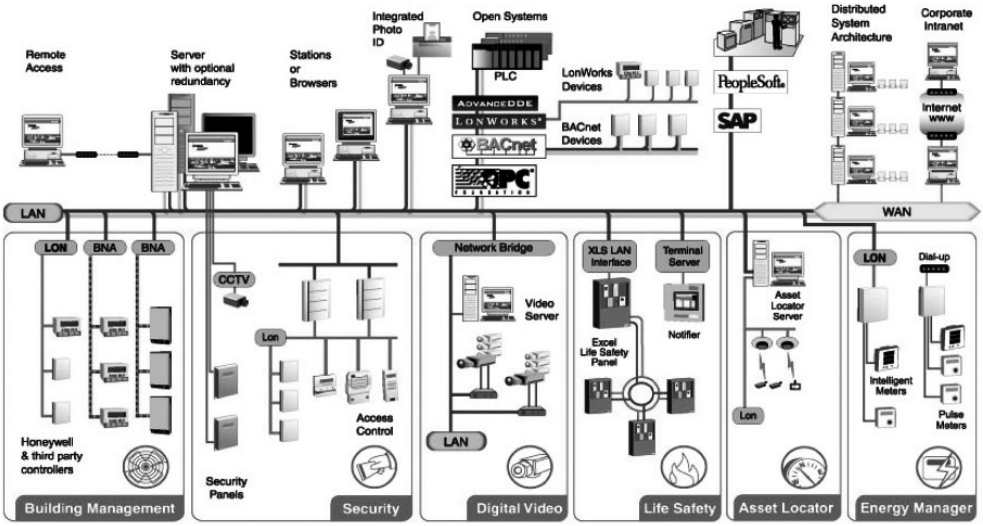
Lokalna regulacija inteligentne sobe

Za upravljanje parametrima temperature u sobama integriše se lokalni inteligentni DDC upravljač s funkcijom kontinuirane regulacije protoka medijuma, kao i sinergetskim praćenjem promene broja okretaja ventilokonvektora. Tako se u prostoru održava osećaj ugodnosti u smislu temperature i kretanja vazduha. Za upravljanje spoljašnjim senilima predviđaju se posebni moduli koji u zavisnosti od parametara u prostoru i spoljašnjem stanju sunčevog zračenja, propuštaju, odnosno ne prepuštaju, energiju sunca u prostor.

Centralni nadzorni sistem

Mnoštvo podataka, koji se obrađuju u digitalnim DDC procesorima, pretvara se pomoću centralnog nadzornog sistema u informaciju, koja je lako savladljiva. Vizuelizacija svih procesa u centralnom nadzornom sistemu omogućava brzi uvid u sve funkcije pojedinih sklopova i podsklopova. Upravljanje pojedinim parametrima mogu obavljati isključivo osobe kojima je dozvoljen pristup. Centralni nadzorni sistem ima i funkciju ener-

getskog menadžmenta, uzimajući u obzir parametre ulaznih energenata i nivoe mogućeg korišćenja otpadne energije, da bi na taj način optimizovao stepen efikasnosti različitih toplotnih pumpi. Optimizacija rasvete centralnim nadzornim sistemom omogućava uštede električne energije na rasveti do minimalno 40 posto.



Slika 30. Šema jednog centralnog nadzora

Koncept pametne kuće

Pametna kuća je koncept modernog domaćinstva i življenja u njemu. Kuća je „pametna" jer se „prilagođava" trenutnoj aktivnosti, raspoloženju, navikama i životnom stilu svakog ukućana, a pritom ostvaruje energetske uštede. To je sistem kućne automatike maksimalno jednostavan za korišćenje održavanje i ugradnju. Smisao ovog naprednog tehnološkog rešenja je povećanje kvaliteta stanovanja.

Prepoznatljivi komercijalni nazivi su SMART HOME, SMART HOUSE, INTELLIGENT HOME, HOME AUTOMATION, HOME CONTROL, POWER HOUSE, DOMOTICO, PAMETNA KUĆA™, ...).

Automatizacija domaćinstva

Automatizacija domaćinstva, kao klasa problema u oblasti automatizacije građevinskih objekata, posebno se bavi zahtevima automatizacije u domaćinstvima privatnih lica, s ciljem da primeni tehnologiju automatizacije za podizanje nivoa udobnosti i bezbednosti članova domaćinstva. Pored standardnih zahteva u automatizaciji građevinskih objekata, poput kontrolisanja svetla i klima uređaja, zatvaranja i otvaranja vrata i ventilacionih otvora, kontrole bezbednosnih sistema i sistema za nadzor, automatizacija domaćinstva uvodi i grupu dodatnih zahteva. Ovi zahtevi se odnose na automatizaciju multimedijalnih

sistema za zabavu, automatsko zalivanje biljaka ili ishrana kućnih ljubimaca, postavljanje scenarija u skladu sa aktivnostima (npr. večera, žurka, gledanje filmova) i spregu sa korisnikom koja treba da ima prijemčiv (*user-friendly*) izgled i visoku upotrebljivost.

Automatizacija domaćinstva ima za cilj osposobljavanje standardnih uređaja i predmeta u domaćinstvu da međusobno komuniciraju i automatski obavljaju određene radnje u zavisnosti od (1) naredbe korisnika, (2) stanja nekog drugog uređaja ili skupa uređaja, (3) signala sa različitih senzora, (4) vremenskih signala, (5) algoritma koji opisuje ponašanje jednog ili više uređaja a koji je postavio korisnik.

Idealan koncept podrazumeva uspostavljanje automatizovanog, fleksibilnog, proširivog, inteligentnog i upravljivog okruženja u domaćinstvu, sa ciljem smanjenja manuelnog nadzora i upravljanja od strane ljudi koji u njemu žive. Automatizovano okruženje podrazumeva da se jedna radnja, ili skup radnji koje treba izvršiti, obavljaju bez ljudske asistencije, već u zavisnosti od unapred postavljenih parametara rada. Automatizacija može biti potpuna i delimična. Potpuna automatizacija isključuje potrebu za bilo kakvom korisničkom akcijom kako bi se jedna ili više operacija ostvarile. Delimična automatizacija omogućava izvršavanje jedne ili više nezavisnih ili međuzavisnih radnji, koje se izvršavaju na korisnički zahtev, smanjujući broj potrebnih akcija korisnika sa konačno mnogo na svega jednu. Fleksibilnost omogućava jednostavnu i brzu izmenu načina automatizacije promenom parametara rada, bez potrebe za izmenama fizičkih uređaja ili potrebe za izvođenjem radova u kući.

Sistem za automatizaciju kuće treba da bude proširiv, u smislu da se na jednostavan način mogu dodavati novi elektronski uređaji koji se transparentno integrišu u sistem. Inteligentno okruženje podrazumeva preslikavanje afiniteta ukućana na parametre rada sistema, tako da sistem samostalno menja parametre i način automatizacije u zavisnosti od afiniteta ukućana. Upravljivost sistema jeste zahtev čijim se ispunjavanjem omogućava korisnicima da na što jednostavniji način odrede svoje afinitete i saopšte ih sistemu.

Automatizacija domaćinstva je multidisciplinarni problem koji zahteva znanja iz više različitih oblasti.

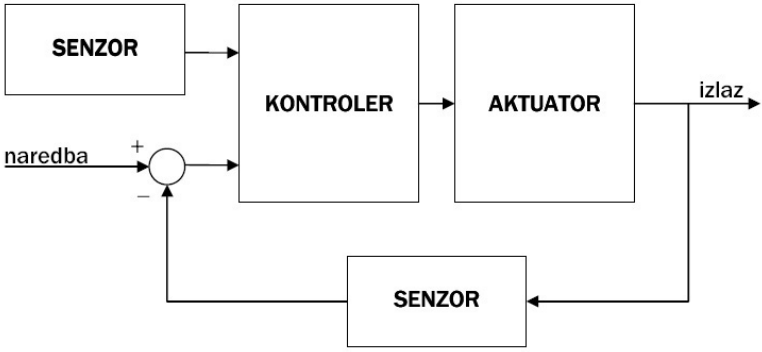
Oblast upravljanja sistemima omogućava pogled na domaćinstvo kao na upravljiv sistem koji se sastoji od senzora, kontrolera i aktuatora.

Senzori su zaduženi za praćenje parametara sistema (npr. registrovanje kretanja ukućana, merenje sobne temperature, detekciju nivoa osvetljenosti sredine ili vlažnosti zemljišta, merenje zastupljenosti odrenenog jedinjenja u vazduhu i sl).

Zadatak kontrolera je da u zavisnosti od stanja sistema određenog parametrima koje isporučuju senzori, odnosno naredbe korisnika, odluči o eventualnoj promeni stanja u skladu sa internom logikom, na osnovu afiniteta ili raspoloženja ukućana i sl.

Aktuatori predstavljaju izvršne jedinice, koji naredbe koje isporučuje kontroler prevode u fizički rad (uključivanje i isključivanje svetla, spuštanje roletni na prozorima, uključivanje zalivnog sistema, zaključavanje vrata i sl).

Povratna sprega sa senzora omogućuje dopunsko upravljanje, u slučaju da aktuator nije doveo sistem u željeno stanje (slika 31.).



Slika 31. Koncept sistema automatskog upravljanja primenjen u domaćinstvu

Projektovanje ugrađenih računarskih sistema ima za cilj izradu elektronskih uređaja - kontrolera, koji će obavljati logiku kontrole i upravljanja domaćinstvom. Kontroler može biti zadužen za upravljanje delom domaćinstva, ili celokupnim domaćinstvom i drugim kontrolerima. Kontroler treba da obezbedi povezivanje sa senzorima i aktuatorima, i treba da ima mogućnost prihvatanja korisničkih naredbi. Ovi računarski sistemi moraju odgovoriti zahtevima rada u realnom vremenu, vrhunske stabilnosti i robustnosti rada.

Oblast računarskih komunikacija bavi se povezivanjem kontrolera sa senzorima i aktuatorima, koristeći različite komunikacione medijume i protokole za komunikaciju (povezivanje korišćenjem električne mreže, bežično povezivanje, povezivanje posebnim vodovima).

Mašinstvo, mehatronika i srodne oblasti treba da omoguće dizajniranje, odnosno upotrebu aktuatora za različite primene (mehanički sistemi za podizanje garažnih vrata, sistemi za upravljanje bravom na vratima i sl). Svi aktuatori moraju posedovati elektronske kontrolere koji će omogućiti reakciju na signal sa predviđene komunikacione sprege.

Softversko inženjerstvo ima za cilj kreiranje sprege na relaciji sistem - korisnik, u vidu korisničkih programa jednostavnih za upotrebu. Programi treba da omoguće korisnicima sistema (ukućanima) da utiču na ponašanje sistema u celini, postavljanjem parametara rada, izmenom logike upravljanja ili direktnim naredbama sistemu. Ovo se može omogućiti izradom programske podrške za PC računar, mobilni telefon, internet i sl.

U oblasti automatizacije domaćinstva postoji veći broj standarda za povezivanje uređaja. Neki od njih koji su karakteristični za ovu oblast su: *INSTEON*, *X10*, *PLC BUS*, *KNX*, *LonWorks*, *C-Bus*, *Universal Powerline Bus* (*UPB*), *Zigbee*, *Z-Wave*. Po tipu medijuma za prenos razlikuju se tri grupe standarda za povezivanje:

- povezivanje korišćenjem postojećih električnih instalacija;
- povezivanje korišćenjem bežične veze i
- povezivanje korišćenjem namenskih kablova.

Povezivanje korišćenjem postojećih električnih instalacija je popularan vid povezivanja sa stanovišta potrebe za dodatnim radovima u domaćinstvu, kako bi se isto automatizovalo. Električni vodovi su odličan medijum za prenos jednostavnih upravljačkih naredbi, a u poslednje vreme postaju i dobar prenosni medijum za veće brzine prenosa, pa nalaze primenu i za prenos multimedijalnih sadržaja (audio, video). S obzirom na to da se većina uređaja koji se koriste u automatizaciji domaćinstva (kontroleri, senzori, aktuatori) napajaju iz električne mreže, oni se lako i brzo mogu međusobno povezati. Neki problemi vezani za ovaj vid veze su:

- problem sa premošćavanjem veze ukoliko se uređaji napajaju sa različitih faza (vodova);
- nezanemarljivo podužno slabljenje signala;
- mogućnost interferencije sa električnim sistemima susednih domaćinstava (pogotovo ukoliko je reč o stanovima);
- slaba mogućnost postavljanja uređaja za automatizaciju na potpuno proizvoljna mesta (najčešće je potrebno postaviti dodatnu električnu instalaciju).

U skladu sa gore navedenim, električne instalacije su idealne za osnovne primene: kontrolu svetla, upravljanje jednostavnim kućnim aparatima sa fiksnom lokacijom u kući, kontrolu vrata i prozorskih roletni i sl.

Povezivanje korišćenjem bežične veze je veoma popularno s obzirom na gubitak potrebe za bilo kakvim postojanjem žične veze na relaciji kontroler-senzor, odnosno kontroler-aktuator, pa se ovakvi uređaji jednostavno postavljaju i lociraju na proizvoljnim mestima. Problemi ovog pristupa su:

- napajanje uređaja se obavlja ćelijama za napajanje (akumulatori, baterije) koje se moraju dopunjavati ili menjati, ili uređaj ipak mora biti priključen na električnu mrežu;
- količina zračenja usled velikog broja radio talasa u domaćinstvu postaje nezanemarljiva (po nekim autorima, ovaj argument diskredituje se uz objašnjenje da radio talasi na frekvencijama od oko 10^9 Hz nije ni blizu frekvencija opasnih po zdravlje – npr. jonizujućeg zračenja, 10^{16}-10^{17} Hz).

Povezivanje namenskim kablom je opravdano sa stanovišta brzine veze, ožičenosti sistema i izolovanosti u odnosu na druge sisteme, kao i pouzdanosti komunikacije. Problemi ovog pristupa su:

- potreba za posebnim radovima na instalaciji urenaja;
- ugroženost estetike i potreba za skrivanjem velikog broja vodova u kanalicama ili dvostrukim plafonima i podovima;
- smanjena fleksibilnost domaćinstva u pogledu izmene mesta urenaja za automatizaciju.

U sledećoj tabeli uporedno su prikazane tehnologije povezivanja korišćenje za automatizaciju domaćinstva, sa osnovnim osobinama.

Tabela 1 - Uporedni prikaz tehnologija veze u automatizaciji domaćinstva

Tehnologija	Prenosni medijum	Brzina prenosa	Najveća udaljenost
Ethernet	Ukrštene parice bez zaštitnog sloja	10 Mbit/s 1 Gbit/s	100 m -15 km
Konnex	Ukrštene parice Ethernet Radio veza	1200 bit/s 9600 bit/s	4.5 m -70 m
LonWorks	Ukrštene parice Električna mreža Radio veza Koaksijalni kabl	1.70 kbit/s 1.28 Mbit/s	1500 m -2700 m
X10	Električna mreža	50 bit/s 60 bit/s	
HomePlug	Električna mreža	14 Mbit/s 200 Mbit/s	200 m
HomePNA	Telefonska linija	10 Mbit/s	300 m
Wi-Fi IEEE 802.11	Radio veza	11 Mbit/s 248 Mbit/s	30 m – 100 m
FireWire IEEE 1394	Ukrštene parice bez zaštitnog sloja	400 Mbit/s 3.2 Gbit/s	4.5 m -70 m
USB	Ukrštene parice	12 Mbit/s 480 Mbit/s	5 m
Bluetooth	Radio veza	1 Mbit/s 10 Mbit/s	10 m – 100 m
IRDA	Infracrvena veza	9600 bit/s 4 Mbit/s	2 m
European Installation Bus KNX	Ukrštene parice Električna mreža Radio veza Infracrvena veza	1200 bit/s 9600 bit/s	300 m -1000 m
EHS	Ukrštene parice Električna mreža	2.4 Kbit/s 48 Kbit/s	
Batibus	Ukrštene parice	4800 bit/s	200 m -1500 m
Zigbee	Radio veza	20 Kbit/s 250 Kbit/s	10 m -75 m

Arhitektura sistema za automatizaciju domaćinstva može biti centralizovana (*centralized*), distribuirana (*distributed*) i mešana (*mixed*). Centralizovana arhitektura podrazumeva postojanje jednog, centralnog kontrolera koji stanja senzora i naredbe korisnika prevodi u signale koje isporučuje aktuatorima. Distribuirana arhitektura podrazumeva postojanje više odvojenih kontrolera, kao minimalne potrebne logike za gotovo direktnu komunikaciju senzora sa aktuatorima. Mešana arhitektura predstavlja vid postavljanja sistema u kojem više izmeštenih kontrolera upravlja delovima domaćinstva, uz postojanje centralnog servera koji sakuplja podatke o radu kontrolera i omogućuje korisniku da centralizovano utiče na njihov rad.

Zadaci automatizacije domaćinstva mogu da se podele u nekoliko kategorija:

- Grejanje, ventilacija i hlanenje (*HVAC - Heating, Ventillation and Air Conditioning*) kao grupa zadataka obuhvata kontrolu temperature i vlažnosti vazduha

(*climotics*). Ovde se podrazumeva upravljanje ventilatorima i ventilacionim otvorima (npr. zakrilcima za određivanje propusnosti ventilacionog otvora).

- Upravljanje osvetljenjem podrazumeva kontrolu veštačke svetlosti dobijene električnim svetlosnim izvorima (lampe, sijalice). Najčešći zadaci su: (1) isključivanje svih svetlosnih izvora u domaćinstvu; (2) automatizacija uključivanja i isključivanja svakog svetla u domaćinstvu ponaosob i (3) regulacija nivoa osvetljenosti u zavisnosti od količine ambijentalnog svetla.
- Količina dnevne (prirodne) svetlosti koja prodire u domaćinstvo se može kontrolisati automatizacijom različitih roletni, zavesa i šalokatri. Najčešće, komunikacija sa aktuatorima obavlja se bežično (radio frekvencija).
- Audio zadaci obuhvataju odabir izvora zvuka, njegov prenos na urenaje za reprodukciju u domaćinstvu i mogućnost usmeravanja (multipleksiranja) izvora na različita odredišta. Video zadaci omogućavaju usmeravanje i multipleksiranje izvora slike na neki od panela za prikaz. Jedna karakteristična upotreba je sprega kamera za nadzor sa proizvoljnim TV aparatom u domaćinstvu.
- Zadaci bezbednosti obuhvataju kontrolu i povezivanje bezbednosnih sistema i sistema za nadzor. Posebni zadaci odnose se na: (1) uočavanje provale senzorima za detekciju pokreta, magnetskim senzorima na prozorima i vratima ili senzorima za razbijanje stakla; (2) detektovanje požara, curenja gasa ili poplave; (3) detektovanje opšte opasnosti; (4) automatsko zamračivanje prozora i zaključavanje vrata.
- Interkomunikacijski zadaci obuhvataju omogućavanje komunikacije ukućana u različitim sobama u domaćinstvu korišćenjem mikrofona i zvučnika.
- Robotika obuhvata zadatke upravljanja robotima za obavljanje kućnih poslova. Komunikacija se najčešće obavlja bežično.
- Upravljanje je, teoretski, moguće obaviti nad bilo kojim urenajem u domaćinstvu: kafe aparat, garažna vrata, ishrana kućnih ljubimaca, zalivanje biljaka, kontrola nivoa vode i zagrejanosti bazena ili kade u kupatilu, i sl.

Protokoli u automatizaciji domaćinstva

Prvi korak ka implementaciji ideje pametne kuće bio je laički rečeno definisanje pravila kako će međusobno komunicirati lampa, mikser, frižider, radio… Skup takvih pravila naziva se protokol. Ovde će biti navedene karakteristike za par najzastupljenijih protokola.

X10

X10 je međunarodni standard otvorene arhitekture za komunikaciju izmenu elektronskih uređaja, sa primenom u automatizaciji domaćinstva. *X10* koristi električnu mrežu kao medijum za prenos signala, koji predstavljaju kratke emisije radio frekventnih sinusoidalnih pobuda koje služe za reprezentaciju digitalnih podataka.

X10 je razvijen 1975. godine od strane škotske kompanije *Pico Electronics*, sa ciljem da omogući kontrolu uređaja u domaćinstvu. Ovo je prva tehnologija za povezivanje uređaja za automatizaciju domaćinstva koja je ušla u upotrebu, a koja i danas predstavlja tehnologiju koja ima najveću primenu. Iako postoji veliki broj alternativnih tehnologija povezivanja veoma većeg propusnog opsega (*KNX*, *INSTEON*, *BACnet*, *LonWorks*), *X10* je uspeo da održi popularnost u kućnom okruženju zahvaljujući veoma niskoj ceni uređaja za automatizaciju koji se na njemu baziraju.

Električne instalacije u domaćinstvu, koje se koriste za napajanje uređaja i svetala, koriste se za prenos digitalnih podataka između dva *X10* uređaja. Digitalni podaci su predstavljeni amplitudskim nosiocima frekvencije 120 KHz, koji se učestano emituju za vreme prelaska envelope naizmenične struje od 50Hz ili 60Hz sa pozitivne na negativnu amplitudu i obratno (tzv. prelazi nule - *zero crossings*). Prenos podataka događa se u trajanju od ~1ms za vreme kada je amplituda naizmenične struje veoma blizu nultoj vrednosti.

Binarna jedinica predstavljena je 120 KHz naizmeničnim signalom u trajanju od 1ms, oko nulte vrednosti amplitude naizmenične struje, dok se binarna nula prenosi tako što se ovaj 120KHz signal ne emituje. U slučaju trofaznog sistema, potrebno je emitovati identičan signal tri puta, na svakoj od faza, sa pomerajem od 1/6 ciklusa po svakoj fazi.

Postoji veliki broj različitih *X10* aktuatorskih modula za različite primene. Za kontrolu sijalica i lampi, koriste se *lamp* moduli ili mikroprekidački moduli. Moduli se sastoje od analogne elektronike za detekciju *X10* prenosnih amplituda, te jednostavnih digitalnih kola sa prenosnom funkcijom koja služi za identifikaciju tražene naredbe. Dalje, uključivanje i isključivanje vrši se jednostavnim prekidanjem električnog voda korišćenjem impulsnog releja, odnosno *TRIAC* elektronske komponente. Opseg snage koju moduli mogu da koriste kreće se od oko 40W do 500W. Za kontrolu induktivnih potrošača, *TRIAC* nije prikladan, već je potrebno koristiti isključivo tzv. *appliance* module, koji koriste impulsni relej. Ovi moduli generalno mogu da kontrolišu opterećenje do 15A. Prekidački moduli često omogućuju i ručnu kontrolu, tako što ostavljaju mogućnost povezivanja tzv. *push* prekidača, čijim se pritiskom ostvaruje protok struje i izaziva kratkotrajni impuls, koji služi za promenu stanja prekidača u alternativno stanje.

X10 samostalni kontroleri (predajnici, odnosno primopredajnici) omogućavaju emitovanje različitih *X10* naredbi, a najčešće se kontrolišu (programiraju) korišćenjem PC računara.

Neki od problema *X10*, zbirno, su sledeći: (1) nizak propusni opseg i mala mogućnost proširenja upotrebe; (2) propagacija signala na više faza u višefaznim sistemima; (3) filteri i balasti koji se mogu naći u domaćinstvima mogu narušiti integritet *X10* signala; (4) induktivni potrošači i potrošači niske snage ne mogu da rade sa *lamp* modulima; (5) moguće je emitovati samo jednu *X10* naredbu u jednom trenutku; (6) ne postoji enkripcija ili bilo koji drugi vid zaštite podataka koji se prenose; (7) *X10* signali susednih domaćinstava mogu se međusobno preplitati/superponirati.

LonWorks

LonWorks je razvila firma Echelon u ranim 90-im godinama prošlog veka, a danas važnu ulugu u razvoju LonWorks tehnologije ima ***LonMark Interoperability Associaton***, organizacija koja objavljuje standarde i obavlja usluge certifikovanja za sve komponente sistema. Sama firma Echelon je razvila oko stotinu komponenti sistema (uglavnom komunikacijskih uređaja), a danas postoje desetine proizvođača čije su komponente certifikovane kao delovi LonWorks sistema. LonWorks tehnologiju čine sledeće komponente:

- Neuron čip
- Upravljački procesori i transiveri
- LonTalk komunikacijski protokol
- LonWorks Network Services (LNS)
- Osnova za upravljanje mrežama i HMI (*human-machine interface*) alate

Fizička osnova svakog LonWorks uređaja je **Neuron čip** upravljački procesor, sistem na čipu (*system-on-chip*, SOC) koji sadrži 3 8-bitna procesora, RAM, ROM i ulazno/izlaznu jedinicu. ROM sadrži operativni sistem, LonTalk komunikacijski protokol i biblioteku ulazno/izlaznih funkcija. U RAM-u se pohranjuju konfiguracijski podaci i upravljački program, koji se dobavljaju preko komunikacijske mreže. Neuron čipovi proizvode se u različitim izvedbama, brzine tipično 10 i 20 MHz i sa različitom količinom RAM-a. Svaki Neuron čip upravljački procesor dobija jednistveni 48-bitni kôd (Neuron ID). Neuron čip upravljački procesori dizajnirani su od Echelona, a proizvode ih različiti proizvođači (*Toshiba*, *Motorola*, *Cypress Semiconductor*).

Transiver je elektronski uređaj koji predstavlja interfejs (posrednika) između komunikacijskih portova Neuron čip upravljačkog procesora i fizičkog medija nazvanog kanal (*channel*). Svi uređaji spojeni na specifični kanal imaju kompatibilne transivere koji komuniciraju istim bit rate-om. Transivere proizvode Echelon i drugi proizvođači za različite medije: upredene parice, električne energetske vodove, RF, IR, optičke vodove i koaksijalne kablove. Brzine kojima se može ostvariti komunikacija između pojedinih uređaja varira zavisno od medija i dostiže 1.25 Mbps na upredenim paricama. LonWorks sistemi mogu koristiti različite kanale na istim ili različitim tipovima medija. Kanali su međusobno povezani pomoću LonWorks usmerivača.

Neuron čipovi hardverski implementiraju slojeve 2-6 OSI referentnog modela, što olakšava razvoj novih aplikacija za upravljačke mreže koje koriste LonWorks tehnologiju.

LonTalk je slojeviti, paketno bazirani, serijski ***peer-to-peer*** komunikacijski protokol. Kao i Ethernet i Internet protokoli, LonTalk je otvoren i namenjen je za korišćenje u slojevitoj arhitekturi prema zahtevima International Standards Organization (ISO). Po karakteristikama je prilagođen za korišćenje u upravljačkim mrežama više nego u mrežama za prenos podataka, a dizajniran je tako da nije zavisan od medija koji se koristi. Programska implementacija protokola (*LonTalk firmware*) je sadržana u ROM-u svakog Neuron čipa, a parametri specifični za karakteristične aplikacije pohranjuju se u RAM rezerviran upravo za te parametre.

LonTalk protokol podržava set komunikacijskih usluga koje omogućuju aplikacijskim programima u uređajima da šalju i primaju poruke od drugih uređaja spojenih u upravljačku mrežu bez da znaju topologiju mreže i imena, adrese ili funkcije ostalih uređaja u mreži. LonTalk protokol podržava autentifikaciju, enkripciju, određivanje prioriteta poruka, *end-to-end acknowledgement* i ispravljanje grešaka, a sve te funkcije implementirane su hardverski u samim Neuron čipovima.

Uređaji spojeni u LonWorks upravljačku mrežu naizmence šalju pakete varijabilne dužine koji sadrže aplikacijske i adresne podatke. Svaki uređaj u mreži sluša sve pakete koji putuju mrežom i proverava da li je paket namenjen njemu. Ako je tako, uređaj proverava da li paket sadrži podatke namenjene apikacijskom programu ili podatke vezane uz upravljanje mrežom i zavisno od toga, procesira paket na različite načine.

LonWorks Network Services (LNS) je klijent-server arhitektura, osnova alata i softvera za instalaciju, održavanje, nadgledanje i upravljanje interoperabilnim LonWorks upravljačkim mrežama. Takvi alati omogućuju udaljeni nadzor i rekonfiguraciju parametara upravljačke mreže, kao i konfiguraciju uređaja spojenih u mrežu, download aplikacijskih programa i parametara na uređaje spojene u mrežu, prijavu grešaka i sl. LNS takođe omogućuje integraciju sistema upravljanja sa ostalim informacijskim sistemima, pa danas LonWorks arhitektura podržava klijente bazirane i na Windows operativnom sistemu.

Konnex

Najpoznatiji evropski komunikacijski protokol je Konnex nastao 1997. godine ujedinjenjem triju dotadašnjih najraširenijih protokola **BatiBUS**-a, **EIB**-a (engl. *European Installation Bus*) i **EHS**-a (engl. *European Home Systems*). Evropska komisija za elektrotehničke standarde (**CENELC**) 2003. godine priznala je **KNX** protokol ostvaren prenosima putem gradske mreže i upredene parice evropskim standardom za automatizaciju domaćinstva pod nazivom **EN 50090**. 2006. godine takođe je priznat KNX protokol ostvaren prenosom putem RF. Zbog velike potražnje KNX kompatibilnih uređaja i izvan Evrope, u novembru 2006. na inicijativu CENELC-a norma EN 50090 biva priznata kao **ISO/IEC 14543-3-x6**. Tako je KNX postao prvi međunarodno priznati standard u automatizaciji.

- Konnex definiše nekoliko načina komunikacije:
- preko upredene parice
- preko postojeće instalacije
- preko infrared-a
- radio komunikaciju
- preko Ethernet-a (takođe poznatu i kao ElBnet/IP ili KNXnet/IP).

KNX je dizajniran da bude nezavisan od hardverske platforme (otvoreni standard). Mrežom KNX uređaja možemo upravljati bilo najjednostavnijim 8-bitnim mikrokontrolerom bilo PC računarom, u zavisnosti od primene. Kao medij za komunikaciju najčešće se koristi upredena parica.

Postoje tri kategorije KNX uređaja:

- **A-mode** ili "Automatic mode" - samokonfigurišući uređaji, instaliraju se od strane krajnjeg korisnika.
- **E-mode** ili "Easy mode" - uređaji za koje je potrebna osnovna obuka za instalaciju. Njihovo ponašanje je unapred programirano, ali postoje konfigurišući parametri koji moraju biti prilagođeni potrebama korisnika.
- **S-mode** ili "System mode" - uređaji koji se koriste pri stvaranju pametnih sistema za zgrade. S-mode uređaji nemaju podrazumevano ponašanje, te moraju biti programirani i instalirani od strane specijalizovanih tehničara.

Korisnički interfejsi kod kućne automatizacije

Korisnički interfejs jedan je od najvažnijih delova u automatizaciji domaćinstva jer jednom kada napravimo sve potrebne instalacije ostaje nam samo da izaberemo najoptimalnije sredstvo upravljanja. Naime, ako sve ostane na bazi prekidača postavlja se pitanje dali čitava ova priča do sada ima svrhe. Često umorni želimo nešto napraviti iz fotelje, usred gužve na poslu setimo se da je pećnica ostala upaljena ili da su vrata garaže ostala otvorena. To su situacije u kojima nam prekidač na zidu kuće nikako ne pomaže. Čak i pored same funkcionalnosti mnoštvo prekidača i senzora po zidovima može izgledati jako neukusno i narušiti postojeće kućno uređenje što svakako ne želimo. U tom smislu nudi se širok spektar načina upravljanja koji bi trebali zadovoljiti najrazličitije ukuse.



Slika 32. *Wallplate* interfejs

Ovo su recimo primeri interfejsa za regulacije svetla i toplote wallplate-om. Za vreme fudbalske utakmice dok jedemo kokice i pijemo pivo vrlo verojatno ćemo se poslužiti IR daljinskim upravljačem.

Svetla najčešće samo palimo i gasimo dok se kod HVAC-a (engl. *Heating, Ventilating and Air-Conditioning*) regulacija zasniva na nizu prethodnih merenja. Dakle, za neke složenije podsisteme koji zahtevaju i povratnu informaciju (*feedback*) kao što su sigurnosni sistem ili HVAC kao optimalno rešenje koriste se *touch screen* monitori (osetljivi na dodir).

Razvoj bežičnih metoda upravljanja je usko vezan uz pojavu **GPS**-a (engl. *Global Positioning System*) kao servisa za građanstvo s obzirom na to da je dugo vremena bio američka vojna tajna. Ovaj servis spaja sisteme satelitskog pozicioniranja, koji korisniku pružaju tačnu informaciju o tome gde se trenutno nalazi, sa bežičnim servisima koji omo-

gućuju korisniku obaveštavanje drugih o svojoj trenutnoj poziciji. GPS je globalna mreža od 24 satelita, razvijena za potrebe Ministarstva obrane SAD-a.



Slika 33. *Touch-screen* monitori

SMS (engl. *Short Message Service*) je usluga idealna za slanje GPS informacija, kao što su geo koordinate. One zauzimaju maksimalno 60 znakova. U automatizaciji domaćinstva ova usluga kombinuje daljinsku sigurnost sa daljinskim upravljanjem. Drugim rečima, moguće je svoj stan nadzirati bez obzira gde se nalazili: na poslu, na odmoru, na putu… U slučaju uključivanja alarma, ne samo da je korisnik obavešten, nego i dobija mogućnost da na ekranu posmatra direktni prenos zbivanja s lica mesta. Moguće je zaključati provalnike u zatečenoj sobi dok ne dođe policija.

Takođe, moguće je mobilnim uređajem programirati razne kućanske aparate , na primer videorekorder da snima u određeno vreme, pećnicu da peče određeno vreme i onda se isključi… Tako **GPRS** (engl. *General Packet Radio Service*) mobilni uređaj postaje daljinski upravljač za sve aparate u stanu. Postoji naravno i opcija upravljanja internetom za sve one koji većinu vremena provode izvan svoga doma. Sve što je potrebno za stalan nadzor doma ovim putem je stalan pristup internetu preko kog se logovanjem spajamo na tzv. *gateway* naše kućne lokalne mreže i imamo sva ovlašćenja upravljanja uređajima u stanu kao da smo kod kuće.

Stanje u Srbiji

PAMETNA KUĆA™ je domaći robni znak (brend) pod kojim se prodaju sistemi kućne automatike koje je projektovala čuvena svetska firma ***ION SOLUTIONS*** ili sertifikovane i obučene firme distributeri sistema. Više od samog robnog znaka, komercijalnog naziva i tehnološkog rešenja za automatizaciju domaćinstva, PAMETNA KUĆA™ je ime za kompletan koncept modernog domaćinstva i življenja u njemu. Taj koncept se zasniva na potrebi savremene porodice da što kvalitetnije i sadržajnije provede, na žalost, sve kratkotrajnije zajedničke trenutke i slobodno vreme u svom domu.

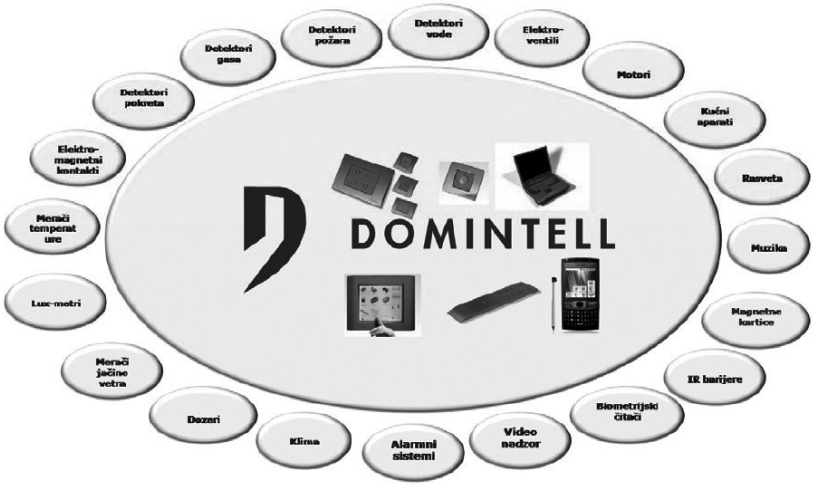
Pored životnog stila, komfora, bezbednosti i sigurnosti stanara, racionalnog korišćenja uvek oskudnih vremenskih resursa, koncept podrazumeva i izgradnju i prisustvo svesti o potrebi za pažljivim i racionalnim iskorišćavanjem energetskih resursa, čija će ekonomska cena biti sve veća, a globalna raspoloživost sve manja, u novom veku.

Zadovoljiti potrebe za kvalitetnijim životom savremenog domaćinstva, a pritom ostvariti značajne energetske uštede, prevashodni je zadatak kućne automatike. Postizanjem optimalnog odnosa između ove dve naizgled korelativne veličine, kućna automatika postiže svoj puni smisao i korisnost.

ION SOLUTIONS na regionalno tržište donosi pažljivo selektovane i testirane komponente (module) renomiranih svetskih proizvođača, koje su ekonomski i tehnološki optimizirane i obogaćene domaćim znanjem, prilagođene specifičnim potrebama korisnika u regionu, sa željom i misijom da poveća nivo kvaliteta stanovanja, uz racionalizaciju energetske potrošnje u zemljama regiona.

Koncept PAMETNA KUĆA™ zasnovan je na korišćenju X10 protokola prenosa upravljačkog digitalnog signala kroz postojeću elektroenergetsku instalaciju, koji je praćen SWT (*Security Wireless Technology*) standardom. Ovaj protokol i standard uz usklađenost sa svim sigurnosnim i bezbednosnim zakonskim normamau najrazvijenijim zemljama, pruža mogućnost da se sistem implementira bez dodatnih i naknadnih građevinskih radova i projektovanja posebne paralelne instalacije, kako na objektima u izgradnji, tako i na stambenim jedinicama koje su već u funkciji. Pokrivajući do 256 različitih uređaja, ovaj princip višestruko smanjuje ekonomsku cenu, uz istovremeno očuvanje i unapređenje funkcionalnosti, značajno povećava broj potencijalnih korisnika i veoma uprošćava samu ugradnju.

Modularni pristup i LEGO™ sistem omogućava nam da uvek možemo da projektujemo optimalan, fleksibilan i integrisan sistem koji će se u potpunosti prilagođavati specifičnom načinu i stilu života, trenutnim aktivnostima raspoloženju i navikama ukućana. Takođe, sistem je potpuno otvoren za eventualnu dalju nadogradnju u slučaju novih potreba, prilagođavanja, reprogramiranja, tako da je obezbeđen uvek 100% stepen iskorišćenja i uvek optimalan odnos između cene i korisnosti sistema.

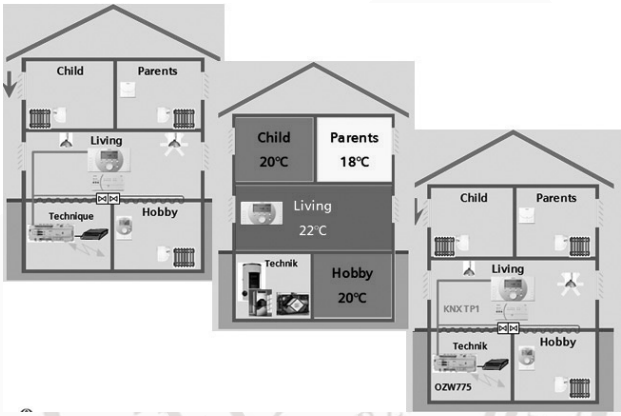


Slika 34. Sistem Domintell

SIEMENS *Synco living*

U drugoj polovini 2006. **Siemensov sektor Tehnike u zgradama** na tržište je plasirao jedinstveno rešenje nazvano ***Synco living*** – sistem automatizacije stana/kuće koji dopušta da se niz raznih tehnoloških sistema poput integracije osvetljenja, roletni/zavesa, sistema ventilacije i sigurnosti, poveže radijem/bežično ili kablovskim interfejsima u jednu celinu, što je ujedno finansijski prihvatljivo rešenje za široku upotrebu.

Synco living pruža modularni sistem koji se korak po korak može prilagoditi potrebama korisnika. Koncept omogućuje da se svaka funkcija može prilagoditi, nadzirati i njome se može upravljati iz centralne jedinice koja se nalazi u stanu ili kući, a koja omogućuje da se temperatura u svakoj pojedinoj prostoriji reguliše pojedinačno.



Slika 35. *Synco living* je modularan sistem

Uz jednostavno prilagođavanje i aktivaciju, još jedna tehnička prednost ovog sistema je mogućnost da korisnici brzo i jednostavno osmisle različite funkcijske scenarije. Tako je moguće programirati scenario za dobrodošlicu, odlazak i za slučaj uzbune – potonji nudi kombinaciju zvučnog alarma i maksimalnog osvetljenja. Najvažniji sigurnosni elementi sistema uključuju upozorenje koje se pojavljuje na centralnom ekranu kada je prozor otvoren i simulirani program koji pali svetla (uključujući i svetla u dvorištu) otvara i zatvara roletne, uključuje prskalice u vrtu kada je kuća prazna itd.



Slika 36. Upravljačka jedinica sistema *Synco living*

Modelovanje energetski efikasnih zgrada

Danas, kada je na tržištu prisutno na desetine programskih paketa koji pružaju mogućnost projektovanja **održivih zgrada** (*sustainable buildings*), prava je jeres ne koristiti ih. Mogućnosti koje nude ovi programi se pružaju praktično u beskonačnost, a većina njih je prilično laka i intuitivna za korišćenje.

Prilika za sve

Kada znamo da se ovakvi programi u svetu koriste u poslednjih desetak godina (a u zemljama liderima u ovoj oblasti i duže), pravo je pitanje zašto njihovo korišćenje nije više prisutno na našim prostorima? Odgovornost je sigurno na prvom mestu na projektantima koji ne pokazuju dovoljno inicijative za ove programe, niti dovoljno upućuju arhitekte u mogućnosti koje ovi moćni alati nude.

Sa druge strane, ni država nije pokazala volju da se uključi u savremene tokove u smislu uštede energije (energetski efikasnih zgrada) i smanjenja emisije CO_2 u vidu subvencija i slično.

Izuzev člana 4. novog **Zakona o planiranju i izgradnji objekta**, gde osim naslova nema ni reči o efikasnosti, nema drugih zakona koji se bave ovom problematikom. Ipak, i pojava ovog šturog člana, izradom kvalitetnih podzakonskih akata, može biti početak jedne pozitivne tendencije.

Iz iskustva koje je primenjivo u većini slučajeva priča ide ovako: arhitekta projektuje objekat, tako što, najčešće, vrlo kasno uključuje projektante drugih struka. Građevinski omotač objekta direktno utiče na mnoge aspekte objekta uključujući: termičku ugodnost, dnevno osvetljenje, blještanje, energetsku efikasnost, potencijal za prirodnu ventilaciju i nivo buke.

Da li ste znali?

Koliko je važan uticaj dnevnog svetla govori i podatak da u Holandiji i Nemačkoj zdravstveni standardi zabranjuju postojanje radnog mesta koje je više od 6 metara udaljeno od prozora.

Baš zato je značajno da od samog početka projekta budu uključeni projektanti svih struka. Koliko imamo zgrada sa fasadom projektovanom da bude energetski efikasna i pruži termičku ugodnost kao osnovne zahteve? Ne mnogo. Veliki broj novih zgrada ima fasade koje su u celini od stakla. Jedine zgrade koje opravdavaju stakleni omotač su staklenici – pravljeni za biljke, a ne za ljude.

Veći deo života provodimo u zgradama, pa bi trebalo i da ih projektujemo tako da su u funkciji korisnika – i sa strane komfora i sa strane utroška energije. Dakle, projektovanje bi trebalo da počne *iznutra, a ne spolja*. Prvi korak treba da bude definisanje uslova koje treba da ispunjava prostor u kome će korisnik boraviti, a zatim se ceo projektni tim

angažuje na razvoju rešenja fasade zgrade koja će najbolje zadovoljiti te uslove – tako da bude i efikasna, ali i atraktivna.

Optimizacija fasade zahteva malo sofisticiraniji pristup od pukog zadovoljenja koeficijenata prolaza toplote. Danas su inženjerima na raspolaganju alati za analizu različitih rešenja fasade kao npr. analiza senke, termičke ugodnosti i analize dnevnog osvetljenja. Ovi alati omogućavaju donošenje odluka na osnovu dobijenih podataka iz simulacija – umesto nagađanjem, i izbegavanje situacije u kojoj se *problem rešava* znatno kasnije (tako što će se npr. predimenzonisati instalacije grejanja i hlađenja).

Pravo na svetlo

U engleskom zakonu, *right to light* **(pravo na svetlo) je pravo koje dugogodišnji vlasnik zgrade sa prozorima ima u smislu zadržavanja nivoa osvetljenja. Naime, vlasnik zgrade sa prozorima koji su bili izloženi dnevnom osvetljenju u periodu od 20 ili više godina ima pravo da zabrani građevinske ili neke druge prepreke koje bi ga lišile dnevnog osvetljenja. Komšije ne mogu graditi ništa što će blokirati dnevnu svetlost bez dozvole.**

Tehnologija proizvodnje prozora jeste napredovala, ali je koeficijent prolaza toplote stakla i dalje 3-5 puta veći od standardnog izolovanog zida. Ne treba zaboraviti ni da su istok, zapad, sever i jug izloženi različitim spoljnjim uticajima tokom dana tako da i fasade različito orijentisane treba da imaju različite karakteristike – zgrada ne mora da izgleda identično sa svake strane.

U stvarnosti se najčešće susrećemo sa objektima čiji je izgled arhitekta osmislio sa vrlo malo osvrta na optimizaciju u smislu energetske efikasnosti.

Trend *staklenih zgrada*, koji je sve prisutniji i u domaćoj arhitekturi, poslednih godina uzima maha, pri čemu niko ne obraća pažnju da li baš kompletna fasada treba da bude od stakla? Da li je zaposlenom na sedmom spratu poslovne zgrade neophodan živopisan pogled dok se saginje ispod stola da napuni mobilni telefon? Da li je dnevna svetlost koja prodire ispod nivoa stola toliko neophodna?

Ukratko: zgrada na prvom mestu treba da bude u funkciji njenih korisnika, pa tek onda na red dolazi atraktivan izgled koji je prodaje. Sa porastom cene svih energenata, sve više korisnika npr. poslovnog prostora mnogo više pažnje će obratiti na to koliki će račun za struju stići na kraju meseca, a manje na privlačnu staklenu fasadu. Kad jednom uđe u zakup prostora – treba tu i da ostane!

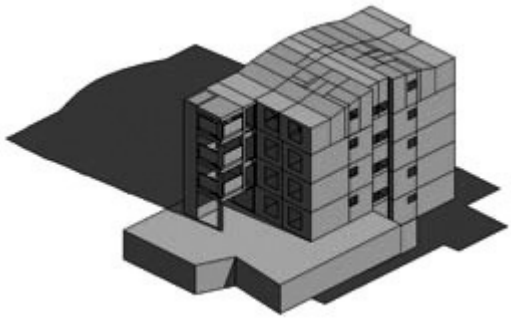
Od A do B

Kao i pri *konvencionalnom* projektovanju inicijator mora biti arhitekta kao vođa projekta. Nakon prvih ideja o objektu, definisanja oblika i orijentacije u vidu početnih skica i osnova, arhitekta treba da uključi konsultanta za analizu dnevnog osvetljenja. Analiza dnevnog osvetljenja kao jedan od prvih koraka u procesu energetske optimizacije objekta ima za cilj definisanje optimalne veličine prozora.

U interesu korisnika je da prozori budu što veći da bi što više dnevne svetlosti (koja je najprijatnija) prodiralo u zgradu i na taj načnin se izbegla upotreba veštačkog svetla kad god je to moguće - što čini značajne uštede u potrošnji energije. Sa druge strane, veličina prozora dominatno utiče na toplotno opterećenje zgrade (zračenje Sunca) u letnjem periodu, tako da bi bilo poželjno da budu što manji.

Izrada 3D modela i analiza dnevnog osvetljenja

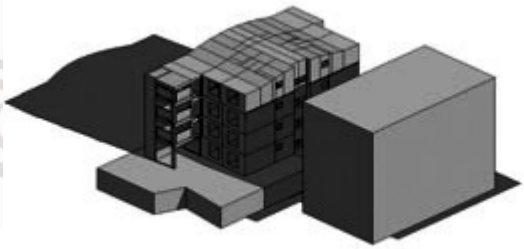
Prema inicijalnim arhitektonskim osnovama, pristupa se, u odgovarajućem programskom paketu, izradi 3D termodinamičkog modela objekta (slika 37.). Zatim se definišu karakteristike zastakljenja važne za analizu dnevnog osvetljenja, na prvom mestu koeficijent zasenčenja. To je optička veličina koja pokazuje količinu svetlosti koja biva propuštena kroz staklo.



Slika 37. Prikaz analize uticaja sunca na senku 3D termodinamičkog modela (21. Mart, 09:00)

Nakon toga se u model unose i postojeći okolni objekti, ukoliko postoje, zbog njihovog potencijalnog uticaja na intenzitet dnevnog osvetljenja u objektu (slika 38.).

Prema standardima i preporukama se za date vrste prostora (vidi tabelu 2.) usvaja željeni nivo dnevnog osvetljenja i vrši se analiza svake prostorije koja je od interesa. Softver može vršiti analizu za bilo koji datum i sat, tako da je u ovoj fazi najveća nedoumica za koji se trenutak u toku godine opredeliti.



Slika 38. Prikaz uticaja postojećeg objekta novoprojektovani (21. Mart, 09:00)

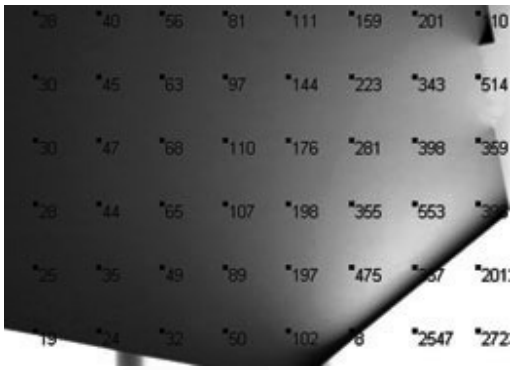
Kao očigledni *projektni* dani nameću se svakako 21. jun i 21. decembar. Rezultati analize za ova dva datuma će dati maskimalan, odnosno minimalan nivo dnevnog osvetljenja.

Pored toga što dnevno osvetljenje varira tokom godine, varira i tokom dana. Prostorije orijentisane ka istoku dobiće najviše svetla ujutru, a prostorije orijentisane ka zapadu – popodne.

Program takođe omogućuje i izbor vremenskih prilika – tako da su na raspolaganju različite opcije: oblačan dan, sunčan dan, *čisto* nebo itd. Program može vršiti analizu za

ravan koja je na bilo kojoj visini od površine poda – najčešće se analiza radi za standardnu vrednost 0.8m (standardna visina radnog stola).

Nakon odabira svih parametara pristupa se simulaciji dnevnog svetla za određenu prostoriju. Simulacija obično traje petnaestak minuta za standardne prostore, dok za komplikovanije geometrije može da traje i sat vremena.



Slika 39. Analiza dnevnog osvetljenja za spavaću sobu: čisto nebo (21. Mart, 15:00h)

Na slici 39. prikazan je rezultat analize dnevnog osvetljenja za jednu sobu, koja će istovremeno biti i radna i spavaća. Vidimo da su vrednosti dnevnog osvetljenja uz prozor gde će biti radni sto, preko 300 lux-a što je dovoljno za čitanje i pisanje, dok je intenzitet dnevnog svetla u ostatku sobe, i na mestu gde će biti krevet oko 100 lux-a, što je sasvim dovoljno.

U slučaju da je nivo osvetljenja bio nedovoljan na mestu radnog stola ili ostatku sobe, opet se vraćamo na model i modifikujemo ga tako što – ili povećavamo veličinu prozora, ili se uvodi dopunski prozor na istom ili drugom zidu (ili krovu – ako je to moguće), a postojeći se po potrebi i smanjuje.

Postupak se ponavlja dok se ne dobiju željene veličine intenziteta dnevnog svetla na radnoj površini. U toku optimizacije, mogu se varirati i vrednosti koeficijenta zasenčenja zastakljenja po potrebi (Tabela 2.).

Tabela 2. – Preporučene vrednosti nivoa osvetljenja za neke karakteristične prostore

prolazi: – sporedni i malo frekventni prolazi – sporedne podrumske prostorije i nusprostorije bez posebne namene	60 lux
prolazi: – glavni i frekventni prolazi – hodnici i stepeništa – kotlarnice i toplotne – podstanice	120 lux
radne prostorije: – radionice – biblioteke – čitaonice	300 lux
spavaće sobe: – opšte osvetljenje – uzglavlje	50 lux 200 lux
dnevne sobe: – opšte osvetljenje – čitanje, šivenje	100 lux 500 lux
radne sobe	300 lux
dečije sobe	100 lux

Analiza se može vršiti i za prostore koje nemaju prozor, tako što će se razmatrati uticaj uvođenja dnevnog svetla posredstvom *svetlosnih tunela* (solar tubes).

Po završetku analize dnevnog svetla pristupa se analizi omotača objekta.

Optimizacija građevinskog omotača

Analiza se obavlja u nekoliko koraka. Prvo je neophodno definisati početne vrednosti za: vrstu i debljinu svih slojeva spoljnjih i unutrašnjih zidova, poda i krova, tip i vrstu zastakljenja – dakle, definisati sve elemente omotača zgrade njihovim fizičkim veličinama. Sa ovim inicijalnim vrednostima će se ući u analizu.

Za svaku prostoriju je neophodno definisati temperaturu leti i zimi kao i željeni broj izmena vazduha. Program nudi i mogućnost unošenja broja ljudi koji borave u svakoj od prostorija kao i količine toplote koje oni odaju. Projektant elektro instalacija obezbeđuje podatke o količini odavanja toplote osvetljenja i svih drugih električnih uređaja u sobi.

Zatim se unose i režimi rada osvetljenja – od koliko do koliko sati se očekuje da će svetlo biti uključeno, kao i režimi boravka ljudi – u kom periodu će ljudi boraviti u prostoriji. Kada se svi navedeni parametri definišu može se pristupiti termodinamičkoj simulaciji ponašanja objekta.

Za ovu vrstu analize neophodni su i meteorološki podaci za mesto gradnje objekta – datoteka meteoroloških podataka (weather file). Ova datoteka sadrži različite časovne podatke relevantne za datu lokaciju: temperaturu po suvom i vlažnom termometru, relativnu vlažnost, brzinu i pravac vetra, sunčevo zračenje itd. – sve podatke koje program uzima u obzir pri proračunu.

Za većinu svetskih gradova ova datoteka meteoroloških podataka već je uključena u program. Beograd nije na spisku, ali meteorološki fajl za Beograd, kao i za mnoge druge svetske gradove kojih eventualno nema, može se besplatno preuzeti sa sajta http://www.eere.energy.gov/ (U.S. Department for Energy – Ministarstvo energetike SAD).

Rezultat ove simulacije je izveštaj koji sadrži potrošnju energije na godišnjem nivou, kao i potrebnu količinu toplote za grejanje zimi i hlađenje leti. Zatim se parametri koji su za dati objekat od interesa (na primer debljina izolacije spoljnih ili ukopanih zidova, propustljivost sunčevog zračenja prozora i sl.) menjaju, a proces simulacije ponavlja.

Cilj ovog iterativnog postupka je da se tačno uvidi kojim će se merama postići koje, i što je još značajnije, kolike uštede. Sa druge strane, ušteda u eksploataciji treba da dâ podatak i o opravdanosti investicije. Drugim rečima: lako ćete ubediti investitora da treba da ugradi izolaciju veće debljine ili prozore boljih karakteristika ako pred njega izađete sa konkretnim podacima o uštedi.

Zaštita od sunčevog zračenja

Da bi si smanjila potrošnja energije potrebna za održavanje termičkih uslova ugodnosti neophodno je inkorporirati određene *prepreke* (tzv. brisoleji – *brise soleil*) u fasadu. Uloga ovih prepreka je da propuštaju sunčevo zračenje zimi kada je to poželjno, a sprečaju prodor direktnog sunčevog zračenja leti (dovodi do pregrevanja prostrorija u zgradi) istovremeno propuštajući dovoljno dnevne svetlosti u prostor.

Postavljanje prepreka na ispravan način jedna je od vrlo efikasnih a malo investiciono

zahtevnih mera. Prepreke mogu biti u vidu ploča, rebara i sl., a uticaj na zgradu se može ustanoviti varijacijom ugla i odstojanja od fasade pod kojim se postavljaju i ponavljanjem simulacije. Moguća je ugradnja i pokretnih prepreka, kada se preko odgovarajućih senzora i automatike pomeraju tako da uvek obezbeđuju dovoljno dnevnog svetla, ali i štite od sunčevog zračenja i preteranog upada dnevnog svetla – blještanja.

Neka od opštih pravila za postavljanje prepreka su: da na istočnoj i zapadnoj fasadi budu vertikalne da bi mogle da štite fasadu od sunca koje je pod *niskim uglom* (ujutru i predveče), dok se na južnoj fasadi preporučuju horizontalne prepreke.

Da bi prepreke na pravi način obavljale svoju funkciju, u fasadu ih treba inkorporirati na način da štite od sunčevog zračenja, ali da ne blokiraju pogled i prodor dnevne svetlosti. Kada se sa arhitektom usaglasi početni oblik i raspored prepreka, pristupa se njihovoj implementaciji u 3D termodinamički model.

Variranjem oblika i veličine prepreka dolazi se do optimalnog rešenja. Na kraju, dobijanje bilo kakvih rezultata o uštedi energije primenom ove mere kao i poređenje dobijenih rezultata za različite paramtere je nemoguće bez primene programskih alata za energetske dinamičke simulacije.



Slika 40. Vertikalne prepreke na istočnoj fasadi



Slika 41. Horizontalne prepreke na istočnoj fasadi

Efikasni sistemi

Analiza se, dalje, može sprovoditi i poređenjem efikasnosti različitih sistema grejanja i hlađenja. Moguće je vršiti provere korišćenja npr. geotermalnih, zemnih ili vazdušnih toplotnih pumpi, pa uporediti potrošnju energije ako se kao osnovni energent koristi struja ili gas. Kako je cena struje u Srbiji trenutno 3-4 puta manja od realne tržišne cene u svetu, svaka analiza ove vrste u Srbiji je još uvek apsurdna jer je njen rezultat očigledan – najefikasnije je grejati se na struju?!

Analiza strujanja

Ono što neki od ovih programskih paketa takođe nude je i tzv. CFD (C*omputational Fluid Dynamics*) – numerička analiza strujanja. Ovaj alat se u projektovanju instalacija prvenstveno koristi za simulaciju strujanja vazduha u prostoru i ima za rezultat raspodelu brzina i temperatura vazduha u prostoru radi npr. postizanja najvišeg nivoa termičke ugodnosti korisnika.

Uz pomoć ovog alata moguće je npr. razmatrati primenu korišćenja prirodne dnevne i noćne ventilacije. Pored toga, CFD se može koristiti i za mnoge druge namene – ali to je već tema za sebe.

Priliku, koju projektanti imaju za poboljšanje energetske efikasnosti novoprojektovanih (ali i postojećih!) objekata, uz pomoć programskih paketa, treba koristiti i promovisati jer omogućuju značajne uštede utroška energije kao i kreiranje prostora koji će biti ugodan za korisnike.

Najavljeno poskupljenja struje, koje će cenu struje približiti svetskom nivou, sigurno je i motiv više. Može se očekivati i od države, da podrži energetski efikasne zgrade, kroz različite vrste olakšica, koje bi zasigurno dovele do masovnije upotrebe ovih programa.



OSNOVNO O OSVETLJENJU

Svetlost, kao izuzetno važna komponenta ljudskog okruženja, definitivno je od presudne važnosti za osećaj ugodnosti i sigurnosti u svakodnevnom životu. Osim ambijentalne rasvete okruženja našeg doma i rasveta gradskih površina, takođe ima veliku ulogu u tom kontekstu. Ovde će biti reči o nekim osnovnim parametrima rasvete.

Budući je pojam svetla direktno vezan uz sposobnost vida i vizuelne percepcije, osnove koncepcije javne rasvete, svakako leže u fizičkim veličinama vezanim uz svetlo i vid.

Javna rasveta svakog grada, projektuje se u kontekstu nekoliko parametara. Na prvom mestu je svakako količina i trajanje prirodnog dnevnog svetla. Slede estetsko funkcionalni parametri. Uz to, ne manje važna, je pasivna sigurnost građana a posebno sigurnost u saobraćaju. Slede ekonomsko tehnički parametri, koji određuju predviđene tehnologije za izvedbu sistema i diktiraju racionalnost i maksimalne moguće uštede. Krucijalno mesto među parametrima ima svakako i zaštita okruženja, odnosno sprečavanje bilo koje vrste zagađenja.

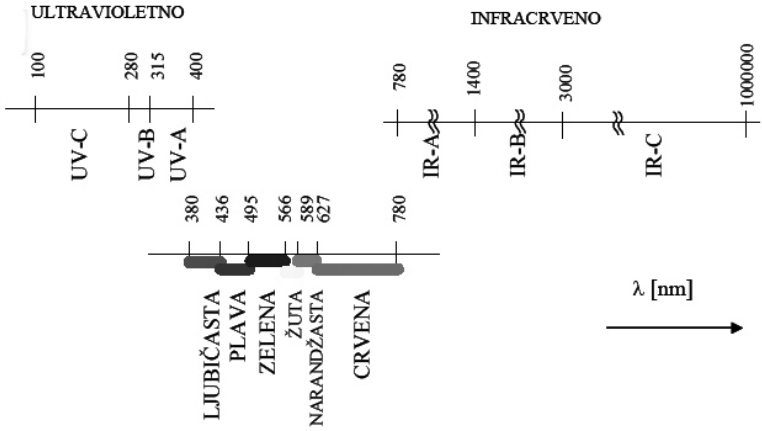
Iz prethodnih navoda, jasno je da se radi o izuzetno složenom sistemu, ma koliko se na prvi pogled činio jednostavnim. Posebno u kontekstu ispravnog projektovanja javne rasvete, koja se deli na drumsku i gradsku, od presudne je važnosti uzimanje u obzir svih činilaca.

Izrazom „svetlo" označava se svako zračenje, koje izaziva neposredno vidljivo opažanje.

Svetlo je u osnovi zračena ili reflektovana energija, koja stigne u ljudsko oko i koja se u organu vida (oko, vidni živac, deo mozga) pretvori u čulno opažanje i osećaj svetlosti (utisak o jačem ili slabijem zračenju) i boje. Svetlo se može posmatrati na dva načina, i to u:

- fizikalnom smislu,
- čulnom smislu.

Zračenje je u fizikalnom smislu definisano kao emisija ili prenos energije u obliku elektromagnetskih talasa ili čestica. Spektar elektromagnetskog zračenja je širok i rasprostire se od kosmičkih zračenja do tehničkih naizmeničnih struja. Pregled spektra zračenja prikazan je na slici 1. Pojedina zračenja se dakle međusobno razlikuju samo po različitim talasnim dužinama odnosno po frekvencijama.



Slika 1. Elektromagnetski spektar

U kontekstu rasvete koristi se vrlo usko područje spektra elektromagnetskog zračenja (područje talasnih dužina između 10^{-7} i 10^{-3} m), koje se naziva „optičko zračenje". Ljudsko oko registruje područje spektra između 380 nm i 780 nm (u svetlotehnici se za označavanje talasnih dužina zračenja upotrebljava jedinica nanometar: 1 nm = 10^{-9} m); taj interval elektromagnetskog zračenja se naziva vidljivo zračenje (svetlo).

Moderna fizika pripisuje svakom zračenju dvojnu (dualističku) karakteristiku: pri interakciji s čvrstom materijom, zračenje se manifestuje kao čestice (fotoni), dok se pri širenju prostorom, manifestuje kao elektromagnetsko talasno širenje energije. U tom smislu, fizika tretira emisiju svetlosnog zračenja iz dva aspekta, aspekta kvantne teorije (čestica) i aspekta talasne teorije (energija).

Izraz „optičko zračenje" označava područje spektra etektromagnetskog zračenja, koje se koristi u kontekstu svetlotehničkih relacija.

U sklopu celokupnog spektra elektromagnetskih zračenja, koji se rasprostiru od kosmičkih zračenja do tehničkih naizmeničnih struja, samo relativno usko područje talasnih dužina, 102 do 108 nm, zauzima optičko zračenje (slika 1.).

Spektar optičkog zračenja deli se na 3 područja:

- ultraljubičasto zračenje,
- vidljivo zračenje (svetlo),
- infracrveno zračenje (toplota).

Ljudsko oko registruje samo vidljivi deo spektra, dok ultraljubičasto i infracrveno zračenje ne primećuje. Ultraljubičasto zračenje graniči s vidljivim zračenjem u zoni kraćih talasnih dužina, dok je infracrveno zračenje u zoni većih talasnih dužina optičkog zračenja.

Tabela 1.: Kategorije optičkog zračenja

Kategorija zračenja	**Područje zračenja [nm]**
ULTRALJUBIČASTO ZRAČENJE (UV)	100-400
UV-C zračenje	100-280
UV-B zračenje	280-315
UV-A zračenje	315-400
VIDLJIVO ZRAČENJE (SVETLO)	380-780
Boja svetla:	
ljubičasta	380-436
plava	436-495
zelena	495-566
žuta	566-589
narandžasta	589-627
crvena	627-780
INFRACRVENO ZRAČENJE (IR)	780-106
IR-A zračenje	780-1400
IR-B zračenje	1400-3000
IR-C zračenje	3000-106

1 nanometar [nm] = 10^{-9} [m] ;1 nanometar [nm] = 10^{-6} [mm] ;1 milimetar [mm] = 10^{6} [nm]

Sve navedene tri vrste zračenja ponašaju se podjednako: ona se na isti način mogu proizvoditi izvorima zračenja, mogu se optičkim sredstvima upravljati i skretati, mogu biti registrovana i merena.

Vidljivo zračenje

Vidljivo zračenje ljudsko oko percipira kao svetlo i u stanju ga je razlikovati po boji i svetlini. Kraćim talasnim dužinama odgovara ljubičasti kraj, a dužim, crveni kraj spektra. Vidljivo zračenje (svetlo) koje sadrži sve talasne dužine, ljudsko oko percipira kao svetlost bele boje (beta svetlost).

Ultraljubičasto zračenje

Granice spektra ultraljubičastog zračenja nisu precizno definisane; prihvaćeno je da se deo spektra između 100 do 400 nm odnosi na ultraljubičasto zračenje.

Iz praktičnih razloga UV-zračenje se deli na 3 uža područja: UV-A zračenje (315 - 400 nm), UV-B zračenje (280 - 315 nm) i UV-C zračenje (100 - 280 nm).

UV-A zračenje pobuđuje luminiscentne, fotobiološke i fotohemijske procese i zbog toga se primenjuje u industriji, medicini i sl. Ovo zračenje potamnjuje ljudsku kožu, odnosno pobuđuje pigmente u ljudskoj kože na promenu boje, ali ne izaziva njene upale.

UV-B zračenje prouzrokuje crvenjenje kože (*erythem*) kao i pigmentiranje kože (tamnjenje kože). Isto tako, ovo zračenje utiče na stvaranje tzv. antirahitičnog vitamina D2 u ljudskom organizmu. Stoga se ovo područje UV-zračenja upotrebljava uglavnom u medicini za terapeutske svrhe (npr.: „veštačko sunce").

UV-C zračenje pocrvenjuje i potamnjuje ljudsku kožu i može biti štetno za oči jer izaziva upalu (*conjunctivitis actinica*). Ovo područje je od naročite važnosti kod nekih izvora svetla koji deluju na principu pražnjenja i gdje se UV-C zračenje pomoću fluorescentnog praha, posebnog sastava, pretvara (transformiše) u vidljivo svetlo. Za područje talasnih dužina između 250 i 265 nm značajno je vrlo jako baktericidno (uništavanje bakterija) delovanje; zračenja talasnih dužina ispod 200 nm stvaraju ozon.

Infracrveno zračenje

Granice spektra infracrvenog zračenja, takođe, nisu precizno definisane; uopšteno se može reći kako je područje od 780 nm do 1 mm (106 nm), područje infracrvenog zračenja. Iz praktičnih razloga IR-zračenje podeljeno je na 3 uža područja: IR-A zračenje (780 - 1400 nm), IR-B zračenje (1,4 - 3 μm), i IR-C zračenje (3 μm - 1 mm).

Infracrveno zračenje za ljudsko oko nije vidljivo, dok ga naša koža oseća kao toplotu. Ovo zračenje prodire kroz vakuum ili kroz čisti vazduh skoro bez primetnih gubitaka energije. U slučaju da zračenje pogodi neki predmet (objekt), energija zračenja se apsorbuje i pri tome pretvara u toplotu.

Od svih gore navedenih područja IR-A zračenje ima najjače toplotno delovanje. Zato se ova vrsta zračenja primenjuje kod „termičkih izvora", koji se koriste u industriji (za zagrejavanje i žarenje, za pečenje emajlnih lakova, za isparavanje i sušenje itd.).

Spektar vidljivog zračenja

Elektromagnetska zračenja se međusobno razlikuju po talasnim dužinama odnosno po frekvencijama, iz kojih su sastavljena. Pritom neko zračenje može biti sastavljeno samo iz 1 talasne dužine (frekvencije) ili pak iz većeg broja talasnih dužina (frekvencija). Tako razlikujemo:

- monohromatska zračenja,
- sastavljena (kompleksna) zračenja.

Monohromatska zračenja imaju samo jednu talasnu dužinu. U proširenom smislu to je zračenje vrlo uskog dela spektra, npr. samo 10 nm, koje se može označiti samo jednom srednjom talasnom dužinom.

Sastavljena zračenja sadrže komponente nejednakih talasnih dužina. Kod te vrste zračenja razlikujemo: kontinuirana i nekontinuirana zračenja. Kontinuirana zračenja su sastavljena zračenja većeg područja u kom učinak zračenja nigde ne pokazuje skokove. Ako skokovi postoje, govorimo o nekontinuiranom zračenju.

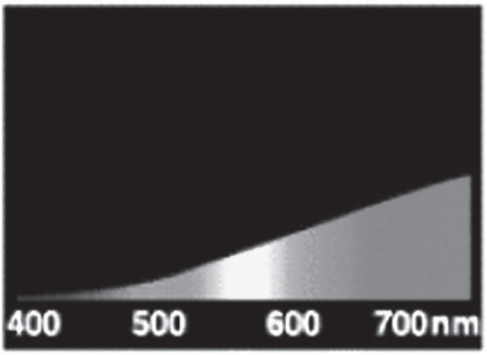
Spektar je pojam, koji se upotrebljava kada se žele prikazati udeli talasnih dužina od kojih je neko zračenje sastavljeno.

Spektar vidljivog zračenja (svetla) najprikladnije se prikazuje pomoću loma svetlosnih zraka na nekom medijmuu (prizma, sočivo, vodena kap i sl.); pritom se kratkotalasno zračenje lomi jače nego dugotalasno. Najpoznatiji primer optičkog prikaza vidljivog spektra je dûga.

Vrste spektra

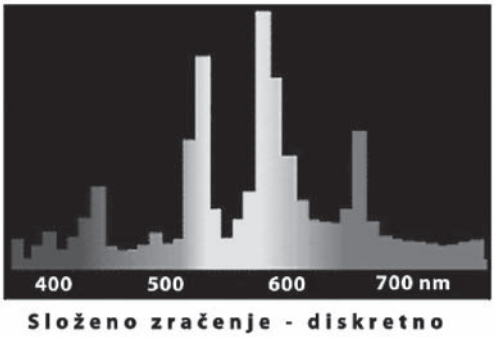
S obzirom na sastav zračenja razlikuju se dve osnovne vrste spektra, kontinuirani spektar i linijski spektar.

Kontinuirani spektri imaju blage prelaze između pojedinih spektralnih područja (npr. kao kod duge). Grafički se to prikazuje jednom krivuljom bez skokova (slika 2.). Tok zračenja nekog područja talasnih dužina je tada proporcionalan površini ispod krivulje između graničnih vrednosti tog područja zračenja.



Slika 2. Kontinuirani spektar

Linijski spektri prikazuju se jednom spektralnom linijom ili s više međusobno ograničenih spektralnih linija koje ponekad potiču od nekog određenog monohromatskog zračenja. Takve spektralne linije prikazuju se grafički u obliku uskih pravougaonika (vertikalnih), kod kojih je veličina površine proporcionalna toku odgovarajućih zračenja (slika 3.). Širina takvog pravougaonika najčešće odgovara jednom intervalu talasne dužine od 10 nm. Vrlo često se umesto vrednosti fluksa (toka) zračenja, spektar



Slika 3. Linijski spektar

zračenja prikazuje pomoću relativne spektralne raspodele energije zračenja. Pritom se najčešće uzima 555 nm kao 100 % neke vrednosti ili kao 1, a sve ostale vrednosti prikazuju se relativno njoj. Na taj način se istovrsna zračenja, koja se razlikuju samo po intenzitetu, prikazuju istim krivuljama.

Vrednovanje spektra vidljivog zračenja

Svetlosni utisak o određenom izvoru svetla ne zavisi samo od fluksa zračenja tog izvora, nego pre svega od raspodele fluksa zračenja.

U relaciji s talasnom dužinom, različiti monohromatski svetlosni nadražaji izazivaju različite svetlosne utiske. Tako npr. ljudsko oko oseća, za istu snagu izvora svetla, monohromatski svetlosni podražaj kod talasne dužine $\lambda = 555$ nm kao znatno svetliji, no što je to slučaj kod monohromatskog podražaja kod talasne dužine 400 ili 700 nm. Zračenja izvan područja vidljivog spektra (380-780 nm) uopšte ne izazivaju svetlosni utisak, iako mogu biti čak i škodljiva za ljudsko oko.

Za vrednovanje stepena svetlosnog utiska energetski jednakih spektara, uveden je pojam „relativna svetlosna osetljivost monohromatskog zračenja talasne dužine" (u nastavku: relativna svetlosna osetljivost). Ta je veličina definisana kao odnos fluksa zračenja kod talasne dužine λ prema fluksu zračenja kod talasne dužine λm; pri tome je λm ona talasna dužina, kod koje je vrednost tog odnosa najveća (relativna svetlosna osetljivost), a jednaka je 1.

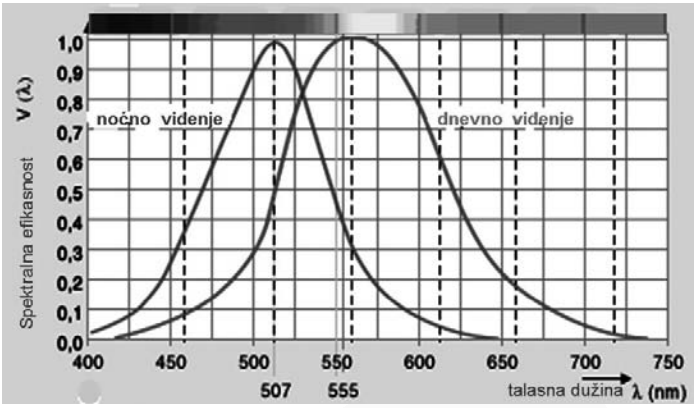
Međunarodna komisija za rasvetu (**Commission Internationale de l'Eclairage** - u nastavku: **CIE**) je za fotometrijski normalnog posmatrača (normalno ljudsko oko) definisala 2 vrste relativne svetlosne osetljivosti: relativnu svetlosnu osetljivost kod fotopskog (dnevnog) viđenja - $V(\lambda)$ i relativnu svetlosnu osetljivost kod skotopskog (noćnog) videnja - $V'(\lambda)$.

Relativna svetlosna osetljivost prikazuje se obično dijagramom, funkcijom talasnih dužina (λ) u području vidljivog zračenja. Taj dijagram nazivamo „kriva relativne svetlosne osetljivosti", a vrlo često se označava i kao „kriva spektralne osetljivosti ljudskog oka". CIE je u međunarodnom rečniku za rasvetu (Publication No. 17-1970, str. 51) u tabelarnom obliku definisala 2 krive, i to:

- krivu spektralne osetljivosti ljudskog oka kod fotopskog viđenja - $V(\lambda)$ kriva,
- krivu spektralne osetljivosti ljudskog oka kod skotopskog viđenja - $V'(\lambda)$ kriva.

Ove krive su u obliku dijagrama prikazane na slici 4. $V(\lambda)$-kriva se odnosi na oko prilagođeno svetlu i vredi za uslove fotopskog (dnevnog) viđenja. Kriva postiže svoj maksimum $V(\lambda) = 1$ kod talasne dužine $\lambda m = 555$ nm (slika 4.).

$V'(\lambda)$-kriva se odnosi na oko prilagođeno na mrak, a vredi za uslove skotopskog (noćnog) viđenja. Kriva postiže svoj maksimum $V'(\lambda) = 1$ kod talasne dužine $\lambda m = 507$ nm (slika 4.). Kriva relativne svetlosne osetljivosti za uslove mezopskog viđenja (viđenje u sumraku) nije definisana.



Slika 4. Krivulje spektralnih osetljivosti

Treba upozoriti, da su svi fotometrički instrumenti, a posebno luksmetri, baždareni na temelju V(λ)-krive.

Proizvodnja vidljivog zračenja

Kao i svako elektromagnetsko zračenje tako je i vidljivo zračenje (svetlo) povezano s emitovanjem energije tela, koje zrači. Prema zakonu o održanju energije, svako emitovanje energije mora se nadomestiti dovodom energije. To znači da svakom izvoru svetla, koji zrači, treba privoditi energiju; kod svetlosnih izvora, koji se koriste u svetlotehnici, to je isključivo električna energija.

Kod veštačkih izvora svetla vidljivo zračenje proizvodi se načelno na 2 načina, i to na principu:

- termičkog zračenja,
- luminiscentnog zračenja.

Termičko zračenje

Sva čvrsta tela, gasovi i tečnosti usled svoje toplote emituju energiju, i to u obliku elektromagnetskog zračenja. Ono je jače što je veća temperatura tela, gasa ili tečnosti. Svako zračenje koje nastane na ovaj način naziva se termičko zračenje. Ono je s fizikalnog gledišta definisano kao elektromagnetsko zračenje, kog izaziva termičko kretanjee čestica (atoma, molekula, iona i sl.).

Izvori termičkog zračenja kod nižih temperatura zrače samo toplotu (infracrveno zračenje), dok kod viših temperatura zrače i talasne dužine vidljivog spektra (svetlo).

Među tehničke izvore svetla, koji deluju na principu termičkog zračenja, ubrajamo sijalice/žarulje (izvori sa užarenim vlaknom) a crni izvor služi samo kao etalon za poređenje pri opisivanju svetlosti raznih izvora.

Luminescentno zračenje

Nazivom luminescentno zračenje označavaju se sva ona zračenja koja nisu termička zračenja i koja se bitno razlikuju od načina emitovanja energije crnog izvora. U fizikalnom smislu luminescentno zračenje definisano je kao pojava pri kojoj neka materija/supstanca emituje elektromagnetsko zračenje, čija je jačina za određene talasne dužine ili za mala spektralna područja veća od termičkog zračenja pri istoj temperaturi te materije. Poznato je više oblika luminescentnog zračenja, kao npr.: fotoluminescencija, elektroluminescencija, hemiluminescencija, triboluminescencija i sl. Kod proizvodnje svetla najznačajniji je onaj oblik luminescentnog zračenja koji nastaje pri izbijanju u gasovima, metalnim parama ili smesi gasova i para.

Postanak luminescentnog zračenja kod izbijanja u gasovima ili metalnim parama može se protumačiti na sledeći način:

Svaki atom gasa ili metalne pare je prema Borovom atomskom modelu sačinjen od atomskog jezgra i plašta elektrona. Elektronski plašt se sastoji od tzv. ljuski; svaka ljuska se može zamisliti kao putanja po kojoj kruže elektroni oko atomskog jezgra. Ipak elektroni ne mogu oko jezgra da kruže po proizvoljnoj putanji, već samo po tzv. stacionarnim ili "kvantnim" putanjama, koje su specifična karakteristika atomskog sastava svakog gasa ili metalne pare. Dok elektroni kruže po tim putanjama, oni ne zrače energiju. Uz atome u svakom gasu ili metalnoj pari postoje takođe tzv. "slobodni elektroni" ili pozitivno nabijene električne čestice (ioni) koji isto tako ne emituju energiju. Pod uticajem električnog polja počinju se slobodni elektroni i ioni pomicati i na svom putu pogađaju atome gasa ili pare; posledica tih sudara je "pobuđivanje" atoma. To je pojava kod koje elektron u atomu gasa usled sudara skoči iz kvantne (unutrašnje) putanje na spoljašnju putanju čiji je energetski nivo veći. Ipak izbijeni elektron ne ostaje na toj putanji, nego se vrlo brzo opet vraća na prvobitnu putanju (s nižim energetskim nivoom). Kod tog skoka se oslobađa elektromagnetska energija, koju atom emituje (isijava) u obliku svetlosnog kvanta - fotona. Energija fotona je jednaka razlici energije koja pripada obema putanjama. Budući da su kod svakog gasa ili metalne pare, te putanje i njima pripadajući energetski nivoi precizno definisani, (značajni za gas ili paru), kod pražnjenja nastaju samo fotoni određene energije i određene talasne dužine. To znači da u spektru zračenja svakom tako nastalom fotonu načelno odgovara samo jedna spektralna crta (linija); iz toga proizlazi da je za pojavu izbijanja u gasovima ili metalnim parama značajan linijski spektar. Spektralne linije, koje pritom nastaju, mogu se znatno razlikovati i u osnovi su u relaciji s hemijskim sastavom gasa ili pare, a ne dovedenom električnom energijom.

Za neke gasove i uparene metale je značajno da kod pražnjenja emituju veći deo zračene energije u ultraljubičastom (nevidljivom) delu spektra. To se zračenje zatim transformiše u vidljivo zračenje upotrebom tzv. "luminescentne materije" (ponekad se nazivaju "fluorescentne materije"). Ove materije imaju osobinu transformacije kratkotalasnog zračenja u dugotalasno (npr.: u zračenje u vidljivom području spektra). Opisana pojava naziva se fotoluminescencija i koristi se kod fluorescentnih cevi, ali i kod drugih izvora koji rade na principu izbijanja.

Svetlo i boje

Vidljivo zračenje (svetlo) ljudsko oko ne percipira samo prema svetloći (sjajnosti) nego i prema bojama. Svako fizikalno definisano vidljivo zračenje (određene jačine i spektralnog sastava) pobudi u vidnom organu fiziološki osećaj boje, koji se naziva "podražaj boja". Pri tome je u principu svejedno da li se radi o zračenju svetlosnog izvora (boja svetla) ili pak o zračenju osvetljenog objekta (boja tela). Ako se, naime, osvetljava neki obojeni objekt (predmet), on će deo svetla propustiti ili odbiti (reflektovati); to propušteno ili reflektovano "modulirajuće zračenje" prouzrokovaće u organu vida osećaj boja. Znači, boja objekta može nastati samo pri svetlu (veštačkom ili prirodnom) i ona u osnovi zavisi od spektralnog sastava svetla koje predmet osvetljava. Iz toga proizlazi da neki objekt može poprimiti različite boje kada se osvetljava svetlom različitih boja.

Pojam "boja" treba razmatrati u čulnom (subjektivnom) smislu ili pak u fizikalno-matematičkom smislu. U nastavku će boje biti razmatrane samo s fizikalnog stanovišta; s time u svezi će biti ukratko opisani:

- kolorimetrijski sistem CIE,
- temperatura boje,
- reprodukcija boje.

Kolorimetrijski sistem CIE

Boje razlikujemo pomoću tri vrste receptora; svaki od njih najjače reaguje na neku spektralnu komponentu svetlosti. Znamo da se radi o crvenim, zelenim i plavim primarima. Kako svaki primar reaguje i na svetlost talasne dužine bliske glavnoj, ali različitim intenzitetom, superpozicijom reakcija tri primara možemo da odredimo o kojoj se boji, odnosno delu spektra radi.

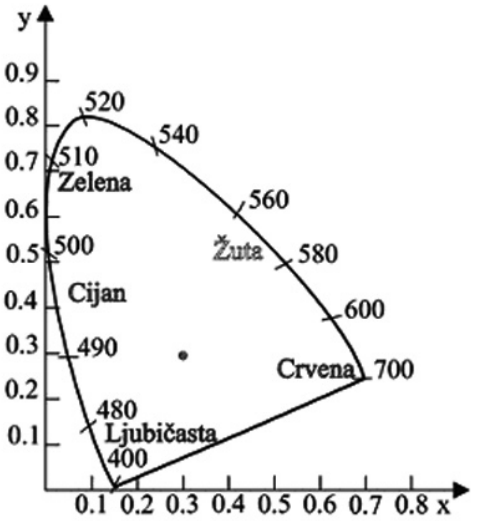
Nažalost, ovakav sistem sam po sebi ne može da razlikuje svetlost jedne jedine vidljive talasne dužine od svetlosti sastavljene od većeg broja komponenti, od kojih ni jedna ne mora da bude jednaka prvo pomenutoj. To nam smanjuje raznovrsnost boja koje možemo videti, ali nam olakšava projektovanje uređaja za reprodukciju boja jer sve što se može videti možemo predstaviti preko tri primarne boje.

Kvantitativnim vrednovanjem boja bavi se nauka koja se naziva kolorimetrija (merenje boja).

Kolorimetrija koristi za označavanje boja poseban trihromatski sistem, koji omogućava ostvarenje svake boje aditivnim mešanjem triju prikladno izabranih podražaja boja. Trihromatski sistem, koji je međunarodno prihvaćen, naziva se "standarni kolorimetrijski sistem CIE".

Da bi se došlo do univerzalnog predstavljanja boje, treba pronaći komponente koje mogu da opišu sve boje koje čovek može da vidi. Tako je CIE (C*ommission Internationale de L'Eclairag*e) predložila XYZ sistem, u kome je Y luminansa, a X i Z dodatne komponente koje opisuju boju. Spektralne raspodele ili karakteristike X i Z komponenti su takođe propisane od strane CIE.

Radi jednostavnijeg korišćenja, uveden je i sistem sličan XYZ, a to je xyz u kojem svaka komponenta može da ima vrednost od 0 do 1, a x+y+z je uvek 1 (x=X/(X+Y+Z), y=Y/(X+Y+Z), z=Z/(X+Y+Z)). Kako je zbir uvek isti, dovoljno je znati dve komponente da biste izračunali treću. Takođe se koristi i xyY, gde su x i y isti kao kod xyz, a Y opet predstavlja luminansu.Ovakav sistem može da predstavi nadskup onoga što čovek vidi. Vrednosti ne zavise od upotrebljenog uređaja, a mogu obeležiti apsolutno sve što je vidljivo.



Slika 5. Dijagram hromaticiteta

Dijagram hromaticiteta CIE dobija se normalizovanjem vrednosti X, Y i Z, tj. deljenjem s njihovim zbirom (X+Y+Z), te projekcijom skupa tačaka vidljivih boja iz prostora xyz (gde su x, y i z normalizovane vrednosti veličina X, Y, i Z) na ravan xy. Zbog normalizacije boje u dijagramu zavise samo od dominantne talasne dužine i zasićenja, a ne i od količine svetlosne energije.

Sve vidljive boje smeštene su na rubu i u unutrašnjosti zatvorene krivulje. Spektralno čiste boje, odnosno talasne dužine, odgovaraju tačkama smeštenim na luku u smeru kazaljke na satu. Bela svetlost odgovara tački u sredini.

Za označavanje karakteristike boje nekog zračenja, koristi se pojam "obojenost". Obojenost se vrednuje tzv. trihromatskim koordinatama.

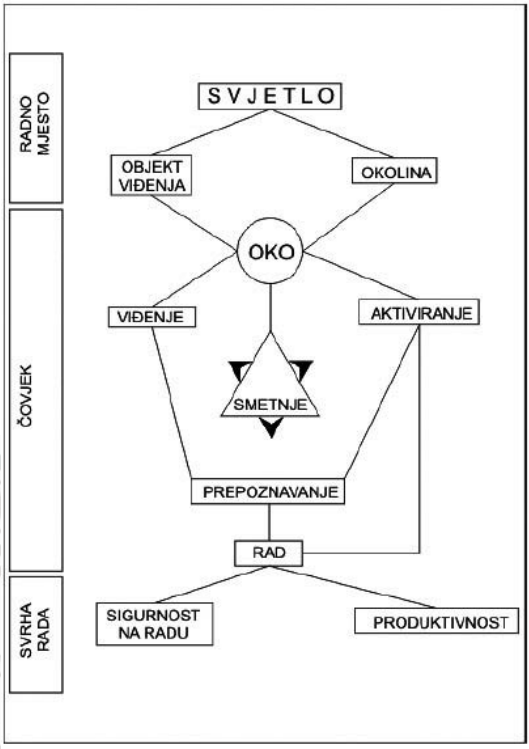
Temperatura boje

Za označavanje boje svetla nekog izvora koristi se uz kolorimetrijski sistem CIE, pojam koji se naziva temperatura boje. Taj pojam se koristi kada se boja svetla nekog izvora opisuje poređenjem s bojom crnog izvora. Temperatura boje je određena kao ona temperatura crnog izvora u stepenima kelvina (K), pri kojoj je zračenje crnog izvora, prema obojenosti (položaj trihromatskih koordinata u dijagramu boja), potpuno identično, obojenosti zračenja ispitivanog izvora svetla.

Reprodukcija boje

Obojeni izgled osvetljenog predmeta (boja tela) zavisi od spektralne raspodele zračenja izvora svetla koje obasjava predmet. Dakle spektralna raspodela zračenja je osnovni razlog različitog utiska obojenosti osvetljenih predmeta (objekata). Za označavanje učinka neke vrste svetla na obojenost predmeta, koje je tim svetlom obasjano, koristi se izraz "*reprodukcija boje*". U kontekstu izvora svetla, reprodukcija boje se definiše kao učinak

zračenja (nekog izvora svetla) na utisak obojenosti predmeta, koga izvor obasjava, u poređenju sa izgledom obojenosti istih predmeta, obasjanih sa uporednom vrstom svetla. Generalno, reprodukcija boje označava vezu između reprodukovane i originalne (prirodne) boje.

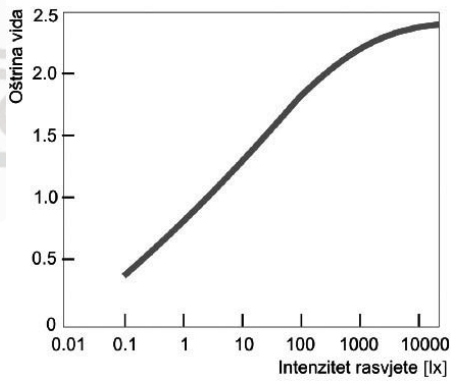


Slika 6. Uticaj svetla na čoveka

Potrebna količina svetla

Većina elementarnih vidnih funkcija kao npr.: oštrina vida, adaptacija, akomodacija, kontrastna osetljivost, brzina zapažanja i dubinsko viđenje, ukazuju na zakonitost zavisnosti od intenziteta rasvete (sl. 6.). Spomenute vidne funkcije postižu kod čoveka maksimalnu vrednost tek pri rasveti od oko 10.000 luxa. Neke vidne smetnje (npr. slabiji vid usled starosti) mogu se kompenzovati jakom rasvetom.

Naime, za izvršenje istog vidnog zadatka jednako brzo i jednako dobro, starijim osobama treba više svetla nego mlađim. Drugim rečima, visoki nivo osvetljenosti može za radne ljude različite starosti značiti ostvarenje podjednakih radnih učinaka).



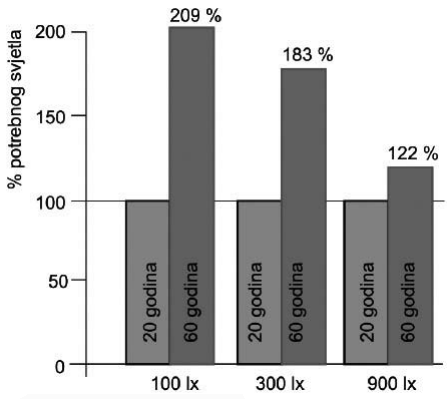
Slika 7. Zakonitost zavisnosti oštrine vida od intenziteta rasvete

Svetlo i osećaj ugodnosti

Uopšteno, rasveta deluje ugodno onda, kada ona u pogledu širenja svetla odgovara dnevnim svetlosnim odnosima, tj. kada svetlo dolazi pretežno odozgo, a sastavljeno je od difuzne i usmerene komponente. Međutim na atmosferu prostorije i na izgled ljudi (boje kože) u znatnoj meri utiče i boja svetla. Zato boja svetla mora biti usklađena s bojom prostorije i važnih predmeta.

Svetlo i aktivnost

Svetlo ne deluje samo na vidni centar u mozgu, već i na onaj odgovara stepenu budnosti i aktivnosti. Dokazano je da kvalitetna rasveta poboljšava sposobnost zapažanja, logičko razmišljanje, izdržljivost, sigurnost i brzinu pri računanju (sl. 8.).

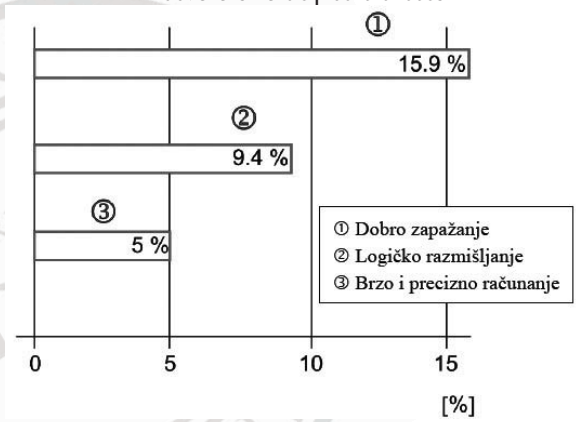


Slika 8. Razlika u potrebnom intenzitetu rasvete u relaciji sa starošću

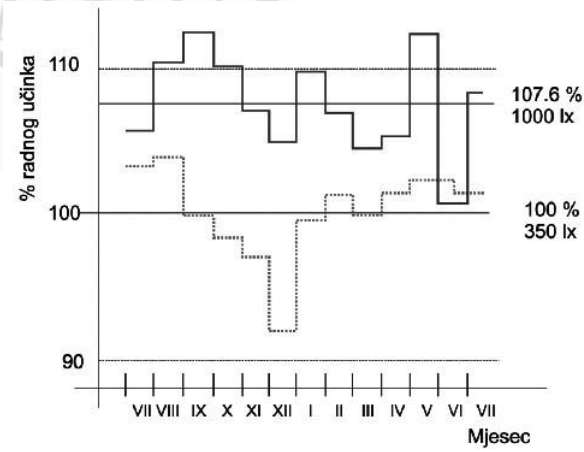
Svetlo i produktivnost

Pravilna i dobra rasveta nesumnjivo doprinosivodi boljem radnom učinku. Razlozi su olakšano gledanje, povećanje osećaja ugodnosti i aktivnosti, i ujedno smanjenje broja grešaka, otpada i nezgoda pri radu i kretanju. Stoga se dobra i pravilna rasveta radnih prostorija može smatrati jednim od delotvornih faktora racionalizacije. Ukoliko se želi ustanoviti uticaj poboljšane rasvete na povišenje produktivnosti, potrebno je utvrditi pogonsku dobit ostvarenu povećanjem radnog učinka usled poboljšanja rasvete.

Materijalna korist, uslovljena poboljšanjem rasvete, naučno je dokazana i taj faktor racionalizacije bezuslovno treba uvek imati na umu.



Slika 9. Povećanje radnog učinka pri povećanju rasvete sa 90 na 500 lx



Slika 10. Dijagram radnog učinka firme u kontekstu poboljšanja rasvete

Svetlotehničke veličine i jedinice

Svetlo se može opisati na dva načina:

- **fizikalnim veličinama,**
- **svetlotehničkim veličinama.**

Među fizikalne veličine ubrajaju se sve one veličine, koje definišu svetlo uz pomoć energetskih jedinica. Svetlo (vidljivo zračenje) je u fizikalnom smislu definisano kao emisija ili prenos energije u obliku talasa ili čestica.

Svetlotehničke (fotometričke) veličine razlikuju se od fizikalnih po tome, što vrednuju svetlo na bazi ljudskog vidnog organa, oka. Ta se vrsta vrednovanja bazira na:

- relativnoj svetlosnoj osetljivosti pri fotopskom (dnevnom) viđenju, odnosno na $V(\lambda)$-krivulji;
- ograničenju područja fizikalnog zračenja od 380 do 780nm (područje vidljivog zračenja).

Neke svetlotehničke veličine označavaju se istim simbolima kao i fizikalne veličine.

Da ne bi došlo do zabune, fizikalne su veličine označene indeksom "e" (energetski) a svetlotehničke veličine indeksom "v" (vizuelno), kao npr.: Φe i Φv.

Ukoliko se neka veličina (fizikalna ili svetlotehnička) odnosi samo na određeni, mali interval talasne dužine, upotrebljava se izraz "spektralna veličina" i označava se indeksom ν, (npr.: $\Phi\lambda$). Ako je neka veličina, funkcija talasne dužine, označava se tako, da se talasne dužine napišu u zagradi, npr.: $V(\lambda)$, $K(\lambda)$ i slično.

Osnovne svetlotehničke veličine

Osnovne svetlotehničke (fotometričke) veličine su one veličine, koje se najčešće koriste i koje navode važeći propisi. U te veličine se ubrajaju svetlosni fluks (tok), jačina svetla, osvetljenost i sjajnost.

Tabela 2. Osnovne svetlotehničke veličine

Veličina	Oznaka	Formula	Merna jedinica
Svetlosni fluks (tok)	Φ	**F = I x** Ω	Lumen (lm)
Jačina svetla	**I**	**I =** Φ / Ω	Candela (cd)
Osvetljenost	**E**	**E =** Φ / **A**	Lux (lx)
Sjajnost (luminacija)	**L**	**L = I / A**	Candela po kv. metru (cd/m2)
Ostali parametri u rasveti			
Efikasnost svetla		Ω/**P**	Lumen/Wat
Temperatura svetla			Kelvin
Indeks odziva boje (Color rendering index)	**CRI**		

A - osvetljena ili svetleća površina [m2] Ω - prostorni ugao [steradian, sr]

P - snaga sijalice

Kada svetlo obasjava neki materijal, kao npr. prozorsko staklo, događaju se tri različite pojave.

Deo svetla se reflektuje, deo apsorbuje a ostatak provodi (transmituje). Rezultantne komponente svetlosnog fluksa nazivaju se: $\Phi\rho$ **(reflektovani svetlosni fluks),** $\Phi\alpha$ **(apsorbovani svetlosni fluks) i** $\Phi\tau$ **(transmitovani svetlosni fluks).**

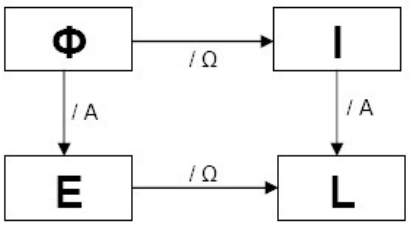
Za kvantitativnu analizu definišu se sledeći koeficijenti:

$\rho = \Phi\rho/\Phi$ - **koeficijent refleksije** - karakteristika materijala da vraća svetlosne zrake. Postoje različiti tipovi refleksije, kao što je ogledalna, mešana, potpuno difuzna i nejednoliko difuzna refleksija. U unutrašnjoj rasveti koristi se gotovo isključivo difuzna refleksija.

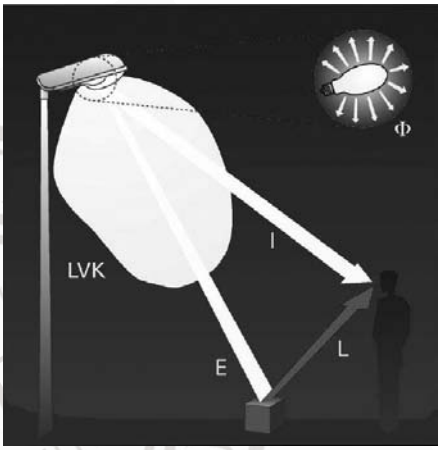
$\rho = \Phi\alpha/\Phi$ - **koeficijent apsorpcije** - karakteristika materijala da pretvara ulazni svetlosni fluks u različite oblike energije, najčešće toplotnu.

$\rho = \Phi\tau/\Phi$ - **koeficijent transmisije** - karakteristika materijala da propušta svetlosni fluks bez ikakve promene.

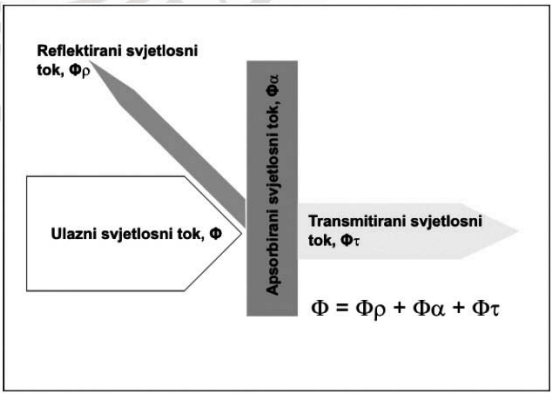
Svetlosni fluks koji se apsorbuje u materijalu pretvara se u toplotu, čime se podiže temperatura materijala. Što je materijal tamniji, više svetlosnog fluksa se apsorbuje. Na staklu debljine 4mm reflektuje se 8% ulaznog fluksa, 90% se propušta a 2% se apsorbuje.



Slika 11. Međusobni odnos svetlotehničkih veličina



Slika 12. Međusobni odnos svetlotehničkih veličina u realnom svetu



Slika 13. Transformacije svetlosnog fluksa

Tabela 3. Koeficijenti refleksije za neke materijale

Boja	ρ	Materijal	ρ
Bela	0,8	Gips	0,8
Svetlo žuta	0,7	Svetle ploče	0,7
Svetlo siva	0,4	Cement	0,3
Svetlo smeđa	0,3	Tamno drvo	0,2
Tamno crvena	0,1	Crvena cigla	0,2
Crna	0,1	Tamni materijal	0,1

Svetlosni fluks

Svetlosni fluks je veličina koja opisuje količinu svetla, koje je emitovano iz izvora i prihvaćeno posmatranom površinom objekta. Ova se veličina izražava u lumenima [lm].



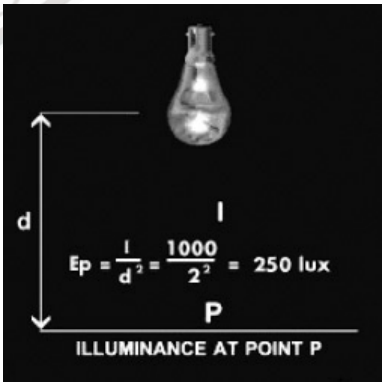
Slika 14. Svetlosni fluks

Jačina svetla

Jačina svetla je mera količine svetlosnog fluksa koji je emitovan iz izvora kroz mali konični ugao. Ova se veličina izražava u kandelama [cd]. Pravilo invertovanog kvadrata opisuje jačinu svetla (engl *luminous intensity*) kao osvetljenost podeljenu s kvadratom udaljenosti:

$$E = I/d^2 \text{ [lx]}$$

Ako izvor u svakom smeru emituje jednaki svetlosni fluks, tada je intenzitet svetla u svakom smeru jednak. Međutim ovo u praksi nije slučaj. Na slici je dat primer malog izvora svetla jačine 1000 kandela, na visini 2 m od površine objekta, te proračun osvetljenosti (u luksima).



Slika 15. Pravilo invertovanog kvadrata

Osvetljenost

Osvetljenost je mera za količinu svetlosnog fluksa koja pada na određenu površinu. Jedinica za osvetljenost je lux (lx) i to je izvedena jedinica SI sistema. ***Lux*** je definisan kao osvetljenost 1 kvadratnog metra na koji pada ravnomerno raspodeljen svetlosni fluks od 1 lm. Radi se o isključivo računskoj veličini, koju naše oko ne primećuje.

Tabela 4. Primeri različitih osvetljenosti:

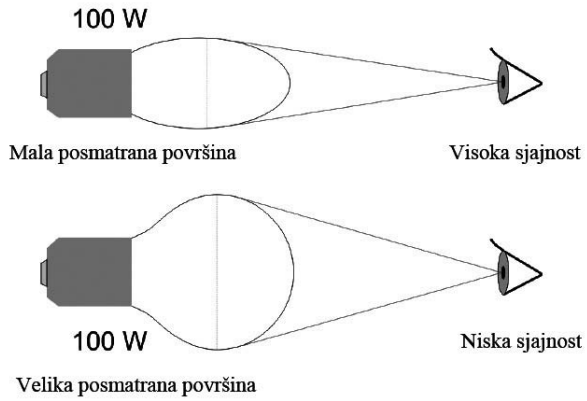
Primer	Osvetljenost [lx]
Rasveta operacionog stola	20,000 - 120,000
Sunčan letni dan	60,000 - 100,000
Oblačan letni dan	20
Oblačan zimski dan	3
Dobro osvetljeno radno mesto	500 - 750
Pešačka zona	5 - 100
Noć s punim mesecom	0,25
Noć s mladim mesecom	0,01

Sjajnost

Sjajnost (engl. *luminance*) (L) je pojam koji u stvari opisuje sjajnost osvetljene ili svetleće površine kako je vidi ljudsko oko. Meri se u candelama po površini (cd/m2), a za izvore svetlosti često se koristi i prikladniji oblik (cd/cm2). Oko posebno dobro vidi razliku između sjajnosti. Sjajnost je jedina fotometrijska veličina koju ljudsko oko može direktno da vidi.

Tabela 5. Tabela sjajnosti za neke izvore svetla

Izvor svetla	Prosečna luminansa [cd/m2]
Sunce u podne	$1,6 \times 10^9$
Xenon kinoprojektorska sijalica	$0,2 - 5 \times 10^9$
Bistra standardna sijalica	$2 \times 10^6 - 2 \times 10^7$
Fluorescentna cev	$1,2 \times 10^4$
Beli oblak	1×10^4
Sveća	7,5
Vedro nebo	3,000 - 5,000
Mesec	2,5
Ugodna unutrašnja rasveta	50 - 500
Beli papir pri 500 lx	100
Beli papir pri 5 lx	1
Noćno nebo	0,001



Slika 16. Primer različitih izvora svetlosti jednake jačine svetlosti, ali različite luminancije, koju primećuje ljudsko oko.

Izvori veštačkog svetla

Najvažniji elementi rasvete su izvori, tj. sijalice. Važno je da izaberete sijalice koje zadovoljavaju vizuelnu udobnost i ekonomičnost. Zato morate znati kakve sijalice postoje i koji su prihvaćeni standardi.

Postoji pet osnovnih tipova svetlosnih izvora: obični (**incandescent**), fluorescentni (**fluorescent**), na bazi isijavanja visokog intenziteta (**high-intensity discharge-HID**), sa natrijumovim parama niskog pritiska - natrijumski (**low-pressure sodium**) i izvori sastavljeni od svetlećih dioda **(LED lighting).**

Obični svetlosni izvori (inkadescentni) su najjeftiniji, ali i najskupliji za korišćenje. Imaju najmanji vek trajanja i relativno su neefikasni u poređenju sa drugim izvorima. Najčešće se sreću u obliku sijalica sa usijanim vlaknom i tungsten halogen.

Fluorescentni svetlosni izvori predstavljaju energetski efikasan izvor i u poređenju sa inkadescentnim imaju do 5 puta manju potrošnju i otprilike toliko duži vek trajanja. Kompaktne fluoroscentne sijalice, CFL (C*ompact fluorescent lamps*), poznate kao štedljive sijalice, predstavljaju kombinaciju fluoroscentnog osvetljenja smeštenog u standardno kućište (sijalično grlo) inkadescentnih sijalica i štede do 75% električne energije u poređenju sa prvim. U cilju normalnog rada zahtevaju posebnu elektronsku kontrolnu jedinicu, poznatu kao **balast**.

HID sijalice pružaju najveću efikasnost i najduži vek trajanja od svih svetlosnih izvora. Najčešće se koriste u spoljašnjem osvetljenju i za velike unutrašnje prostore (arene). HID sijalice koriste električni luk za proizvodnju osvetljaja. One, takođe, zahtevaju balast, a potrebno im je nekoliko sekundi, po uključenju, da postignu odgovarajući radni režim. Najčešći tipovi HID izvora su: živine sijalice (**mercury vapour**), **metal halide** sijalice i sijalice sa natrijumovim parama visokog pritiska (**high-pressure sodium**).

Natrijumske sijalice niskog pritiska, (low-pressure sodium), takođe, pripadaju grupi efikasnih svetlosnih izvora sa ekstremno dugim vekom trajanja. U slučajevima gde prepoznavanje boja nije od značaja predstavljaju odličan izbor. Zbog niskog CRIa prikazuju sve boje isključivo u žutim ili sivim tonovima. Osvetljenje za zaštitu i bezbednost kao i mnogi spoljašni izvori (ulično osvetljenje) su bazirani na ovoj tehnologiji.

LED svetlosni izvori pripadaju najnovijoj generaciji i veoma su pogodni za ambijentalnu rasvetu, osvetljenje prodavnica i tržnih centara, svetlosnu signalizaciju, baterijske lampe, lampe za automobile i motocikle, dekorativnu rasvetu itd. Imaju ekstremno malu potrošnju električne energije. Na primer, jedna inkadescentna sijalica od 50W ili njen fluoroscentni ekvivalent od 15W, korišćeni kao svetlosni znak, npr. EXIT, mogu biti zamenjene sa 1.8W LED kombinacijom, koja troši 4% energije potrebne za inkadescentnu sijalicu. LED osvetljenje je za sada dosta skupo, ali ima tendenciju stalnog pojeftinjenja. Osim male potrošnje LED izvori imaju i ekstremno dug vek trajanja, oko 50,000 sati ili 6 godina.

Karakteristike koje bi trebalo da imate u vidu pri izboru svetlosnog izvora, navedene su u daljem tekstu.

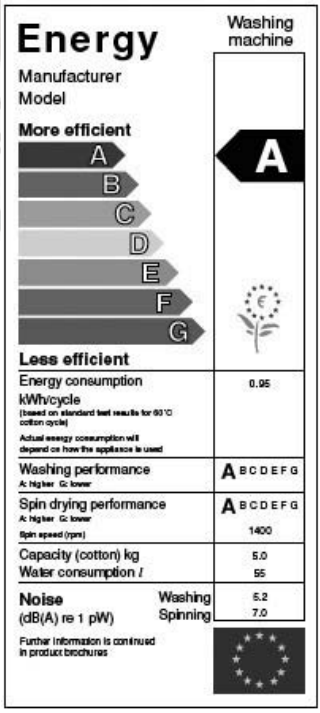
Svetlosna efikasnost (η)**:**

Svetlosna efikasnost (η) pokazuje efikasnost kojom se potrošena električna energija pretvara u svetlo. Jedinica mere je lumen po vatu (lm/W). Teorijski govoreći, maksimum svetlosne efikasnosti koji se može postići, sa svom energijom pretvorenom u vidljivo svetlo, je 683 lm/W. Međutim, u praksi je to mnogo niža vrednost, između 10 i 198 lm/W. Radi uštede energije, treba da birate proizvode sa visokom svetlosnom efikasnošću.

SVETLOSNI IZVORI	SVETLOSNA EFIKASNOST (lm/W)
Sijalice sa užarenim vlaknom	8-16
Tungsten halogene sijalice	12-26
Fluorescentne sijalice	45-100
Sijalice sa živinom parom	36-60
Sijalice sa halogenim metalima	70-98
Natrijumove sijalice pod visokim pritiskom	65-140
Natrijumove sijalice pod niskim pritiskom	100-198

Energetska nalepnica

Prema Direktivi EZ 92/75/EEC, sijalice za domaćinstvo koje rade na glavnom naponu i fluorescentne sijalice za domaćinstvo moraju na svom pakovanju nositi energetsku



Slika 17. Energetska nalepnica

nalepnicu koja pokazuje njihovu energetsku efikasnost. Svetlosni izvori se klasifikuju na klase energetske efikasnosti od A (visoko-efikasni) do G (neefikasni).

Vek trajanja sijalice

Vek trajanja sijalice pokazuje koliko sati sijalica može da radi pod standardnim radnim uslovima. Negativni činioci kao što su kolebanje glavnog napona, prašina, vlaga, drmanje ili toplota u okruženju i učestalost paljenja i gašenja sijalice može da smanje vek trajanja sijalice. Kvalitet komponenti kao što su starteri i balasti takođe utiče na vek trajanja sijalice.

Sa povećanjem rada sijalica smanjuje se njihova efikasnost. Tako da se, iz ugla uštede, preporučuje zamena sijalica kada smanjenje efikasnosti dostigne 70% umesto da se čeka da istekne njen pun vek trajanja.

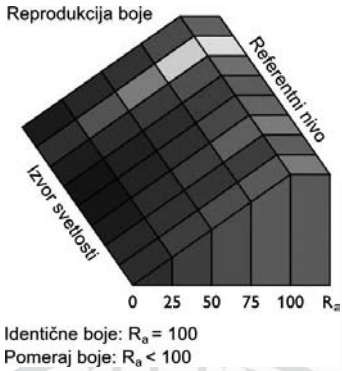
SVETLOSNI IZVORI	VEK TRAJANJA SIJALICE (h)
Sijalice sa užarenim vlaknom	1000
Tungsten halogene sijalice	2000-4000
Fluorescentne sijalice	4000-15000
Sijalice sa živinom parom	6000-8000
Sijalice sa halogenim metalima	5600-6500
Natrijumove sijalice pod visokim pritiskom	10000-15000
Natrijumove sijalice pod niskim pritiskom	12000-20000

Reprodukcija boja veštačkog svetla

U zavisnosti od mesta i svrhe, veštačko svetlo trebalo bi da pruži dobru reprodukciju boja jednako kao na prirodnoj dnevnoj svetlosti. Reprezent kvaliteta svetlosti koju svetlosni izvor proizvodi jeste njen indeks reprodukcije boja (Ra). Indeks reprodukcije boja je upoređivanje obojenosti predmeta pod svetlosnim izvorom koji se meri i njegove obojenosti pod referentnim svetlosnim izvorom.

Kvalitet reprodukcije boje	Grupa reprodukcije boje	Index reprodukcije boje	Tipična sijalica
Odličan	1 A	90	Tungsten halogena sijalica
Vrlo dobar	1 B	80 - 89	LUMILUX fluorescentna sijalica
Dobar	2 A	70 - 79	Standardna fluorescentna sijalica (25)
Zadovoljavajući	2 B	60 - 69	Standardna fluorescentna sijalica (20,23,30)
Dovoljan	3	40 - 59	Sijalice sa živinom parom (HQL)
Loš	4	39	Natrijumove sijalice pod visokim i niskim pritiskom

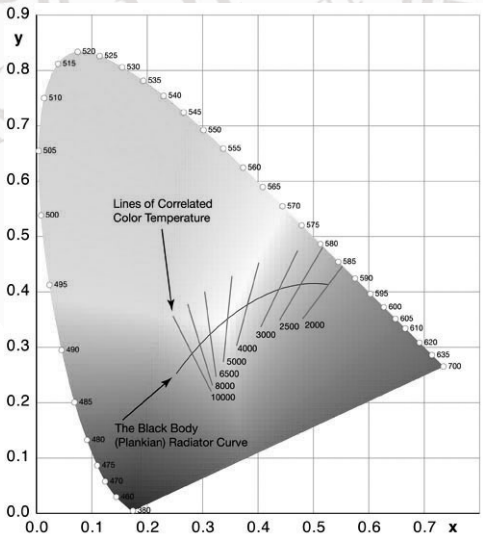
Svetlosni izvor koji ima Ra vrednost 100 odlično pokazuje sve boje. Što je manja Ra vrednost, lošija je reprodukcija boja.



Slika 18. Indeks reprodukcije boja

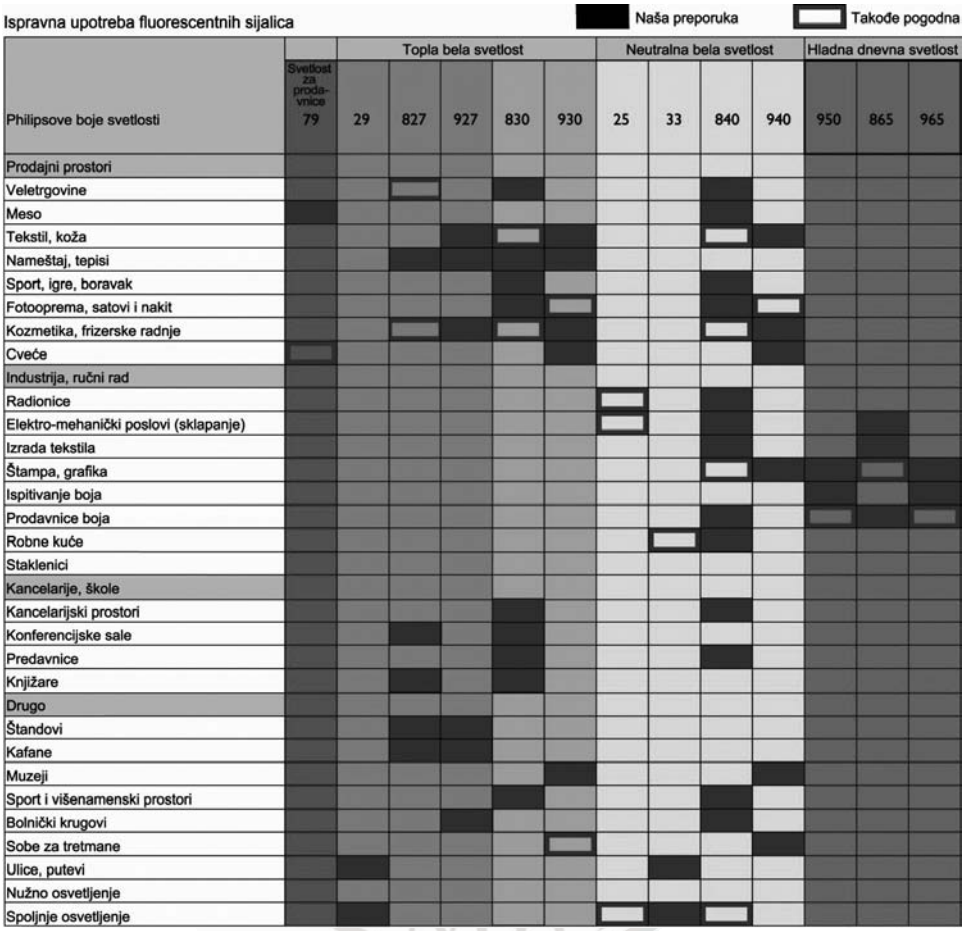
Boja svetla sijalice

Boja svetla sijalice naziva se temperatura boje. Postoje tri osnovne grupe temperatura boje: toplo belo < 3300 K; neutralno belo 3300 K – 5000 K i dnevna svetlost > 5000 K.



Slika 19. Temperature boja sijalica

Područja primene



Slika 20. Ispravna upotreba fluo sijalica

Kompaktne fluorescentne sijalice

Kompaktne fluorescentne sijalice (CFL; energetski efikasne sijalice) su sijalice sa gasnim pražnjenjem u kojima se nevidljivi UV zraci proizvedeni u sudaru atoma žive i elektrona koje odaju elektrode u sijalici pretvara u vidljivo zračenje (tj. svetlo) uz pomoć fosfora. Za razliku od fluorescentnih sijalica, njima za rad nisu potrebne dodatne komponente kao što su starter i balast. One mogu da se uključe direktno na gradsku mrežu.



Slika 21. Kompaktna fluorescentna sijalica

Opšte karakteristike

- Kompaktne fluorescentne sijalice imaju svetlosnu efikasnost 50 – 100 lm/W dok sijalice sa užarenim vlaknom 10 – 22 lm/W. To znači da kompaktne fluorescentne sijalice pretvaraju električnu energiju u svetlo pet puta brže od sijalica sa užarenim vlaknom.
- Imaju dug vek trajanja, između 4000 i 15000 sati dok sijalice sa užarenim vlaknom u proseku imaju vek trajanja od 1000 sati.
- Prave se u velikom broju boja i oblika.
- Lako se postavljaju i nisu im potrebni dodatni elementi kao što su starter i balast.
- Na njih ne utiče mnogo kolebanje struje u gradskoj mreži.
- Ne odaju mnogo toplote dok rade.
- Kompaktne fluorescentne sijalice sa EMC (elektromagnetnom kontrolom) ne odaju štetne magnetne talase.
- Budući da se materijali koji se koriste u proizvodnom procesu mogu 100% reciklovati, ove sijalice ne zagađuju životnu okolinu.

U poslovnom sektoru, rasveta troši oko 26% ukupno potrošene električne energije u poslovnim zgradama. Još 10% električne energije troši se u zgradama za rashladne uređaje da bi se ublažila toplota koju odaje električna rasveta.

Energetski efikasna rasveta troši samo jednu trećinu energije standardne rasvete sa sijalicama sa užarenim vlaknom. Ovakva rasveta predstavlja najefikasniju uštedu za poslovni sektor. Ako kompanije pređu na energetski efikasnu rasvetu, to može da im smanji troškove rasvete do 70%, u zavisnosti od rasvetnih tehnologija koje se zamenjuju. Zarada na ulaganju u modifikovanje rasvete obično je veća od 30% sa jednostavnom otplatom u tri godine.

Bilo da je reč o modifikovanju, preoblikovanju ili građenju nove zgrade, dobar rasvetni dizajn je ključ za smanjenje troškova struje za osvetljenje.

Konvencionalne sijalice sa užarenim vlaknom su najmanje efikasan vid rasvete. One pretvaraju samo oko 10% energije u svetlo dok ostalo pretvaraju u toplotu. Tehnologije za energetski efikasnu rasvetu koje postoje na tržištu obuhvataju dnevnu svetlost, fluorescentne sijalice i sijalice sa pražnjenjem visokog intenziteta. Led lampice (bez vlakana) predstavljaju naprednu tehnologiju koja se razvija. O tim tehnologijama se govori u daljem tekstu.

Konvencionalne fluorescentne sijalice sa magnetnim balastom (tzv. prigušnice) troše oko jedne trećine energije potrebne za sijalice sa užarenim vlaknom. Energetski efikasne fluorescentne sijalice kombinuju fluorescentne sijalice manjeg prečnika sa elektronskim balastom. Njima je potrebno samo dve trećine od ukupne energije koja je potrebna konvencionalnim sijalicama sa užarenim vlaknom.

Kompaktne fluorescentne sijalice traju do 10 puta duže nego sijalice sa užarenim vlaknom i koriste oko jedne četvrtine energije proizvodeći 90% manje toplote. Čak i manje fluorescentne sijalice, subkompaktne, napravljene su da zamene sijalice sa užarenim vlaknom u standardnim instalacijama.

Kompaktno fluorescentne podne lampe preporučuju se kao energetski efikasna alternativa za halogene podne lampe. Energetski efikasna podna lampa daje oko 50% više svetla dok troši samo četvrtinu energije halogene podne lampe. Kompaktna fluorescentna podna lampa je i mnogo bezbednija od halogene jer je temperatura halogene sijalice 1000° F dok je temperatura fluorescentne samo 100° F.

Pogodnosti

Napredne tehnologije rasvete kao što su fluorescentne sijalice i sijalice sa pražnjenjem visokog intenziteta nekoliko su puta energetski efikasnije od tradicionalnih sijalica sa užarenim vlaknom. Zarada na ulaganju u zamenu sijalica sa užarenim vlaknom obično je veća od 30%. Uz to, korišćenje dnevne svetlosti može da obezbedi pun spektar, prirodnu svetlost bez ikakve upotrebe električne energije. Ove efikasne rasvetne alternative traju 5 do 13 puta duže od tradicionalne rasvete, smanjujući troškove nezgoda i održavanja. Osim toga, istraživanja ukazuju na to da dobro osmišljeno osvetljenje povećava produktivnost zaposlenih.

Ušteda energije

Ova tabela pokazuje godišnju uštedu energije koja se dobije upotrebnom fluorescentne sijalice u odnosu na sijalicu sa užarenim vlaknom uz jednaku količinu svetla koju daju.

Sijalica sa užarenim vlaknom(w)	Fluorescentna(w)	Godišnja ušteda u Kw/h
60	15	180
75	20	220
100	25	300

(Pod pretpostavkom da se sijalica koristi 4000 sati/godišnje)

Ispuštanje štetnih materija

Osvetljenje je odgovorno za 450 miliona tona CO2 koji se godišnje ode u atmosferu samo u Sjedinjenim državama. Zbog prednosti koju imaju nad tradicionalnim sijalicama sa užarenim vlaknima, napredne rasvetne tehnologije mogu značajno da smanje odavanje CO2 u atmosferu. Jedna kompaktna fluorescentna sijalica sprečava odavanje 8-16 funti sumpor dioksida koji stvara kisele kiše i 1000-2000 funti ugljen dioksida. Primena napredne rasvetne tehnologije na široj skali može smanji odavanje ugljen dioksida za stotine miliona tona godišnje.

Standardi kvaliteta

Postoji mnogo standarda koji određuju kriterijume za kvalitet osvetljenja. U svakoj zemlji postoje ustanove koje određuju standarde za kvalitet, upotrebu i bezbednost i za to izdaju validne certifikate. Standardi ISO9000, EZ deklaracija, ENEC i VDE traže se za proizvod dobrog kvaliteta.

Kriterijumi za kvalitet koje energetski efikasne sijalice moraju da ispune u smislu opštih standarda su sledeći:

- Svetlosna efikasnost ne sme da bude ispod 50 lm/W.
- Energetska efikasnost ne sme da bude ispod 85%.
- Indeks reprodukcije boja (Ra) mora biti iznad 80.
- Vek trajanja mora da se potvrdi rezultatima testova i ne sme da bude ispod 4000 sati. Kod energetski efikasne sijalice dobrog kvaliteta vek trajanje je između 6000 i 10000 sati.
- Plastični poklopac mora biti otporan na toplotu (standard LVD).
- Postavljanje delova proizvoda (cevi, poklopci, priključci i električni delovi) moraju biti u skladu sa standardima zaštite i bezbednosti za električnu robu što mora da se potvrdi testovima (standard LVD).
- Vrednost cosϕ mora da bude iznad 0.5
- Energetski efikasne sijalice moraju da imaju elektromagnetnu kontrolu (EMC) radi sprečavanja elektromagnetnog zagađenja.

Prednosti i mane štedljivih sijalica

Zbog žive koju sadrže, neophodno je organizovano prikupljati, i reciklirati štedljive sijalice. – Iz zemalja EU do 2012. godine biće „proterane" obične sijalice.

Dok se kod nas i u zemljama Evropske unije uveliko promovišu štedljive sijalice pomoću kojih se smanjuje potrošnja električne energije, one sve više brinu ekologe.

Tokom 2009. godine u zemljama Evrope zvanično je počela zamena klasičnih štedljivim sijalicama, a rok da se ovaj posao završi u Evropskoj uniji je 2012. godina. Australija je prva uvela pravilo da se jedino mogu koristiti štedljive sijalice, dok je u Kaliforniji sačinjen predlog za zabranu obične sijalice od 2012. godine. Nemačka je već zabranila upotrebu običnih sijalica, a u našoj zemlji ovakvu zabranu treba očekivati do 2015. godine.

Profesor Elektrotehničkog fakulteta Miomir Kostić ukazuje da naše građane o štedljivim sijalicama često informišu osobe u čijim izjavama ima puno netačnosti i nenamerno izostavljenih činjenica koje se, pre svega, odnose na nedostatke štedljivih sijalica. Ozbiljna mana koju najčešće ističu protivnici štedljivih sijalica jeste činjenica da svaka od njih sadrži malu količinu žive (1,2–5 miligrama). Zbog toga je potrebno organizovano prikupljati, skladištiti i reciklirati pregorele sijalice.

Lomom štedljivih sijalica živa može da dospe u zemlju i vodu i tako zagadi naše okruženje (posebno je opasan metil žive koji preko ribe dospeva u čovekov organizam,

gde može da izazove ozbiljna oboljenja). Žive ima i u uglju koji sagoreva u termoelektranama, pa promotori štedljivih sijalica s pravom tvrde da manja potrošnja električne energije, koja je rezultat upotrebe štedljivih sijalica, dovodi do redukcije emisije žive u atmosferu koja je veća od njenog sadržaja u štedljivim sijalicama – kaže Kostić.

Međutim, prema rečima profesora Kostića, njihove tvrdnje postaju netačne ako se u termoelektranama primene savremeni elektrofilteri koji emisiju žive smanjuju deset puta. Zbog toga je neophodno da se zakon koji se odnosi na organizovano tretiranje pregorelih štedljivih sijalica, čije je donošenje u toku, primenjuje istovremeno sa njihovom upotrebom.

Troškove organizovanog uklanjanja pregorelih štedljivih sijalica (0,15–0,30 evra po komadu) treba da snose proizvođači ili uvoznici ovakvih sijalica, što predstavlja praksu u zemljama Evropske unije – naglašava Kostić.

On napominje da je značajan pozitivan uticaj masovne primene štedljivih sijalica na manje zagrevanje planete (pošto se oko 70 odsto električne energije u Srbiji proizvodi u termoelektranama, manja potrošnja električne energije dovodi do manje emisije ugljendioksida, koji odlučujuće podstiče efekat staklene bašte). Redukuje se i emisija sumpornih i azotnih oksida u atmosferu.

Naš sagovornik ukazuje da se nedostatak štedljivih sijalica ogleda i u tome što je potrebno da prođe čitav minut dok počnu da proizvode približno deklarisanu količinu svetlosti. Ozbiljna mana je i da su njihove dimenzije još oko 50 odsto veće od dimenzija običnih sijalica, tako da u mnogim slučajevima ne mogu da ih (adekvatno) zamene u postojećim svetiljkama.

Nije teško izračunati godišnju uštedu energije uzimajući u obzir da štedljiva sijalica od 23 vata daje istu svetlost kao standardna sijalica od 100 vati. Godišnja ušteda je više od 134 kilovatsata.

Nisu za kupatilo - Štedljive sijalice ne treba da se koriste u kupatilu i ostalim vlažnim prostorijama (brzo pregore), u zatvorenim lampama, u kombinaciji sa klasičnim dimerima (prigušivačima svetlosti), senzorima pokreta, kao ni u prostorijama u kojima se često uključuju i isključuju (time se značajno smanjuje njihov vek trajanja).

Slabije osvetljenje - Protivnici štedljivih sijalica s pravom ističu smanjenu vidljivost koja se dobija njihovom upotrebom, jer one poseduju nekontinualni spektar čija je posledica lošija reprodukcija boja od one koja se postiže upotrebom običnih sijalica. Ipak, njihov indeks reprodukcije boja, koji je kod kvalitetnih sijalica ovakvog tipa veći od 80 (maksimalna vrednost iznosi 100 i karakteriše obične sijalice), smatra se zadovoljavajućim, ocenjuju stručnjaci.

Karakteristike štedljivih sijalica: - standardno grlo E27 - 8W (zamena za 40W), 400 Lumena, dimenzije 4 x 10 cm - 11W (zamena za 60w) 550 Lumena, dimenzije 4,8 x 11 cm - 15W (zamena za 75W) 800 Lumena, dimenzije 4,8 x 12,2 cm - 20W (zamena za 100W) 1100 Lumena, dimenzije 4,8 x 14,8 cm Radni vek štedljivih sijalica je 8000 sati pri prosečnoj dnevnoj upotrebi od 3 sata na dan. Navedene karakteristike važe na sobnoj temperaturi. **Kalkulacija ušteda:** Radni vek štedljive sijalice iznosi oko 8000 časova. To

znači da će sijalica od 20 W tj. 1100 lumena u toku svog radnog veka potrošiti oko 160 kWh električne energije. Ako uzmemo da je prosečna cena električne energije 4 dinara po kilovat času to znači da će energetski štedljiva sijalica u toku svoje eksploatacije potrošiti električene energije u vrednosti od 640 dinara, kada na to dodamo cenu sijalice dobijamo da cena osvetljenja za 8000 sati iznosi 960 dinara. Ukoliko istu analizu sprovedemo sa klasičnom sijalicom sa usijanim vlaknom od 100W, tj 1100 lumena, pod pretpostavkom da je zaista kvalitetna i da će izdržati deklarisanih 1000 sati rada, biće nam potrebno osam sijalica, koje će za to vreme potrošiti 800 kilowat časova električne energije, što iznosi 3200 dinara, kada na to dodamo cenu 8 sijalica (prosečna cena oko 32 dinara) dinara ukupna cena osvetljenja iznosi 3456 dinara za 8000 sati.

Još par reči o fluo rasveti

Fluoroscentne sijalice (klasične, u obliku cevi ili tzv. štedljive, razlika je samo u obliku) su, zapravo, izvori ultraljubičastog svetla sa specijalnim premazom koji na principu Struksovog pomaka, pretvaraju ultraljubičastu boju u belu. Zbog toga one imaju veoma „neravnu" spektralnu karakteristiku, ali svaka vrsta ima definisan odnos između toplih i hladnih boja, pa samim tim i broj koji određuje temperaturu boje izraženu u kelvinima.

Štedljive sijalice se prodaju u šest različitih grupa, obeleženih numeričkim kodom i opisnom bojom svetlosti: Toplo bela, Bela, Hladno bela, Sunčeva svetlost, Hladna dnevna svetlost i Nebesko bela. Ovaj opis nam daje važan podatak o temperaturi boje, ali nazivi nisu baš najsrećnije odabrani jer, recimo, sijalica deklarisana kao Sunčeva svetlost daje hladniju svetlost (višu temperaturu boje) nego Hladno bela. Zato je korisnije pročitati numerički kolor kod, koji je uvek napisan na pakovanju. To je trocifreni broj, kod koga poslednje dve cifre treba pomnožiti sa 100 da bi se dobila temperatura boje svetla u kelvinima. Tako 850 ili 950 daje hladno belu svetlost čija je temperatura boje 5000 K.

Da bismo znali šta predstavlja prva cifra kolor koda, koja je kod savremenih štedljivih sijalica uvek 8 ili 9, trebalo bi da razumemo *CRI*, *Color Rendering Index* odnosno indeks prenosa boje.

Jeste li primetili da kod nekih starih fluoroscentnih lampi ljudska koža ima neku nezdravu sivu, ili čak zelenkastu boju, mada je isijana svetlost zapravo bela? To je zbog toga što je spektralna karakteristika te lampe tako „nazubljena" i ispresecana oštrim vrhovima da, iako pruža subjektivni utisak belog svetla, ne može da generiše normalan odziv sa nekih obojenih površina. Uzmimo za primer da je 70% boja iz spektra reflektovano realno (kao kod Sunčevog svetla), a 30% boja je izgubljeno i prikazano kao lažne boje, koje generišu „špicevi" u spektralnoj karakteristici. Takva lampa bi imala CRI=70. Dakle, veći CRI znači vernije prikazivanje boja osvetljenih objekata idelano bi bilo CRI=100, kao kod Sunčevog svetla.

Stare neonske lampe imaju CRI oko 50, što je loše. Današnje štedljive lampe imaju CRI oko 85 (to su tzv. trifosforne cevi, kod kojih numerički kolor kod započinje cifrom) ili oko 95 (multifosforne cevi čija oznaka počinje sa 9). To je već blizu idealnoj vrednosti; ako možete da birate, opredelite se za kod 9. Tako bi 927 bila najbolja zamena za klasične sijalice.

Halofosfatne fluoroscentne cevi, koje smo nekada masovno koristili, i dalje koriste stare dvocifrene numeričke kolor kodove (27 i 33 za temperature boje 2700 K i 4100 K respektivno), a CRI kod njih nije precizno definisan i kreće se u opsegu od 50 do 79. Brojevima 83 i 84 obeležene su savremenije cevi sa temperaturom boje 3000 K i 4100 K, ali je CRI povećan i iznosi najmanje 80.

Kome smeta plava svetlost?

Znamo da se treba čuvati ultraljubičaste svetlosti i da je vidljivi deo elektromagnetnog zračenja bezopasan, ali izgleda da to pravilo ima izuzetak. Novija istraživanja pokazuju da veća količina vidljive plave svetlosti, koja je u opsegu od 400 do 500 nm, pod određenim uslovima može da bude štetna za mrežnjaču oka. Ovo više važi za manje talasne dužine (koje su bliže ultraljubičastom delu spektra), a manje za one koje su bliže vrednosti od 500 nm, pa postoji i spor oko toga da li vrednosti preko 470 nm spadaju u kritičan opseg. U svakom slučaju, ispitivanja koja su pokazala da duže izlaganje pojačanoj plavoj svetlosti ubrzava neke oksidacione procese u oku, pa su pod radnim nazivom ANSI/IESNA RP27.105 izdate preporuke kojima se definišu fotobiološke sigurnosne mere za rasvetna tela.

Ovo ne treba da bude razlog za zabrinutost, jer je kritični deo spektra već zastupljen u prirodnoj dnevnoj svetlosti, a naročito u fluoroscentnoj i halogenoj (od kojih, pored plave, dobijamo i porciju još opasnijeg ultraljubičastog dela spektra, što se na dijagramu ne vidi), ali neka to posluži kao argument za „toplo bele" LED-ove. Kratak pogled na dijagram će nam razjasniti razloge za ovaj savet.

Na koje grupe ljudi se odnosi ovaj savet? To su, pre svega, dijabetičari, zatim ljudi koji redovno uzimaju lekove koji povećavaju osetljivost mrežnjače (npr. beta-blokatore i ostale lekove za bolesti srca, diuretike, nesteroidne antiinflamatorne lekove – NSAIL, kao i neke antidepresive). U grupu ugroženih spadaju i ljudi koji već imaju oštećenje rožnjače, a i svi ljudi stariji od 55 godina.

LED RASVETA

U poslednjih nekoliko godina poluprovodnička tehnologija je ponudila revolucionarno nov način pretvaranja električne energije u svetlosnu. Svi su izgledi da će svetleća dioda (ili LED, *Light Emitting Diode*) postati izvor svetla budućnosti.



Slika 22. LED diode

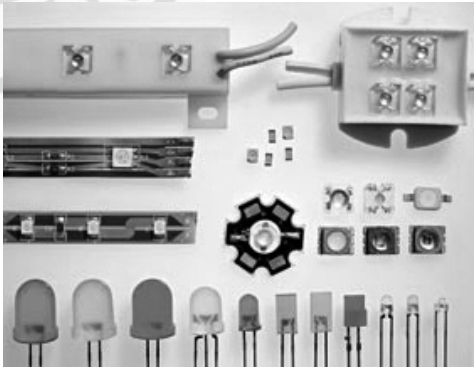
Šta je LED rasvetu učinilo tako privlačnom? Prednosti su mnogobrojne. Pre svega visoka efikasnost u prevaranju električne energije u svetlosnu (što povlači manje zagrevanje svetlosnog izvora, jer se inače "višak" pretvara u toplotu), male dimenzije, lako podešavanje jačine osvetljenja (a uz odgovarajući sklop i izbro boje, do punog zasićenja), bitno duži radni vek u kome nema naglog pregorevanja izvora svetla a još manje neprijatnog treperenja pri kraju radnog veka kao kod flurescentnih cevi, odsustvo infracrvenog i ultraljubičastog opsega, otpornost na udarce i vibracije, trenutno postizanje pune snage kao i otpornost na često uključivanje i isključivanje.

Tu su i neki nedostaci - pre svega visoka cena i neophodnost ugradnje ispravljača za napajanje niskim naponom sa stabilisanom (ili bar ograničenom) jačinom struje. Dalje, hlađenje je neophodno jer su LED-ovi manji od drugih rasvetnih tela, a veoma su osetljivi na pregrevanje. Nisu zanemarljive ni primedbe na kvalitet (spektralnu karakteristiku) svetla koji proizvode beli LED-ovi, a primedba se upućuje i usmerenosti svetlosnog zračenja - ne postoji LED koji isijava svetlost na sve strane podjednako, kao obična sijalica.

U poslednje je ekologija važna tema, pa je Evropska unija, u cilju uštede energije (a samim tim i očuvanja okoline), objavila da će od 2012. godine zabraniti upotrebu klasičnih sijalica sa grejnim vlaknom. Umesto njih koristiće se tzv. "štedljive" sijalice, koje su zapravo fluorescentne svetiljke sa ugrađenim elektronskim startnim mehanizmom. U startu je zanemarena čiljenica da sve elektroluminiscentne svetiljke (pa i ove "štedljive") sadrže živu, koja je veoma otrovna, pa je naknadno uvedena obaveza posebnog odlaganja iskorišćenih štedljivih sijalica kao rizičnog otpada. Tu leži jedna od velikih prednosti LED rasvete, jer ona objedinjuje sve prednosti koje se tiču ekologije: najnižu potrošnju energije, najduži životni vek i potpuno odsustvo otrovnih materija.

Vrste LED-ova

Osim podele po boji, potrebno je upoznati se i sa osobinama raznih oblika u kojima nam LED-ovi stižu. Nemoguće je nabrojati ih sve, ali ih grubo možemo podeliti na LED-ove u epoksidnom (plastičnom) kućištu, na minijaturne SMD (*Surface Mounted Device*) i na LED-ove velike snage, koji imaju metalnu površinu za termički kontakt sa hladnjakom.

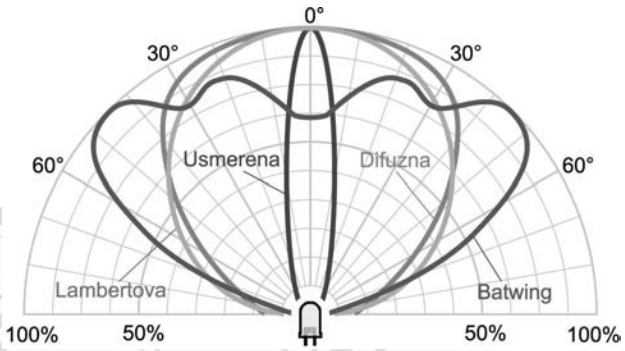


Slika 23. Vrste svetlećih (LED) dioda

Ovi poslednji su najzanimljiviji za rasvetu. Klasifikovani su kao LED-ovi snage 1 W, 3 W, 10 W, 20 W a postoje i jači, mada deklarisanu snagu treba shvatiti uslovno. Za svaki od njih navedena je maksimalna jačina struje koju mogu da podnesu. Recimo, za LED snage 1 W, bez obzira na boju, maksimalna jacina struje je 350 mA, a za 3 W ona iznosi 700 mA, pa tako dolazimo do podatka da crveni LED, na kome je pad napona oko 2 V,

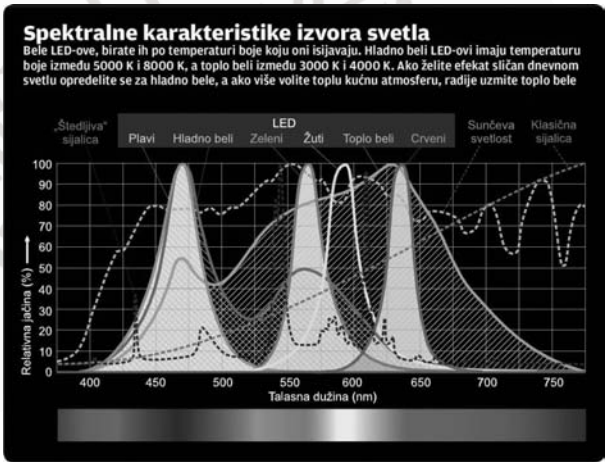
u prvom slučaju nema potrošnju 1 W nego 0,7 W, a u drugom, umesto 3 W samo 1,4 W. Zato plavi ili zeleni LED, na kojima je pad napona oko 3,5V, imaju potrošnju 1,225 W ili 2,45 W.

Prelazimo na dijagram usmerenosti. Difuzni LED-ovi su uvek manje usmereni od onih u "čistom" providnom kućištu, ali tu se krije opasnost da pogrešno protumačimo njihovu svetlosnu snagu, koja se izražava u kandelima (cd). Kod difuznih je kataloški izražena snaga uvek manja, ali razlog za to ne leži u manjoj količiji isijane svetlosti, nego u tome što, zbog difuzije, manje svetla padne na instrument kojim se meri intenzitet izračene svetlosti.



Slika 24. Dijagram usmerenosti

Usmerenost se najčešće izražava u ugaonim stepenima, ali i ovde postoje finese. LED-ovi bez "optike" (sa ravnom površinom, koja je standardna za sve SMD LED-ove, ili sa kalotom čiji je centar u neposrednoj blizini kristala koji emituje svetlost) uvek imaju takozvanu Lambertovu karakteristiku, koja je dobila naziv po Johanu Hajnrihu Lambertu, koji je još 1760. godine matematički objasnio zašto se isečak kružnice uvek vidi pod istim uglom kada se posmatra sa bilo koje tačke te kružnice. Osim ove karakteristike, često ćemo u proizvođačkim specifikacijama pronaći i karakteristiku Batwing ("krilo slepog miša"). Optika je kod ovih LED-ova tako prilagođena da manje svetlosti isijavaju unapred a više ustranu, što ih čini pogodnim za homogeno osvetljavanje ravne površine sa manje udaljenosti.



Slika 25. Spektralna karakteristika LED-ova

Kao što je poznato, ljudsko oko opaža tri boje: crvenu, zelenu i plavu, a ostale "sintetiše" mešanjem te tri osnovne. Umesto prostog posmatranja boje izvora svetla, mnogo bolji uvid u njegove karakteristike pružiće ispitivanje spektroskopom, instrumentom koji uz pomoć prizme razlaže svetlost i meri intenzitet u svakoj tački spektra. Rezultat takvog ispitivanja

je na dijagramu koji, mada na prvi pogled deluje komplikovano, pruža podatke korisne za analizu boja pojedinih LED-ova i za poređenje njihovih spektralnih karakteristika sa karakteristikama svetla koje nam daje Sunce, klasična sijalica sa grejnim vlaknom i fluorescentna lampa (štedljiva sijalica). Moguća su odstupanja prikazanih karakteristika, jer one zavise od proizvođača i tehnologije proizvodnje, naročito za fluorescentne izvore i bele LED-ove. Prikazan je samo vidljivi deo spektra; levo od njega nalazio bi se ultraljubičasti, a desno infracrveni.

Pogledajmo najpre obojene površine na dijagramu: one predstavljaju tipične karakteristike plavog, zelenog i crvenog LED-a. Deo spektra koji ovi LED-ovi isijavaju je prilično uzan, svega oko 25 nm, što nam omogućava da dobijemo veoma zasićenu ("čistu") boju ako nam je to potrebno, ali i da napravimo svaku boju koju poželimo, pa čak i belu. Na isti način i televizijski ili kompjuterski ekran generišu sve boje iz spektra.

Izgleda da ovako "nazubljena" spektralna karakteristika belog svetla, dobijena pomoću crvenog, zelenog i plavog LED-a, ne smeta ljudskom oku, ali postoje i beli LED-ovi koji, kao što vidimo na dijagramu, imaju ravniju spektralnu karakteristiku (ljubičasta i narandžasta linija). Oni se prave tako što se direktno na kristal plavog LED-a nanese sloj fosfora, koji "pomera" učestanost plave svetlosti ka toplijem delu spektra. Ova pojava se zove Strouksov pomak (Strokes shift), po irskom fizičaru Džordžu Strouksu, koji ju je prvi zapazio i objasnio.

Pored belih LED-ova koji rade na principu Strouksovog pomaka, postoje i beli LED-ovi koji u jednom kućištu objedinjuju crveni, zeleni i plavi LED. Najavljeni su i beli LED-ovi zasnovani na tehnologiji cink selena (ZnSe), koji istovremeno emituju plavu i žutu svetlost, što u zbiru daje belu, ali su oni još u eksperimentalnoj fazi. Priča se i o organskim LED-ovima (OLED), ali se oni koriste uglavnom za matrične LED displeje, jer su jeftini i jednostavni za pravljenje matrica visoke rezolucije, dok za rasvetu nisu pogodni jer im je projektovani životni vek jedva nešto duži od 1000 radnih sati. Postoje još i LED-ovi koji emituju svetlost u nevidljivom infracrvenom ili ultraljubičastom delu spektra - takođe nezanimljivo za rasvetu.

Tako za sada moramo da se zadržimo na belim LED-ovima koji su, kao što smo videli, zapravo plavi sa fosfornim premazom. Svaki proizvođač ima svoju tehnologiju, pa time i karakteristike svojih proizvoda, tako da priložene dijagrame treba uzeti kao orijentaciju. Zato smo priložili dva dijagrama, pošto većina proizvođača nudi dve vrste belih LED-ova: *Cool White* (hladno bele) i *Warm White* (toplo bele).

Pri projektovanju LED rasvete možemo da biramo boju svetla, čime možemo da izbegnemo opasnost od prekomernog izlaganja naših očiju plavoj svetlosti. Uopšteno govoreći, bezbedan je svaki izvor svetla koji ima nižu temperaturu boje: plamen sveće, obična sijalica (koja će nam, kako stvari stoje, uskoro biti i zakonom uskraćena) i svi LED-ovi koji su podešeni tako da ne emituju suviše „hladnu" svetlost.

Zašto LED rasveta?

Zahvaljujući odličnim svetlosnim/energetskim performansama danas u svetu polako led reflektori nove tehnologije u dekorativnoj rasveti preuzimaju mesto klasičnih sijalica i halogenih lampi. Svetski proizvođači proizvode više milijardi takvih led lampica godišnje.

Za razliku od dosadašnjih led dioda koje su bili u mogućnosti da emituju samo hladno belo svetlo (5000K), proizvođači su uspeli da proizvedu led lampice koje emituje toplo belo svetlo (3200K) kod kojih prirodne boje osvetljenih površina ne gube na kvalitetu.

Prednost led lampica u poređenju sa klasičnim sijalicama:

- mala potrošnja (jedna lampica 1W);
- velika svetlosna energija 16-55lm/1W;
- >100.000 radnih sati;
- 'solid state' izvedba (nema niti);
- mogućnost menjanja intenziteta svetlosti (za svetlosne efekte);
- sa RGB modulima postižemo 'full color' osvetljenje;
- u svojoj konstrukciji nemaju toksične materijale (kao kod živine sijalice);
- nema UV zračenja;
- manja toplotna disipacija (mogućnost podvodnog osvetljenja);
- veća iskorišćenost (više energije se troši na svetlost).

Led lampe i reflektore koristimo na sledećim mestima:

- *Za unutrašnju upotrebu:*
- dekorativna rasveta u prostorijama;
- rasveta u barovima, restoranima i kafićima;
- osvetljavanje šankova i stolova;
- osvetljavanje izloga;
- osvetljavanje slika i izlagačkih prostorija.
- *Za spoljašnju upotrebu:*
- osvetljavanje fasada zgrada;
- osvetljavanje ulaza i izloga radnji;
- rasveta u ukrasnim vrtovima;
- osvetljavanje fontana, bazena (mogućnost podvodno osvetljenje);
- osvetljavanje mostova i spomenika

Uskoro ćemo se rastati od klasičnih sijalica sa grejnim vlaknom, jer će nas propisi, vođeni zahtevima savremene ekonomije i ekologije, prisiliti na to. Ako ne želimo da se vratimo na sveće i kandila, moraćemo da se opredelimo između fluorescentnih sijalica, koje smo prozvali „štedljive", i poluprovodničke LED rasvete. Njihova efikasnost (odnos između emitovane svetlosti i utroška struje) približno je jednaka – tri do pet puta je veća od efikasnosti klasičnih sijalica sa grejnim vlaknom.

Jedan od problema koje sa sobom donose štedljive sijalice odnosi se na otrovne materije (pre svega živu) koje one sadrže. Zbog toga su uvedeni strogi propisi njihovog odlaganja posle upotrebe – ako se neka od njih razbije, poštovaćemo savete američke EPA (*Environmental Protection Agency*, Agencija za zaštitu okoline): treba pažljivo pokupiti razbijene staklene delove, zatim to mesto detaljno obrisati vlažnim ubrusom, pa taj ubrus hermetički zatvoriti u plastičnu kesu i sve to baciti… negde (valjda se računa na našu snalažljivost). Sitnije ostatke ne treba čistiti usisivačem, jer je upravo živina para ono što treba izbeći, nego prostoriju treba dobro provetriti.

Verovatno je da će zbog ovog ozbiljnog nedostatka štedljive sijalice biti vremenom napuštene i da će LED odneti pobedu, ali hiperprodukcija još uvek nije učinila svoje, pa je cena LED rasvete visoka. Tržište nam još ne nudi gotove kućne lampe sa ovim izvorom svetla po prihvatljivoj ceni, ali je moguće i sa ograničenim budžetom doći do komponenata s kojima možemo da eksperimentišemo i da sami uvedemo budućnost u svoj dom, umesto da čekamo da nam ona zakuca na vrata.

Deset saveta za kvalitetnu rasvetu

1. **Odgovarajuća osvetljenost** – Efikasnost ljudskog oka uveliko zavisi od osvetljenosti u vidnom polju. Porastom osvetljenosti, i razlučivanje ljudskog oka raste, a time se smanjuje mogućnost pogreške i zabune.
2. **Ravnomerna distribucija sjajnosti** – Uravnotežena distribucija sjajnosti na različitim površinama, čini ambijent vizuelno interesantnim. Neadekvatni ili preterani kontrast, otežava vid i unosi nemir.
3. **Ravnomerni udeo blještanja** – Blještanje samo po sebi nije opasno ali smanjuje optičku percepciju, budući da unosi „smetnju" u vizuelni podražaj i deluje iritantno.
4. **Dobar odziv kontrasta** – Kontrast je komponenta vizuelne percepcije, koja omogućava razlikovanje objekta i okoline. Sistem rasvete s dobrim udelom kontrasta sprečava pojavu blještanja čak i na glatkim površinama, odnosno blještanje ne umanjuje kvalitet slike (npr. isti ovaj tekst na sjajnom papiru)
5. **Dobar upadni ugao svetla** – Ovaj ugao je presudan u kontekstu odziva boje, budući da je u relaciji s uglom pod kojim bilo koja refleksija od površine može biti vidljiva. U isto vreme utiče na raspodelu svetla i senke, što je ključ trodimenzionalne percepcije okoline odnosno objekta koji se posmatra. U slučaju „preteških" senki, vizuelna informacija može biti izuzetno neugodna i iritirajuća.
6. **Ugodni udeo senke** – Senke pomažu pri trodimenzinalnoj percepciji prostora i objekata u prostoru. Dobar udeo senke je proizvod efikasne kombinacije difuznog i direktnog svetla u ambijentu.
7. **Odgovarajuća pojava boja** – Tokom dana menja se spektar boja koje percipiramo a proizlaze iz sunčevog spektra. Veštačko svetlo se takođe proizvodi u smislu emisije različitih boja, čime se zadovoljavaju različiti zahtevi za rasvetu određenog ambijenta.
8. **Prirodni odziv boja** – Ljudsko oko percipira samo boje koje proizlaze iz dolaznog spektra proisteklog iz nekog određenog izvora. Ako je emisija izvora

svetla ograničenog spektralnog raspona, percepcija reflektovanih boja biće ograničena na taj deo spektra. Odziv boje je mera sposobnosti veštačkog svetla da prikaže prirodne boje objekta koga osvetljava.

9. **Atmosfera ambijenta** – Svetlo u velikoj meri utiče na naše raspoloženje i osećaj ugodnosti u nekom prostoru. Za razliku od nekoliko egzaktnih parametara koji su ovde spomenuti, ostvarenje dobre atmosfere je pitanje osećaja projektanta kao i njegovog iskustva, mašte i sposobnosti vizuelizacije budućeg rešenja.
10. **Potrošnja energije** – Osnovni parametar kvalitetnog projekta rasvete je precizna procena potrošnje energije kao i uključenje svih mogućih načina uštede energije u sam projekt. Današnja tehnološka rešenja omogućuju rekonstrukciju starijih sistema u kontekstu uštede energije.

Mere za poboljšanje energetske efikasnosti kod osvetljenja

Sledi nekoliko praktičnih saveta korisnih za poboljšanja energetske efikasnosti osvetljenja.

- Upotrebljavaj prirodno osvetljenje kad god je to moguće.
- Isključi osvetljenje kada ne boraviš u prostoru. To može biti učinjeno manuelno ili automatski (pomoću foto osetljivih detektora i relea).
- Isključi osvetljenja u blizini prozora. Ako izvori mogu biti kontrolisani po zonama, potrebno je isključiti svetlosne izvore u blizini prozora, u slučaju da je nivo prirodne svetlosti dovoljan.
- Upotrebljavaj vremenske prekidače u kontroli osvetljenja. Dobar primer su skladišta i stovarišta, koja se ne upotrebljavaju tako često i perionice gde osvetljenje (i fenovi) mogu biti lako zaboravljeni.
- Upotrebljavaj senzore kretanja za uključenje/isključenje osvetljenja. Ovi senzori dobro funkcionišu u ograničenim prostorima, u kojima se konstantno ne boravi i gde osobe mogu zaboraviti da ga isključe. Takođe su korisni kod spoljašnjih primena (ulazi, bašte itd.).
- Upotrebljavaj foto ćelije u regulaciji spoljašnjeg osvetljenja u pogledu dan/noć.
- Upotrebljavaj lokalno osvetljenje umesto stalnog. Upotreba stalnog osvetljenja za osvetljenje lokalnog prostora nije optimalno rešenje. U tim slučajevima stalno osvetljenje može biti redukovano na minimalni nivo i služiti kao ambijentalno ili sigurnosno. Stona lampa je dobar primer lokalnog osvetljenja kao dopuna stalnom.
- Upotrebljavaj sijalice (lampe) manje potrošnje. Ako je nivo osvetljenja u prostoru (uključujući i prirodno) popriličan, upotrebljavaj lampe male snage kako bi ukupna količina svetlosti bila dovoljna uz minimalnu potrošnju.
- Ukloni nepotrebne lampe u slučaju prekoračenja potrebnog nivoa svetlosti (Delamping).

- Upotrebljavaj samo minimalno zaštitno i bezbedonosno osvetljenje. U noći kada prostor nije okupiran ostaviti samo zaštitno osvetljenje ili osvetljenje za specifične namene (bebi osvetljenje, noćno itd.).
- Zameni obične sijalice (inkadescentne) štedljivim (CFL). To omogućava isti nivo svetlosti uz znatno manju potrošnju, do šest puta (1/6).
- Zameni standardne fluorescentne „T12" cevaste svetiljke sa mnogo efikasnijim „T8".
- Zameni klasični balast (tzv. predspojni pribor) sa elektronskim.
- Pri zameni živinih (mercury vapour) lampi sa metal halide dobija se isti nivo osvetljenja uz uštedu energije od 30%. U slučajevima gde prepoznavanje boja nije kritično, „high-pressure sodium" lampe predstavljaju način uštede jer za isti nivo osvetljenja troše 50% manje energije u odnosu na živine.
- Upotrebljavaj LED osvetljenje u slučajevima svetlosne signalizacije, reklama, osvetljenja bašti, bazena, izloga, dekorativnog osvetljenja, zaštitnog (neprekidnog) osvetljenja, baterijski napajanog osvetljenja itd.
- U objektima u izgradnji planiraj integrisani (mrežni) sistem upravljanja rasvetom.



SAOBRAĆAJ

Sektor saobraćaja jedan je od najvažnijih sektora današnjice, a ujedno i značajan nosilac i okosnica privrednog i društvenog razvoja svake zemlje. Budući da je to sistem bez koga pojedinac i društvo u celini ne mogu funkcionisati, kao takav predstavlja krvotok svake zemlje, a time i osnovnu pretpostavku njenih privrednih i drugih aktivnosti. Stepen razvijenosti sistema saobraćaja u korelaciji je s nivoom privrednog razvoja i kvalitetom uslova života, pa prema tome od njega zavisi i ukupna privreda zemlje, regiona ili područja. Stoga je vitalni interes svake društvene zajednice da podiže nivo kvaliteta sistema saobraćaja. S obzirom da je osnovni cilj sistema saobraćaja povezivanje privrednih subjekata i ljudi nezavisno od udaljenosti, svrsi prevoza i modaliteta, saobraćaj ima međunarodnu dimenziju. U skladu s time definisana je Mreža saobraćajnih koridora, kao mreža prioritetnih saobraćajnih pravaca, koji u najvećoj meri doprinose boljoj povezanosti evropskog područja i ostvarivanju jedinstvene uloge saobraćaja na najefikasniji način. Stoga sistem saobraćaja u zemlji nije moguće analizirati i kreirati nezavisno i odvojeno od saobraćajnog sistema država EU, a naročito sa aspekta procesa harmonizacije radi pristupanja EU.

Međutim, osim pozitivnog društveno-ekonomskog uticaja, saobraćaj isto tako ima i svoju negativnu dimenziju. Njegova ekspanzija, proizvela je niz negativnih uticaja koji konstantno ugrožavaju kvalitet življenja i privredu zemlje. Tu posebno treba izdvojiti zagađivanje životne sredine (vazduha i vode) zbog velike emisije štetnih gasova, stvaranje buke i vibracija, zauzimanje prostora i površina, ali i vanrednih događaja (saobraćajne nezgode). Zagađivanje životne sredine, saobraćajne nezgode i zagušenje predstavljaju tri najznačajnije kategorije eksternih troškova saobraćaja, koji se u EU procenjuju u iznosu od 8% BDP-a, pri čemu je drumski saobraćaj odgovoran za 90% ukupnih eksternih troškova. Drumski saobraćaj, koji dominira i u putničkom i u teretnom prevozu, u poređenju s ostalim granama saobraćaja daleko u najvećoj meri negativno utiče na životnu sredinu. Najveća pretnja je konstantni porast emisije tzv. gasova staklene bašte koji direktno ili indirektno utiču na globalno otopljavanje, promenu klime, a time i na ljudsko zdravlje.

Najveću emisiju CO2 upravo generišu veliki gradovi, i to pre svega sami objekti: stanovi, kuće, poslovni prostor, kao i vozila kojima građani putuju na posao. Samo u SAD zgrade troše 72 odsto električne energije za osvetljavanje, 39 odsto ukupne energije, generišu 30 odsto ukupnog otpada (136 miliona tona godišnje) i utroše oko 14 odsto vode. Procene koliko se energije troši u saobraćaju su još neverovatnije: 18 odsto budžeta domaćinstava upravo se troši na gorivo, godišnje automobili u špicu (stani-kreni-stani) provedu više od 38 sati, i to samo u SAD. Građani koji automobolima odlaze na posao godišnje utroše 11 milijardi litara goriva, gužve američku ekonomiju koštaju oko 78 milijardi dolara svake godine, a procenjeno je da je ova grupa građana potrošila 4,5 milijardi radnih časova u zakrčenjima u saobraćaju tokom 2006. godine.

Zbog sve većeg štetnog uticaja na životnu sredinu, u svim sektorima pa tako i drumskom, posvećuje se velika pažnja njegovoj zaštiti. Kako bi se negativan ekološki uticaj saobraćaja smanjio, nužno je preduzeti niz mera. Uz nezaobilazne tehničko-tehnološke zahvate na prevoznim sredstvima, najefikasnije sredstvo je saobraćajna politika, kako na globalnom tako i na nacionalnom nivou, koja mora voditi u smeru održivog razvoja. U nacionalnu politiku neophodno je implementirati međunarodne sporazume i smernice koji vode ka rešavanju ekoloških problema. Stoga, potreba za strateškim planiranjem saobraćajnog sistema i politika saobraćaja koja će dati smernice smanjenja negativnih uticaja saobraćaja, mere poboljšanja sistema kao i mere prevencije od vitalnog su značaja u procesu smanjenja negativnog uticaja saobraćaja na životnu sredinu.

Razvoj sistema saobraćaja

Povećanje životnog standarda, kao i saobraćajna kultura doveli su do povećanog broja automobila koji saobraćajne mreže ne mogu kvalitetno uslužiti. Zbog navedenog dolazi do velikih zagušenja u sistemu saobraćaja. Problem je nastao zbog toga što razvoj transportnih sistema nije adekvatno pratio privredni razvoj. U sisteme javnog gradskog prevoza nije bilo većih ulaganja te se zbog neudobnosti prevoza (zastarela infrastruktura i vozni park) veliki deo potencijalnih korisnika služi ličnim automobilima. Adekvatnim daljnjim razvojem javnog prevoza te razvojem prigradske železnice, došlo bi do povećanog korišćenja ovih vrsta prevoza, te bi se smanjila upotreba ličnih automobila. Na taj način bi došlo do značajnih smanjenja gužvi u sistemu saobraćaja i smanjio bi se negativan uticaj saobraćaja na životnu sredinu. Stoga je vrlo bitno uticati na korisnike sistema na smanjenu upotrebu ličnih automobila i na povećanu upotrebu javnog prevoza čime se doprinosi stvaranju grada po meri čoveka.

Uticaj saobraćaja na savremeno društvo je nemerljiv. Današnja pokretljivost ljudi, roba i usluga vodi savremeno društvo prema tzv. „mobilnom društvu". Razvoj saobraćaja u takvoj situaciji mora biti usklađen s načelima održivog razvitka koja su već određena na globalnom, međunarodnom planu. Održivi saobraćaj je saobraćaj koji ne ugrožava javno zdravlje ili eko-sisteme i konzistentno zadovoljava prevoznu potražnju kroz

1. racionalno korišćenje prirodno obnovljivih izvora energije i
2. racionalno korišćenje neobnovljivih izvora.

Vrlo jasan trend poslednjih decenija je rastuća briga za očuvanje životne sredine, koji rezultira domaćim i međunarodnim ekološkim merama, ali i akcijama nevladinih organizacija, koje sve zajedno imaju znatan uticaj na način poslovanja privrednih subjekata.

Da se podsetimo, ekologija ima sledeće glavne cileve:

- zaštititi ljudsko zdravlje i blagostanje,
- osigurati održivost biosfere,
- zaštititi i očuvati prirodne resurse.

Saobraćaj je jedno od područja u našoj zemlji kod kojih su pokazatelji rasta, gledani kroz definiciju održivog razvitka, većim delom sa negativnim predznakom; sva nastojanja i poboljšanja u smislu smanjenja emisija štetnih tvari, povećanja kvaliteta goriva, povećanja iskoristivosti goriva, čak i uvođenjem novih alternativnih goriva, blede pred podacima o znatnom povećanju broja, snage i korišćenja vozila svih vrsta, a posebno drumskih motornih vozila. Zabrinjavajuće je povećanje korišćenja ličnih vozila u odnosu na smanjenje korišćenja javnih oblika prevoza (autobusi i železnica) koji čine manju štetu životnoj sredini.

Ekološki aspekti održivog razvitka saobraćaja prvenstveno podrazumevaju smanjivanje nepovoljnih uticaja na životnu sredinu. Kad je saobraćaj u pitanju radi se o tri osnovna elementa:

1. zagađivanje životne sredine kroz emisiju štetnih tvari,

2. zagađivanje kroz proizvodnju otpada i

3. buka.

Prema tome, osim negativnih uticaja na životnu sredinu, saobraćaj direktno utiče na telesno i mentalno zdravlje ljudi. Ovi uticaji određuju direktnu vezu između zdravlja i sigurnosti saobraćaja. Međuzavisnost različitih elemenata zaštite od zagađenja pokazuje obavezu usklađivanja privrednog razvoja. Usklađen privredni razvoj pretpostavlja ekspertna znanja u osmišljavanju prostora iz različitih područja: zaštita životne sredine, zdravstvo, energetika, finansije, saobraćajno, urbanističko i prostorno planiranje i dr. Koliko se na planu zaštite od zagađenja može učiniti, ne menjajući postojeću infrastrukturu saobraćaja, pokazuje primer intervencije u postojeću tarifnu politiku. Promenom tarifne politike može se učiniti atraktivnijom određena grana prevoza koja bitno manje zagađuje životnu sredinu. Navedeno pokazuje da negativno delovanje na životnu sredinu može biti posledica individualnog delovanja pojedinca ili zajednice pa se može govoriti o individualnoj ili zajedničkoj odgovornosti spram ekoloških elemenata.

Ekološki aspekti održivog razvoja sistema transporta objedinjuju nekoliko načela:

1. zaštita od zagađenja,
2. zdravlje i sigurnost,
3. integrisano planiranje,
4. individualna i zajednička odgovornost,
5. iskorišćavanje zemlje i dobara,
6. usklađenost privrednog razvoja.

Koliko je danas bitno voditi računa o ekološkim aspektima pokazuje i činjenica da na svetskom nivou motorni transport čini 20% od svih delatnosti koje uzrokuju klimatske promene.

Vrste saobraćaja

Od samih početaka ljudske civilizacije čovek je imao potrebu za putovanjem. Jednako važan bio je transport ljudi i robe. U počecima se većina transporta odvijala kopnom (drumski) ili vodama (pomorski ili rečni). S razvojem ljudskog znanja i tehnologije došlo je do otkrića železnice koja je polako počela preuzimati veliki udeo transporta. Na kraju, razvio se i vazdušni transport.

Istraživanja su pokazala da stanovnici razvijenih zapadnih zemalja u proseku dnevno putuju 1 - 1,5 sati (što uključuje 3 - 4 povratna putovanja, s trajanjem najdužeg putovanja između 40 - 50 minuta), i za to troše 10 - 15% ličnog dohotka, a godišnje ostvare 3 do 4 povratna putovanja izvan svog prebivališta.

Drumski saobraćaj

Automobilski saobraćaj/transport imao je veliku ulogu u razvoju ljudskog društva. Prelaz na automobilski transport uticao je na formiranje velikih gradova (u SAD-u je korišćenje automobila dovelo do urbanizacije 60% stanovništva), međutim istraživanja su pokazala da okolinu najviše zagađuju motorna vozila i to više od 50%. U atmosferu se izbacuje velika količina ugljenikovih oksida (CO i CO2), azotovih oksida (NOx), sumporni oksid (SO2), olova i olovnih jedinjenja, kao i velika količina čvrstih čestica, čađi i teških metala.

Automobilski transport smanjuje kvalitet okoline i otpadnim materijama/tvarima koje nastaju trošenjem automobilskih guma i površinskih slojeva kolovoza. Veliki deo saobraćajnica, osim auto-puteva, nema adekvatno rešen problem odvoda kišnih padavina. Zbog toga zagađene vode s kolovoza odlaze u okolno tlo i može doći do zagađenja podzemnih voda.

Negativna uloga transporta ne ogleda se samo u emisiji štetnih gasova, već i u buci i vibracijama, zauzimanjem obradivih površina i vizuelnim degradiranjem prostora.

Vodeni saobraćaj

Vodeni saobraćaj, odnosno brodovi, i druga plovila znatno utiču na kvalitet voda i mora. U vodene eko-sisteme dnevno dospevaju velike količine različitog otpada, npr. nafta i naftni derivati, različita hemijska sredstva, fekalije itd. Količine otpada izrazito se povećavaju zbog vanrednih stanja poput havarija brodova. Upravo zbog tih problema (a zbog velikog opsega vodenog saobraćaja) donete su brojne međunarodne konvencije za zaštitu vodenih eko-sistema.

Poseban problem vodenog saobraćaja poslednjih godina predstavlja problem balastnih voda.

Vazdušni saobraćaj

Intenzivan razvoj vazdušnog saobraćaja je u nekim područjima doveo do opterećenja okoline do gornjih podnošljivih granica. Što se tiče aerozagađenja najveća je polucija prvih deset minuta kod poletanja i kod sletanja aviona. Udeo civilnog vazdušnog saobraćaja u odnosu na sve druge izvore procenjuje se na oko 1%. Međutim, osim ovog direktnog zagađenja avionski saobraćaj ima dva globalna i pogubna efekta. Utiče na smanjenje ozonskog omotača oko Zemlje i time direktno povećava količinu i energiju sunčeve insolacije naročito UV spektra koji ima kancerogeno delovanje na kožu čoveka. Indirektni učinak je povećanje globalne radijacije na populaciji ispod ruta avionskih linija (gde je i objektivno zabeležena viša učestalost malignih oboljena – melanoma koji zavise od sunčeve radijacije).

Buka kao drugi značajni vid polucije sa udvostručavanjem broja putnika svakih 5 godina raste za 3 dB, a kod mlaznih aviona za 8 dB. Ovoj poluciji valja dodati i vojne avione za koje su emisije uglavnom nepoznate. Način na koji aerodromi saniraju problem buke je taj da određene latelice koje stvaraju više buke od ostalih poleću i sleću u vazdušnu luku sa one strane piste koja je udaljenija od naselja.

Opasnost po okolinu od vojnih aviona koji prevoze nuklearno oružje, hemikalije ili biološka oružja nije potrebno posebno isticati.

Železnički saobraćaj

Uticaj železničkog saobraćaja na stanje životne sredine manje je invazivan i obuhvata manje prostora od drumskog saobraćaja. Od otvaranja prve pruge 1825. godine razvoj klasične železničke tehnologije rezultirao je u sve bržim, čistijim i rentabilnijim pogonskim sredstvima, a maksimum je postignut ostvarenjem tzv. TGV (te-že-ve) ideje.

Prednosti železničkog saobraćaja vezane su uz manje emisije štetnih gasova (tabela 1.) u poređenju s drugim saobraćajnim sredstvima. Jedna od ređe pominjanih prednosti železnice je niska potrošnja prostora . tlo je osnova života na Zemlji, a odlika je železnice da malo «troši» prostor. Dvokolosečna pruga zauzima prostor širok oko 15 metara, a u jednom satu njome je moguće prevesti isti broj ljudi i tereta kao auto-putem od 16 traka koji je širok 122 metra.

Zaštiti od buke u zemljama članicama EU pridaje se vrlo velika pažnja, pre svega radi postizanja kakvoće življenja i radi zaštite ljudskog zdravlja. Više od 80% buke iz komunalnih izvora otpada na buku što je stvaraju prevozna sredstva u saobraćaju. Od toga 18% otpada na šinska vozila, 50% na drumska vozila i 13% na vazduhoplove. Železnički prevoz stvara manje buke nego drumski ili vazdušni. Kod prevoza iste količine tereta i istog broja putnika železnički saobraćaj u proseku stvara od 25 do 50% manje buke.

Tabela 1. Emisije štetnih gasova

Tip saobraćaja	Putnički prevoz		Robni prevoz	
	Emisija štetnih gasova (g/putnik/km)		Emisija štetnih gasova (g/tona tereta/km)	
	CO2	NOx	CO2	NOx
Železnički	3	0,01	2,8	0,004
Drumski	87	0,48	53,0	0.700
Vazdušni	243	1,63	-	-

Ekonomska isplativost železnice

Zbog geografskog i strateškog položaja naše zemlje u Evropi, našim putevima se svake godine preveze više desetina hiljada tona zapaljivih materija i gasova, kao i otrovnih i za zdravlje štetnih materija.

Kod prevoza masovnih tereta železnicom troši se četiri puta manje energije nego onda kada se ista količina tih tereta prevozi kamionima. Preusmeravanjem prevoza masovnih tereta s drumova na železničke pruge oslobađaju se drumovi od zakrčenosti i uništavanja, i čuvaju se šume.

U teretnom prevozu železnica u sebi krije zlatne rezerve, kao što je na primer mogućnost utrostručivanja kapaciteta pojedinih pruga poboljšavanjem tehnologije nadzora nad vožnjom vozova. Izgradnjom uporednih koloseka na pojedinim deonicama postojećih pruga, osim povećavanja saobraćajne sigurnosti i redovnosti povećao bi se i njihov kapacitet, i to čak više puta.

Železnički koridori najbolje podstiču iskoristivost prostora, budući da je broj teških nesreća u železničkom saobraćaju nekoliko desetina puta manji nego u drumskom saobraćaju.

Železnica garantuje sigurnost i u putničkom i u teretnom prevozu. Jedna studija Organizacije za privrednu saradnju i razvoj (OECD) pokazala je da teški kamioni u teškim saobraćajnim nesrećama učestvuju više nego druga drumska vozila. Nasuprot tome, nesreće kod teretnih vozova mnogo su ređe.

Energetska isplativost železnice

Energija je krvotok privrednog razvoja i pokretač društvenog napretka, a raspolaganje s dovoljnim količinama jeftine energije jedan je od osnovnih preduslova za razvoj i blagostanje neke zemlje. Železnički saobraćaj štedi energiju na osnovu velike mase vozova i na osnovu izbegavanja njihovog čestog zaustavljanja i pokretanja. Kada bi samo 5% tereta što se u razvijenim zemljama prevoze drumovima bilo preusmereno na prevoz elektrificiranim prugama, uštedela bi se šestina ukupne količine nafte koju te zemlje uvezu sa Srednjeg istoka.

Ako se uporedi potrošnja energije (tabela 2.) potrebne za prevoz jednog putnika na udaljenosti od jednoga kilometra, tada je vidljivo da vozovi klase *InterCity* troše samo trećinu energije što je za prevoz na istoj udaljenosti troše putnički avioni i samo šestinu energije potrebne za pogon automobila u kom se vozi jedan čovek.

Ako se potrošnja energije uporedi po jedinici prevoza tereta i po vrsti prevoza (tabela 2.), tada je vidljivo da je kod kamionskog prevoza potrošnja pogonske energije više od četiri puta veća nego kod prevoza tereta železnicom ili brodom. U poređenju sa železničkim ili s vodenim saobraćajem potrošnja pogonske energije pri prevozu tereta avionom veća je više od šezdeset puta.

Tabela 2. Potrošnja energije po saobraćajnim granama.

Način prevoza	Spec. potrošnja (Kwh/000 netotonskikm)	odnos
Železnicom (brz.100 km/h)	120,0	1,00
Kamionom (brz.100 km/h)	520,0	4,33
Brodom	120,0	1,00
Avionom (brz.800km/h)	7.570,0	63,08

Železnički saobraćaj uveliko štedi energiju, i to je najveći doprinos železnice zaštiti životne sredine i privredi u pojedinim zemljama. Vozovima je u proseku potrebno manje pogonske energije nego ličnim vozilima i kamionima jer je otpor kretanju između železničkih točkova i čeličnih šina manji nego otpor kretanju između gumenih točkova i asfalta kolovoza. Osim toga vozovi se ređe zaustavljaju i ređe menjaju voznu brzinu, što takođe doprinosi smanjivanju rasipanja pogonske energije. U današnje vreme sve je potrebnije isticati da zbog efikasnije zaštite životne sredine prednost treba davati masovnom prevozu, koji najbolje može obavljati upravo železnica. Mogućnost prevoza velikih količina tereta železnicom naročito je važna u zemljama u razvoju. Naime, zbog slabog održavanja kamiona i zbog loših puteva i njihove zakrčenosti efikasnost drumskog saobraćaja je tu jako mala, a rasipanje energije je veliko.

Železnica može znatno smanjiti količinski udeo fosilnog goriva (nafte) koje se u nekoj zemlji troši za prevoz. Inače nafta umnogome opterećuje budžete svih zemalja koje tu sirovinu moraju kupovati na međunarodnom tržištu. Premda mnoge zemlje postupno, iz godine u godinu, povećavaju udeo elektrificiranih pruga na svojim železnicama, ipak nažalost znatni potencijali još uvek ostaju neiskorišćeni.

Drumski saobraćaj i ekologija

Gotovo da ne postoji sektor koji barem u malom procentu negativno ne utiče na životnu sredinu, stoga se istraživanja sprovode u svim sektorima. Kao što je već navedeno, sektor saobraćaja, koji predstavlja jedan od osnovnih činilaca ekonomskog rasta i kvaliteta življenja stanovnika, jedan je od najvećih zagađivača životne sredine, u prvom redu zbog velike emisije štetnih izduvnih gasova prevoznih sredstava, ali osim zagađenja vazduha, vode i tla, sektor saobraćaja je i značajan uzročnik buke, vibracija, promene klime, osiromašenja biološke raznolikosti, promene krajolika i prostora, kao i vanrednih događaja (saobraćajne nezgode).

Ekološka šteta izazvana saobraćajem konstantno raste. Stoga se postavlja pitanje kako osigurati kontinuirani razvoj mobilnosti, a u isto vreme štititi životnu sredinu, odnosno redukovaati emisiju štetnih gasova i nivo buke, kao i saobraćajne nezgode. Eksterni troškovi saobraćaja su veliki, a procenjuje se da u EU iznose 8 % BDP-a. Međutim, nisu sve grane saobraćaja jednaki zagađivači. Drumski saobraćaj, prema količini štetnih gasova koje emituju drumska vozila, daleko prednjači pred ostalim granama i izaziva 90 % ukupnih eksternih troškova.

Zagađivanje vazduha, kao negativni eksterni učinak saobraćaja, veliki je problem današnjice budući da utiče na mnoge sfere ljudskog života. Najveća pretnja je konstantni porast emisije tzv. gasova staklene bašte, koji se javljaju u prirodi a doprinose globalnom otopljavanju.



Slika 1. Uticaj emisije štetnih gasova na ljudsko zdravlje - proces

Naučno je dokazano da emisija gasova staklene bašte izaziva globalno zagrevanje, odnosno povećanje prosečne temperature, što za rezultat ima klimatske promene koje negativno utiču na ljudsko zdravlje. Samo u poslednjih 100 godina nivo prosečne globalne temperature povećao se za 0,6˚C, dok to povećanje na području EU iznosi čak 1,2 ˚C. Osim toga razdoblje od 1990. do 2000. g. bilo je najtoplije u poslednjih 150 godina. Prema ovakvom trendu do 2100.g. temperatura bi se mogla povećati još za od 1,4˚C do 5,8˚C, a najveće povećanje osetiće se u Istočnoj i Severnoj Evropi. Ovakvo zagrejavanje uveliko doprinosi klimatskim promenama, a time i negativnom uticaju na ljudsko zdravlje, budući da ono, između ostalog, zavisi od okruženja (kvalitet vazduha, nivo buke, kvalitet namirnica, itd.). Procene Svetske zdravstvene organizacije WHO iz 1997.g. su da će svake godine u svetu od posledica zagađivanja vazduha smrtno stradati 2,7 ili 3 miliona ljudi (dva scenarija). Prema WHO taj iznos je 6% od ukupnog broja smrtnih slučajeva. Kako bi se smanjila emisija gasova staklene bašte i njihov uticaj na promenu klime, definisane su granice dozvoljene emisije.

Osim navedenih činilaca koji negativno utiču na kvalitet vazduha, a time i kvalitet življenja, bitno je spomenuti i buku. Dozvoljeni nivo buke iznosi 50 dB, a već nivo od 60 dB može znatno uticati na psihičko i psihološko ljudsko zdravlje. Zbog konstantnog povećanja saobraćajnog sektora, posebno vazdušnog i drumskog, nivou buke preko 55 dB izloženo je preko 120 miliona ljudi u zemljama EU.

Mere smanjenja ukupnih emisija iz saobraćaja

Porast emisije gasova staklene bašte najteže je suzbiti u saobraćaju, budući da implementacija mera vrlo sporo deluj, a one se u najvećoj meri odnose na napredak u tehničkim

karakteristikama motornih vozila. Motori s unutrašnjim sagorevanjem emituju niz različitih štetnih materija/tvari, a te emisije primarno zavise od tehnologije vozila odnosno motora i svojstvava goriva. S obzirom da efikasnost tehnika za smanjenje emisije na vozilima zavisi i od goriva, efikasne mere moraju obuhvatiti uz standarde za vozila odnosno motore i standarde za gorivo.

Jedan od osnovnih ciljeva evropske politike održivog transporta je poštovanje ekoloških kriterijuma koji podrazumevaju niz mera uključujući tehnološka poboljšanja vozila, alternativne izvore energije, poresku politiku, subvencije, definisanje ekoloških standarda itd. Tako zakonodavstvo EU u području tehnologije i sigurnosti propisuje najveće dopuštene mase i dimenzije drumskih vozila, licenciranje vozača, utvrđuje procedure za tehnički pregled vozila, tehničke zahteve za drumska vozila, kao i područje sigurnosti i ekološke podobnosti motornih vozila na osnovu CEMT-ove rezolucije, kao i područje koje uređuje međunarodni Sporazum o prevozu opasnih materija (Sporazum ADR).

Standardi emisije za vozila zadaju se u obliku grama emitovane materije po pređenom kilometru, prosečno za tipični ciklus vožnje. Emisija vozila reguliše se za laka vozila (lični automobili i laka komercijalna vozila) i teška teretna vozila (kamioni i autobusi), a prema EU regulativi skraćeno se označava sa (EURO 1, EURO 2, …, EURO 5). Standardima se ograničava emisija ugljen monoksida (CO), ugljovodonika (HC), azotnih oksida (NOx) i čestica (PM). Poređenja radi, jedno vozilo kategorije EURO 1 ima emisiju kao tri vozila EURO 4, jedan kamion kao desetak ličnih automobila.

Uz tehničke mere od velikog značaja su i ostale tzv. organizacione mere s naglaskom na mere povećanja podsticajnih sredstava i sufinansiranje projekata „čistog" saobraćaja.

Osnovne karakteristike EURO standarda (EURO 1, 2, 3, 4, 5 i 6)

Evropska konferencija ministara saobraćaja (ECMT) od svog osnivanja 1953. godine, nastoji olakšati međunarodni drumski prevoz i integrisati dotična tržišta. Multilateralna kvota prevozničkih licenci uvedena je 1. januara 1974., a Veće ministara je smatralo da su učinili dobar korak prema postepenoj liberalizaciji drumskog prevoza tereta. Spomenuto dostignuće se moglo ostvariti samo zajedničkim snagama zemalja članica i nastojanjima da se usklade uslovi konkurencije drumskih prevoznika iz različitih zemalja i način transporta.

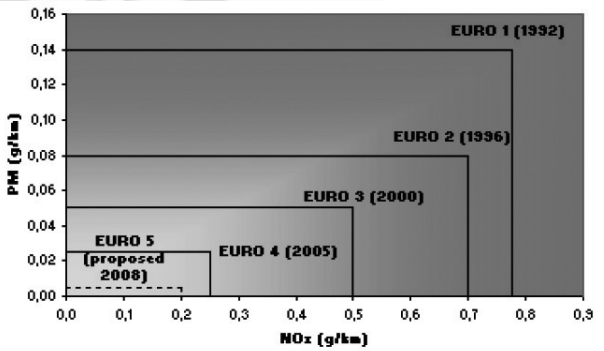
Uvođenjem normi s obzirom na emisiju buke i hemijskih sastojaka izduvnih gasova za "zelene" kamione, a potom i strože norme za izduvne gasove i sigurnosnu opremu za "zeleniji i sigurni" kamion, kao i za "EURO3 sigurni" i "EURO4 sigurni" kamion, multilateralna kvota se takođe zalaže za ekološka i sigurna vozila i time osigurava trajnu pokretljivost.

U zemljama EU, sva vozila registrovana od 1. oktobra 2006., moraju zadovoljavati zakon o normi Euro 4. Od 1. oktobra 2009. stupa na snagu Euro 5, a u predlogu je i Euro 6 koji bi se trebao primenjivati od 2014. godine. Zakonodavni okvir sastoji se od niza direktiva, s prvom iz 1970. godine. U tabeli 3. navedene su glavne direktive za definisanje emisije prema pojedinom EURO standardu.

Tabela 3. Direktive za pojedine EURO standarde

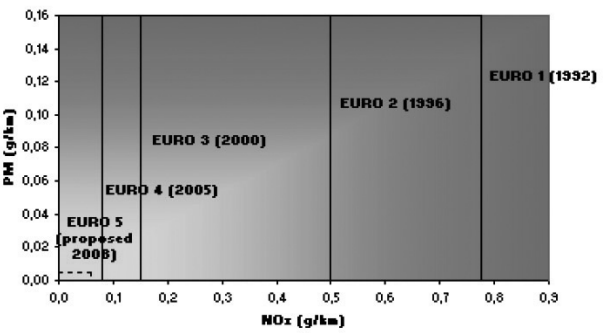
EURO standard	Godina	Kategorija	Direktiva
EURO 1	1993.	Za putničke automobile Za putničke automobile i laka teretna vozila	91/441/EEC 93/59/EEC
EURO 2	1996.	Za putnička vozila	94/12/EC, 96/69/EC
EURO 3	2000.	Za sva vozila	98/69/EC
EURO 4	2005.	Za sva vozila	98/69/EC, 2002/80/EC
EURO 5	2008./9/10	Za sva vozila	COM(2005)683 prijedlog
EURO 6	2014.	Za sva vozila	EU Tematska strategija (2006)

Euro-norme za smanjenje emisije štetnih gasova nameću značajne zahteve svim proizvođačima vozila (slika 3. i slika 4.). Pri tome je znatna razlika u standardima izduvnih gasova već između motora EURO 3 i EURO 4. Tako se emisija azotnih oksida (NOx) mora smanjiti za 30% (s 5 na 3,5 g/kWh), a emisija čestica (PM) za čak 80% (0,1 na 0,02 g/kWh).



Slika 3. Granične vrednosti EURO standarda emisije azotnih oksida (NOx) i čestica (PM) (dizel)

EURO 5 u odnosu na EURO 4, kod lakih vozila, ima pet puta manju emisiju čestica (PM) i 66 % manju emisiju azotnih oksida (NOx). Emisija iz benzinskih motora neće se bitno smanjiti, za 23 % azotnih oksida (NOx). Benzinski motori prema Euro 4 standardu imaju oko četiri puta manju emisiju azotnih oksida (NOx), zanemarivu emisiju čestica, ali imaju dvostruko veću emisiju ugljen monoksida (CO) i imaju emisiju HC što dizelski motori nemaju. Konačno, primenom EURO 5 i kasnije EURO 6 standarda, znatno će se doprineti smanjenju emisije štetnih gasova.



Slika 4. Granične vrednosti EURO standarda emisije azotnih oksida (NOx) i čestica (PM) (benzin)

Tabela 4. Norme za pojedine EURO standarde, s obzirom na emisiju buke i emisiju hemijskih sastojaka ispusta dizelskih motora

				EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
EMISIJA BUKE ZA VOZILA	vozila ‹ 75 kW		[dB]	77	77	77	77
	vozila › 75 kW i ‹ 150 kW		[dB]	78	78	78	78
	vozila ≥ 150 kW		[dB]	80	80	80	80
EMISIJA HEMIJSKIH SASTOJAKA ISPUHA DIZELSKIH MOTORA	Prema ESC i ELR testiranju	CO	[g/kWh]	4,9	4,0	2,1	1,5
		HC	[g/kWh]	1,23	1,1	0,66	0,46
		NO_x	[g/kWh]	9,0	7,0	5,0	3,5
		čestice PM	[g/kWh]	0,4	0,15	0,10 [0,13]	0,02
		korigiovana vrednost koeficijenta apsorpcije				0,80	0,5
	Prema ETC testiranju	CO	[g/kWh]			5,45	4,0
		NM.HC	[g/kWh]			0,78	0,55
		CH_4	[g/kWh]			1,6	1,1
		NO_x	[g/kWh]			5,0	3,5
		čestice PM	[g/kWh]			0,16 [0,2114]	0,03

Troškovi zagađivanja s obzirom na EURO standard

Troškovi zagađivanja životne sredine najčešće se definišu na osnovu vrednosti po toni zagađivača. Najčešća jedinica u kojoj se mere je trošak u određenoj valuti po vozilo-kilometru (npr. €ct/vkm), zavisno od transportnog moda, kategoriji vozila, zemlji u kojoj se vrši istraživanje, itd.. U tabeli 5. prikazani su troškovi po vozilo-kilometru bazirani na primeru za različite tipove vozila, zavisno od kategorije, nosivosti vozila, kategoriji emisije (euro standard) i tipu mreže. Vrednosti u tabeli predstavljaju različite faktore emisije za različite koncepte, kao i različite saobraćajne situacije (metropolitansko područje, gradsko, međugradsko i područje autoputa), a odnose se na emisiju NOx, NMVOC, SO2 i PM2.5/ PM10 (evaluacijska osnova: Nemačka). Definisane vrednosti preuzete su iz Priručnika za procenu eksternih troškova iz transportnog sektora (M. Maibach, C. Schreyer, D. Sutter (INFRAS), H.P. van Essen, B.H. Boon, R. Smokers, A. Schroten (CE Delft) C. Doll (Fraunhofer Gesellschaft – ISI) B. Pawlowska, M. Bak (University of Gdansk) **HANDBOOK ON ESTIMATION OF EXTERNAL COSTS IN THE TRANSPORT SECTOR**, Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), Version 1.1, Delft, February, 2008).

Tabela 5. Troškovi zagađivanja vazduha za teretna vozila izraženi u €ct/vkm (Primer Nemačke – emisija iz modela TREMOVE, HEATCO i CAFE CBA), cene se baziraju na €2000)

Vozilo	Nosivost vozila	EURO standard	Metropolitansko područje	Gradsko područje	Međugradsko područje	Autoput	Procena proseka
			(€ct/vkm)	(€ct/vkm)	(€ct/vkm)	(€ct/vkm)	(€ct/vkm)
KAMION	< 7,5 t	EURO 0	20,1	11,3	9,1	9,0	9,1
		EURO 1	12,0	6,7	5,4	5,3	5,4
		EURO 2	8,1	5,6	5,0	5,0	5,0
		EURO 3	7,5	4,8	4,0	3,9	4,0
		EURO 4	3,2	2,5	2,3	2,3	2,3
		EURO 5	2,3	1,6	1,4	1,4	1,4
	7,5 – 16t	EURO 0	28,2	15,7	11,9	11,1	11,6
		EURO 1	18,4	10,6	8,1	7,6	7,9
		EURO 2	12,4	8,5	7,2	6,9	7,1
		EURO 3	10,2	7,2	6,0	5,5	5,8
		EURO 4	5,3	4,1	3,5	3,3	3,4
		EURO 5	3,8	2,7	2,2	2,0	2,1
	16 - 32 t	EURO 0	29,0	16,5	12,7	11,8	12,1
		EURO 1	16,3	9,9	7,8	7,3	7,5
		EURO 2	12,9	9,1	7,5	7,1	7,2
		EURO 3	9,4	7,0	5,8	5,3	5,5
		EURO 4	5,2	4,1	3,5	3,2	3,3
		EURO 5	3,8	2,7	2,2	2,0	2,1
	> 32 t	EURO 0	38,3	22,3	16,8	14,9	15,3
		EURO 1	28,1	16,1	12,0	10,6	10,9
		EURO 2	18,9	13,2	10,7	9,6	9,8
		EURO 3	14,6	10,6	8,5	7,6	7,7
		EURO 4	7,4	6,1	5,1	4,5	4,6
		EURO 5	5,2	3,8	3,1	2,8	2,8

**Izvor faktora emisije: TREMOVE Base Case (model version 2.4.1).*

***Napomena: metropolitansko područje: gradovi s >0.5 miliona stanovnika, gradsko područje: gradovi s < 0.5 miliona stanovnika*

Analizom podataka iz tabele troškova zagađivanja vazduha za teretna vozila izraženih u €ct/vkm (tabela 5.), vidljivo je da su razlike u troškovima zagađivanja pojedinih vozila zavisno od njihove nosivosti i euro standardu značajne. Tako kod vozila nosivosti > 32 t, troškovi zagađivanja nižih euro standarda znatno su viši u odnosu na standard EURO 5 i kreću se od 1,6 do 5,5 puta, odnosno:

- vozilo standarda EURO 0 ima troškove zagađivanja 5,5 puta veće u odnosu na vozilo standarda EURO 5,
- vozilo standarda EURO 1 ima troškove zagađivanja 3,9 puta veće u odnosu na vozilo standarda EURO 5,

- vozilo standarda EURO 2 ima troškove zagađivanja 3,5 puta veće u odnosu na vozilo standarda EURO 5,
- vozilo standarda EURO 3 ima troškove zagađivanja 2,8 puta veće u odnosu na vozilo standarda EURO 5,
- vozilo standarda EURO 4 ima troškove zagađivanja 1,6 puta veće u odnosu na vozilo standarda EURO 5.

Ako se navedeni odnosi troškova vozila pojedinih euro standarda iskažu kroz finansijsku prizmu, uz pretpostavku da vozilo u godini dana pređe u proseku 100.000 km, u trogodišnjem razdoblju trošak zagađivanja kod takvog vozila standarda EURO 5 iznosi 8.400 €, dok za iste uslove trošak vozila standarda EURO 4 iznosi minimalno 13.800 €, standarda EURO 3 iznosi 23.100 €, standarda EURO 2 iznosi 29.400 €, standarda EURO 1 iznosi 32.700 €, standarda EURO 0 iznosi 45.900 €. Prema tome, s pretpostavkom zamene vozila nižih euro standarda vozilom standarda EURO 5, ušteda vozila standarda EURO 5 u odnosu na EURO 4 iznosi 5.400 €, u odnosu na EURO 3 iznosi 14.700 €, u odnosu na EURO 2 iznosi 21.000 €, u odnosu na EURO 1 iznosi 24.300 €, a u odnosu na EURO 0 iznosi 37.500 €.

S obzirom na gore iznetu računicu, treba se osvrnuti na stanje i strukturu voznog parka u Srbiji. Činjenica je da finalna potrošnja energije u saobraćaju dominira u drumskom saobraćaju sa učešćem od skoro 85%, ostalo otpada na vazdušni oko 5%, železnički oko 4%, gradski oko 5% i vodeni 1%. Zbog apsolutne dominacije drumskog saobraćaja ključni je problem energetske efikasnosti, ekologije i bezbednosti starost voznog parka u državi jer je po nekim podacima oko 400000 vozila starije od 20 godina. Za vozne parkove ostalih saobraćajnih grana taj prosek je još viši. Potrebno je stoga za sektor saobraćaja doneti strategiju razvoja, uskladiti zakone i propise i izvršiti podmlađivanje voznog parka u svim saobraćajnim strukturama

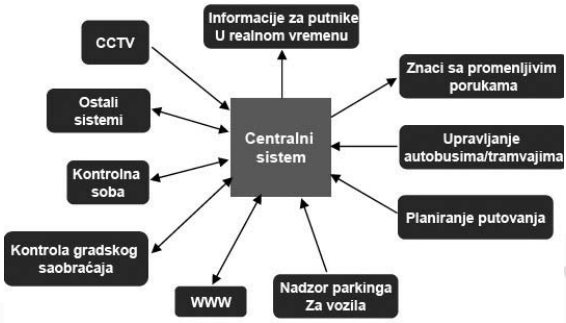
INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI

Ostvarivanje potrebe za racionalnijim saobraćajnim sistemom, koji je ekonomski efikasan i ekološki opravdan, zahteva novi način posmatranja i rešavanja saobraćajnih problema. Sprovođenje ovih zahteva iziskuje potpuno novu filozofiju formiranja, funkcionisanja i upravljanja svim komponentama u okviru saobraćajnog sistema, kroz efektivniju primenu savremenih upravljačkih, računarskih i komunikacionih tehnologija u saobraćaju kako pri izgradnji novih putnih pravaca tako i pri rehabilitaciji postojeće putne i ulične mreže.

Razlozi za novi pristup

Visoki troškovi izgradnje saobraćajne infrastrukture, nedostatak prostora u urbanim sredinama, rastući kriterijumi po pitanjima očuvanja kvaliteta životne sredine i prihvatljivog nivoa usluge saobraćajnog sistema, nametnuli su potrebu za boljim iskorišćenjem postojećeg kapaciteta mreže saobraćajnica. Velike mogućnosti za rešavanje složenog

zahteva koje korisnici i društvo u celini postavlja pred saobraćajni sistem, nalaze se u domenu upravavljanja saobraćajem. Iako razvoj hardvera i softvera u domenu saobraćaja, može obezbediti efikasniji pristup upravljanju saobraćajem, postaje jasno da upravljanje saobraćajem, posmatrano kao zasebna celina, ne može da reši sve saobraćajne probleme. Značajna pažnja se počinje pridavati integraciji drugih sistema u okvire upravljanja saobraćajem uz primenu savremenih tehnologija. Ovakav koncept integracije doprineo je pojavi i razvoju Inteligentnih Transportnih, Sistema (ITS).



Slika 5. Tipični elementi primene ITS-a u upravljanju i kontroli gradskog saobraćaja

Razvoj u domenu ITS-a predstavlja strateški neophodnu komponentu razvoja saobraćajnog sistema neke zemlje. Mnoge aplikacije ITS-a već su ušle u okvir nacionalnih strategija razvoja budućeg, popularno nazvanog e-transporta, zasnovanog na visokom stepenu integracije vidova transporta na bazi različitih informacionih platformi.

Šta se podrazumeva pod pojmom ITS-a?

Veliki broj definicija je danas prisutan u literaturi i u praksi (AustRoads, ERTICO, ITS America, VERTIS). Mogu se generalno podeliti na dve osnovne grupe i to: Hardverski orijentisane gde su ključne reči saobraćaj, prikupljanje podataka, komunikacione veze, upravljački centar: „ITS predstavlja primenu računarskih, informacionih i komunikacionih tehnologija na mreži saobraćajnica i u transportnim jedinicama koje vrše prevoz putnika i robe". Softverski orijentisane gde su ključne reči saobraćaj, korisnik (putnik, vozač), inteligentna optimizacija sa ciljem povećanja efikasnosti i bezbednosti: „Prilagodljiva, inteligentna integracija vozila, vozača i transportnog sistema radi efikasnijeg i bezbednijeg odvijanja saobraćaja". Navedene dve grupe definicija ne ukazuju na njihovu nekompatibilnost. One ukazuju da se ITS analizira, istražuje i primenjuje na različitim nivoima i ocenama očekivanih efekata od strane raznorodnih institucija (Industrija, instituti, univerziteti, konsultantske kuće i dr). Moglo bi se uz izvesne rezerve reći da su hardverski orijentisane definicije pa samim tim i prilazi više karakteristika moćnih industrija i njihovih asocijacija a da su softverski orijentisane definicije i prilazi više karakteristika naučno istraživačke arene koja obuhvata široki dijapazon različitih institucija. Činjenica je da je u naučno istraživačkom delu mnogo pre pojave današnjeg ITS razvijene različite optimizacione

procedure, principi, algoritmi, modeli raspodele saobraćaja na mrežu i dr. Primera ima mnogo, ali kao jedan od najznačajnih je Wordropov I i II princip raspodele saobraćaja na mrežu, ili tzv. korisnički i sistemski kriterijum raspodele. Principi su razvijeni i publikovani pedesetih godina prošlog veka ali je II princip u praksi postao primenljiv tek pojavom i primenomITS-a.

Mobilnost

Mobilnost danas razlikuje svet od sveta pre stotinak godina. Ljudi danas dnevno putuju više nego što su nekada putovali u celom životu. Efikasnost bezbednost, pouzdanost su ključne rečidanas za ocenu saobraćajno transportnog sistema. Povećanje mobilnosti i stepena motorizacije doveli su do debalansa odnosno stanja većih zahteva od kapaciteta mreže. Rezultat su zagušenja na mreži za koje se danas procenjuje da odnose od 2 do 4% BDP godišnje u Evropi. Bez obzira na proklamovane politike i strategije ovaj će se trend pod uslovom da ne dođe do nekih nepredvidivih situacija nastaviti i u budućnosti.

Usled toga jedan od imperativa je bolje, kvalitetnije, bezbednije upravljanje saobraćajem na mreži postojećih saobraćajnica. Dosadašnji rezultati u primeni i procene ukazuju da će ITS biti jedan od osnovnih alata u ostvarivanju kvalitetnijih, efikasnijih, bezbednijih uslova u saobraćaju na mreži saobraćajnica. Osnovne koristi od uvođenja ITS-a su prema većini izvora:

- Bolje iskorišćenje postojeće infrastrukture;
- Poboljšanje uslova u saobraćajnom toku;
- Kvalitetnija opslugau javnom prevozu;
- Unapređenje bezbednosti saobraćaja;
- Manji troškovi transporta;
- Smanjenje negativnihuticaja na životnu sredinu.

Prema mišljenu eksperata do 2017. godine sistematsko uvođenje ITS doprineće:

- Smanjenju nezgoda za 15%
- Smanjenju nezgoda sa smrtnim slučajevima za 50%
- Smanjenje vremena putovanja za 25%
- Smanjenje vremenskih gubitaka vozila JMPP-a za 50% usled davanja prioriteta ovim vozilima Ove procene su optimističke ali u svakom slučaju ukazuju da su potencijalne koristi od uvođenjaITS velike.

Hronologija ITS-a

Veoma je teško reći kada je tehnički sistem, bilo koji pa i saobraćajni, postao inteligentan. Stručnjaci različitih profila i pod pojmom inteligencija ne podrazumevaju uvek isto. Ostavićemo to za neku drugu raspravu. Za ilustraciju navode se samo na pojavu dva sistema koja ukazuju u kom pravcu se i kada je počeo da se razvija ITS.

Prva kontrola pristupa na autoputeve (*Ramp metering*) je uvedena ranih šezdesetih prošlog veka (May, 1964, Everall , 1972) i bila je bazirana na fiksnim programima rada svetlosnih signala pomoću kojih je vršena kontrola pristupa na autoput. Osnovni cilj tog sistema je bio povećanje efikasnosti odvijanja saobraćaja, odnosno nivoa usluge na autoputu. Kasnijim razvojem ostalih komponenti koje čine ITS i ciljevi su se izmenili. Danas pored efikasnosti saobraćaja ekologija i bezbednost takođe postali dominantni ciljevi. U Nemačkoj prvi sistem upravljana saobraćajem po saobraćajnim trakama (LCS) je uveden 1965.godine na 30km dugačkoj deonici u zoni Minhena. Kontrola je rađena manuelno na osnovu informacija sa video kamera. Fazi pristup u optimizaciji, koji je danas veoma rasprostranjen i baziran je na lingvističkim stavovima je verovatno i tada u nekom početnom obliku bio osnova u donošenju upravljačkih odluka.

Modaliteti primene

Današnja primena ITS je veoma široka i teško ju je u potpunosti sistematizovati. Jedna od podela u literaturi na osnovne programe ITS-a koji su u komercijalnoj upotrebi danasu drumskom saobraćaju je:

- Adaptibilni sistemi zaupravljanje saobraćajem putem svetlosnih signala (Australija)
- Automatska kontrola vozila (PATH Projekt)
- Automatska naplata putarine (Italija, Slovenija, Nemačka)
- Automatska naplata korišćenja gradskih saobraćajnica (Singapur)
- Sistemi informisanja vozačau toku vožnje ili pre početka vožnje (Atina)
- Upravljanje incidentnim situacijama (Nemačka)
- Informacije za putnike javnog prevoza (Engleska)
- Vođenje vozila po mreži (Pariz)
- Kontrola pristupa naautoputeve (SAD, Nemačka, Holandija).

U okviru navedenih programa postoji veliki broj komercijalnih programa koji se nude na tržištu. Dovoljno je pogledati knjigu „*Freeway management and Operations Handbook*", poglavlje 4 iz 2003. godine i videti koliko je različitih programa iz oblasti ITS-a u drumskom saobraćaju na raspolaganju. Primera radi samo u delu Upravljanje saobraćajem (Traffic management) navedeno je 20 različitih komercijalnih programa koji se nude na tržištu SAD.

ITS kod nas

ITS je nova disciplina koja sigurno obezbeđuje efikasnije i bezbednije odvijanje saobraćaja, bolje iskorišćenje postojeće infrastrukture, ali ne uvek i eliminaciju zagušenja na mreži. Uvođenje ITS u drumskom saobraćaju zahteva rad na sledećim bitnim celinama:

- Obrazovanje i obuka;
- Standardi i arhitektura ITS-a;
- Standardi u odnosu na infrastrukturu;
- Finansiranje ITS-a;
- Institucionalne promene;

U obrazovanju na visokoškolskim ustanovama potrebno je značajno prilagoditi postojeće iotvoriti nove kurseve koji odgovaraju zahtevima ITS-a. Danas najveći broj stručnjaka koji se bave infrastrukturom su građevinski i saobraćajni inženjeri koji nemaju veliko znanje iz elektronike i telekomunikacija. Obzirom da su telekomunikacije i informacione tehnologije značajna komponenta ITS-a inženjeri elektronike se sve više u poslednje vreme bave ITS-om ali najčešće sa minimalnim ili nikakvim znanjem iz oblasti kao što su sistem, infrastruktura, saobraćajni parametri, optimizacija, vrednovanje. Eksploatacija ITS podrazumeva daleko veća znanja iz ovih oblasti a to znači da je neophodna permanentna obuka na svim nivoima.

Kako je ITS u razvoju, za očekivati je da će u narednih 10 do 15 godina ova oblast biti predmet sve većeg izučavanja na tehničkim Univerzitetima ali i na ostalim obrazovnim institucijama . Budući inženjeri koji će se baviti upravljanjem saobraćajem biće verovatno više ITS sistem inženjeri nego saobraćajni, građevinski ili elektro inženjeri.

Standardi i arhitektura ITS-a ne postroje. Projekti koji su do sada rađeni kod nas su se oslanjali na nemačke i holandske standarde.

Standardi u odnosu na infrastrukturu nisu obuhvaćeni ni u jednom segmentu.

Finansiranje ITS-a nije potpuno jasno, još nije razrešeno ko i šta treba da finansira. Izradu standarda, istraživanja, razvoj pojedinih komponenti opreme i dr.

Institucionalne promene nisu ni započete. Jedino telo koje je formirano koliko je poznato je u okviru Ministarstva za kapitalne investicije . Koordinacija između potencijalnih učesnika je slaba i skoro nepoznata ostalima.

Zahtevi ITS-a

U literaturi, a i u komercijalnim programima, koji se nude na tržištu najčešće je data gruba podela ITS-a na sledeće celine:

- Saobraćajni tok u najširem smislu odnosno tok koji se kontroliše i kojim se upravlja (zahtevi, kapaciteti, intervali sleđenja, vreme, incidenti, ponašanje korisnika i dr.);
- Sistem merenja i prikupljanja podataka (saobraćajni parametri, vremenski parametri);
- Sistem komunikacija, prenosa podataka doiod upravljačkog centra;
- Upravljački centar sa komponentama neophodnim za donošenje odluka.

Navedene celine imaju svoja fizička ograničenja i svaki sistem ITS ima svoje specifičnosti koje zavise i od vrste i načina prikupljanja podataka, strukture sistema komunikacija, upravljačkih akcija koje se sprovode na osnovu uspostavljenih algoritama upravljanja. Algoritmi upravljanja u zavisnosti od sistema ITS koji se posmatra se razlikuju i mogu biti veoma jednostavni ali i veoma složeni. Algoritmi za vođenje vozila po mreži, optimizaciju rada adaptibilnih sistema za upravljanje saobraćajem, detekciju incidentnih situacija pripadaju skupu složenih algoritama (neuro fazi, genetski), dok su algoritmi za automatsku naplatu putarine po pravilu jednostavniji.

Da bismo lakše razumeli i potražili odgovor na postavljeno pitanje, izvršena je podela ITS-a na naredne celine:

- Sistem, odnosno infrastruktura;
- Saobraćajne karakteristike ili parametri koji uključuju i ponašanje korisnika;
- Aplikacije moguće primene;
- Komunikacije i spoljašnja oprema;
- Optimizacija i simulacija;
- Vrednovanje.

Sistem odnosno infrastruktura (mreža saobraćajnica, složene raskrsnice, arterije) se izučavaju detaljno na fakultetima kroz razne kurseve. Da li su ti kursevi po znanju koje nude dovoljni u smislu aplikacije ITS-a je diskutabilno. ITS zahteva i drugačije tehničko eksploatacione karakteristike mreže i raskrsnica (zone nakupljanja vozila, dužina saobraćajnih traka, razdelna ostrva koja ne omogućavaju upravljanje sa promenljivim brojem traka po smeru, nove statičke proračune za portale promenljive signalizacije što utiče i na promenu profila puta i dr).

Saobraćajne karakteristike se izučavaju takođe na većini fakulteta (teorija saobraćajnog toka, psihologija, analiza kapaciteta). Postavlja se isto pitanje kao i u prethodnom slučaju. Odgovor je skoro istovetan. Izučavanje ponašanja korisnika, prihvatanje ili ne informacija koje mu se nude, prihvatljivi intervali sleđenja, ponašanje korisnika u stanjima zagušenja, relacije vreme putovanja-protok i dr. se nedovoljno sa aspekta potreba ITS izučavaju. Istraživanja su iz navedenih oblasti veoma skromna pa samim tim i rezultati. Primera radi relacija protok-brzina u funkciji karakteristika gradske saobraćajnice se najčešće uzima iz postojećih priručnika ili uputstava koja su rađena u drugim uslovima i u drugim vremenima. U takvim slučajevima treba biti oprezan u interpretaciji rezultata.

Aplikacije -moguće primene. Tržište danas, kao što je već navedeno, nudi veliki broj komercijalnih programa ITS-a sa detaljno razrađenim tehničkim uslovima, zahtevima koji se postavljaju pred spoljnu i komunikacionu opremu i dr. Veoma često se daje i obimna dokumentacija o efektima koji se postižu takvim sistemima ali stvarni efekti nisu uvek prepoznatljivi jer metodološki nisu dovoljno razrađeni. Ključne reči kao što su efikasnost, bezbednost, ekologija, niži troškovi održavanja su skoro uvek prisutne u prezentovanju pojedinih ITS sistema ali određena sumnja ostaje kada se ima u vidu struktura algoritama po kojima se donose određene upravljačke odluke. Ostaje pitanje u pojedinim

slučajevima koliko je doprinelo efikasnom i bezbednom odvijanju saobraćaja promena strukture voznog parka, novi materijali u proizvodnji automobila a koliko sam sistem ITS-a. Činjenica je da i danas većina sistema upravljanja saobraćajem svetlosnim signalima, autoputskim rampama (ramp metering) i dr. rade po strategijama koje su bile prisutne i pre pojave ITS-a. Pomaci u smislu iskorišćenja mogućnosti koje pruža ITS su u praksi veoma mali. Dinamičko upravljanje saobraćajem se skoro i ne primenjuje u praksi iako je naučna i stručna literatura puna radova na tu temu.

Izučavanje mogućih primena, posebno tamo gde je industrija slaba i ne prati razvoj, je uglavnom vezano za izradu određenih finalnih radova, a INTERNET je jedan od osnovnih izvora informacija kao i komercijalni časopisi koji se bave ITS-om kao i određene tematske izložbe, sajmovi.

Komunikacije i spoljašnja oprema. Veoma važna komponenta ITS-a koja se izučava uglavnom kroz klasične kurseve kao što su Osnovi telekomunikacija, telekomunikacije i sl. sa nedovoljnim akcentom na nove zahteve koje ITS uspostavlja. Takođe u kursevima iz Optike (uglavnom kroz deo Fizike) je aspektu vidljivosti spoljašnje opreme dat veoma mali značaj. Ovo je posebno slučaj na saobraćajnim fakultetima i građevinskim koji sa druge strane plediraju da su nosioci razvoja i primene ITS-a na mreži saobraćajnica. Obzirom na kompleksnost ovog dela ITS-a postavlja se i logičnopitanje koliko je znanja inženjerima, koji sebave upravljanjem i projektovanjem saobraćaja, potrebno iz ove oblasti.

Optimizacija i simulacija. Za ovu celinu se može reći da je najviše i razvijena kroz različite kurseva na fakultetima. Različite optimizacione procedure (dinamičke optimizacije, stohastičke, heuristik, višekriterijumske, fazi, neuro fazi, predikcija protoka i dr.) se izučavaju najčešće u kursevima iz operacionih istraživanja, saobraćajnog modelovanja, simulacija, optimizacionih procedura. One su veoma često i osnova doktorskih radova i visokorangiranih naučnoistraživačkih projekata.

Poslednjih godina pojavio se veliki broj veoma efikasnih simulacionih softverskih programa koji omogućavaju analizu različitih scenarija upravljanja saobraćajem pa samim tim i sisteme oslonjene na ITS. Softverski programi za simulaciju oslanjaju se na različite modele te daju i različite izlazne rezultate. Dilema je: a) da li slušaocima navedenih kurseva treba dati onoliko znanja iz optimizacionih procedura da bi mogli da razumeju i koriste veoma efikasne simulacione softverske pakete ili b) obučiti ga da može sam da razvija nove optimizacione procedure.

Dilema postoji u svetu u smislu da li će se u primeni ITS i dalje razvijati korak po korak ili je za očekivati snažan preokret u smislu uvođenja dinamičkih kompleksnih ITS sistema upravljanja saobraćajem. Veoma interesantna i provokativna oblast optimizacije je naplata korišćenja delova urbane mreže i relacije između cene korišćenja mreže i raspodele saobraćaja na vidove i na mrežu i generisanje zahteva za parkiranjem u zonama u kojima ne postoji ova vrsta plaćanja nadoknade korišćenja mreže.

Vrednovanje najčešće obuhvata funkcionalno vrednovanje kada su u pitanju delovi mreže i na funkcionalno i ekonomsko kada su u pitanju značajniji infrastrukturni (u ovom slučaju putevi i objekti visokog ranga) objekti. Pojedini ulazni podaci se često preuzimaju

iz drugih izvora, priručnika i uputstava (bazne vrednosti zasićenog toka, idealan kapacitet i dr.) bez modifikacije sa rezultatima sopstvenih istraživanja. Posebno je teško utvrditi stvarne uticaje zagušenja i vrednovati efekte smanjenja zagušenja pa se zagušenja i nedovoljno modelski definišu i nedovoljno obrađuju kroz kurseve.

Budućnost ITS-a je obećavajuća, naročitio u domenu upravljanja saobraćajem u gradovima, gde se po prirodi stvari i generiše najveći broj problema i specifičnih zahteva koji se postavljaju pred saobraćajni sistem. Razvoj ITS tehnologija će svakako u tom domenu otvoriti nove mogućnosti razvoja postojećih i formiranja novih koncepata i strategija upravljanja. Razvojem ITS-a treba da se bavi društo u celini, obzirom da su koristi koje se ostvaruju njegovom primenom od višeg društvenog interesa.

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM



ENERGETSKI MENADŽMENT

Energetski menadžment, u najopštijem smislu predstavlja upravljanje parametrima energetskih tokova unutar neke organizacije, počev od procesa proizvodnje i nabavke energenata ili energije, preko procesa transformacije, sve do finalnog korišćenja energije. Pri tome se pod pojmom parametara energetskih tokova podrazumevaju različiti kvantitativni i kvalitativni parametri kojima se može opisati neki od navedenih procesa sa tehničkog, ekonomskog i socijalnog aspekta, kao i sa aspekta životne sredine. Ako se ovako definisano upravljanje energetskim tokovima vrši organizovano, struktuirano, sistematično i trajno, onda u organizaciji postoji uspostavljen sistem energetskog menadžmenta.

Sistemi energetskog menadžmenta mogu biti veoma različiti po strukturi, obimu i složenosti, zavisno od toga na kom se nivou uspostavljaju: nacionalnom, regionalnom, lokalnom ili na nivou same organizacije odnosno preduzeća/firme. U svakom slučaju, sistem energetskog menadžmenta predstavlja deo ukupnog sistema upravljanja državom, okrugom, opštinom i firmom, i ima određeni okvir, uspostavljenu organizacionu strukturu i odgovornosti unutar nje, definisane aktivnosti, procedure i postupke, kao i potrebne resurse za ostvarivanje unapred postavljenih ciljeva politike u oblasti energetike.

Ciljevi energetske politike mogu biti brojni i različiti zavisno o kakvom je sistemu energetskog menadžmenta reč, ali oni koji su svakako zajednički svim sistemima su:

- Obezbeđenje sigurnog snabdevanja energentima i energijom,
- Smanjenje potrošnje energije i troškova za energiju uz postizanje ili zadržavanje optimalnog kvaliteta energetskih usluga, kao i
- Smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu usled korišćenja energije, odnosno delatnosti organizacije.



Slika 1. Recept za dobar sistem energetskog menadžmenta je multidisciplinarnost

Svrha i značaj energetskog menadžmenta u opštinama

Opštine predstavljaju primere organizacija u javnom sektoru sa širokim nadležnostima. Zbog toga je njihova uloga u energetskom sektoru mnogostruka, veoma složena i značajna. One su istovremeno proizvođači i distributeri energije (sistemi daljinskog grejanja), potrošači energije (javne zgrade, vodovodi i druga javna komunalna preduzeća), kao i regulatori tržišta (toplotna energija, javni transport). Odgovorne su za tekuće i investiciono održavanje javnih objekata za koje plaćaju troškove za energiju. One sprovode lokalnu ekonomsku i socijalnu politiku, usvajaju planove prostornog i ekonomskog razvoja, donose opštinske propise i odlučuju o investicijama u opštinsku infrastrukturu koje mogu imati dalekosežne efekte. Takođe, one propisuju uslove, izdaju različite dozvole za gradnju objekata (uključujući i neke energetske objekte), kao i za obavljanje privrednih delatnosti. Tome treba dodati još i neposredan uticaj na stanovništvo putem promovisanja, edukacije, motivacije i iniciranja društvenih akcija, ali i povratni uticaj stanovništva na rukovodstvo opštine, s obzirom da se ono bira na neposrednim izborima. Međutim, i pored svoje mnogostruke uloge, opštine nemaju mogućnost da u potpunosti i kroz sve procese, upravljaju energetskim tokovima, jer određeni energetski tokovi, u potpunosti ili delimično, nisu pod opštinskom ingerencijom. Zato je njihov direktan uticaj najvećim delom koncentrisan na proces potrošnje finalne energije u javnom i privatnom sektoru, što presudno utiče na najvažnije ciljeve energetske politike opština.

Zbog svega navedenog, energetska politika opštine ima više dimenzija u poređenju sa energetskom politikom u proizvodnim organizacijama, što neminovno usložnjava i sam sistem energetskog menadžmenta. Tu posebno treba istaći socijalnu dimenziju, koja postavlja čitav niz zahteva koji su često suprotstavljeni tehničkim ili ekonomskim kriterijumima, ali su zato veoma značajni za rukovodstvo opštine, jer direktno utiču na raspoloženje stanovnika i njihovu izbornu volju.

Promene koje se poslednjih godina dešavaju u energetskom sektoru Srbije, neminovno će uticati ili već utiču na promenu ponašanja opština prema ovoj, veoma značajnoj oblasti. Sve više narasta svest da pitanje energetike opštine ima strateški značaj, što zahteva definisanje dugoročnih ciljeva politike u ovoj oblasti. Određivanju ciljeva energetske politike opštine potrebno je pristupiti sistematski, što znači jasno definisanje postojeće situacije u opštini, izradu projekcija razvoja opštine, sagledavanje tendencija promena društveno-ekonomskih uslova uopšte i, posebno, sagledavanje intenzivnih dešavanja u području energetike, kako kod nas, tako i u svetu. Sve ovo zahteva veoma ozbiljan i dugotrajan rad nadležnih u opštinama, uz uključivanje svih ostalih zainteresovanih strana. Rezultat ovog rada treba da bude uključivanje sistema energetike u strateške dokumente opštine, u kojima će ciljevi politike opštine u oblasti energetike biti jasno postavljeni i vidljivi.

Ipak, ovaj posao može biti znatno pojednostavljen i skraćen, ako se uzmu u obzir iskustva razvijenih zemalja čije su opštine znatno ranije prihvatile ovakav pristup. U tom smislu, za nas su posebno interesantna iskustva zemalja u tranziciji. Uzimajući u obzir svetska iskustva i specifičan okvir nadležnosti opština u našoj zemlji, moguće je izdvojiti set prioritetnih ciljeva energetske politike i kao takve ih preporučiti opštinama na teritoriji Republike Srbije:

- Obezbeđivanje optimalnog i sigurnog snabdevanja energentima i energijom na teritoriji opštine, kako u sadašnjosti, tako i u budućnosti.
- Smanjenje potrošnje energije, odnosno troškova za energiju koji se podmiruju iz opštinskog budžeta, uz dostizanje i održavanje odgovarajućeg kvaliteta komunalnih usluga i komfora u javnim zgradama.
- Smanjenje potrošnje energije u privatnom i komercijalnom sektoru, a da time ne bude ugrožen kvalitet stanovanja, odnosno obavljanja komercijalnih delatnosti.
- Smanjenje potrošnje energije, odnosno, troškova za energiju u javnim komunalnim preduzećima, uz dostizanje i održavanje odgovarajućeg kvaliteta komunalnih usluga.
- Upotreba obnovljivih izvora energije uz maksimalno korišćenje resursa sa sopstvene teritorije.
- Stvaranje uslova da što većem broju korisnika budu dostupni i pristupačni različiti energenti (gas, toplotna energija, električna energija, obnovljivi izvori energije).
- Stvaranje uslova da što većem broju korisnika budu dostupne usluge javnih komunalnih preduzeća.
- Smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu, kako usled korišćenja energije, tako i usled ostalih delatnosti.

Naravno, opštine mogu ustanoviti i veći broj ciljeva energetske politike, u zavisnosti od konkretnih potreba i uslova. Važno je istaći da ovako rangiran prioritet ciljeva energetske politike predstavlja odliku savremenog energetskog menadžmenta u opštinama.

Sistem energetskog menadžmenta predstavlja sredstvo za ostvarivanje ciljeva politike opštine u oblasti energetike. Zato njegov koncept i program suštinski zavise od njih.

Opštine u Republici Srbiji još uvek nisu uspostavile sistem energetskog menadžmenta koji je baziran na ovako rangiranim prioritetima politike opštine. Malo je opština koje su do sada usvojile strateške planove razvoja, a među njima su vrlo retki slučajevi opština koje su pitanje energetike uvrstile u strateška razmatranja. Stoga je logično da opštine nisu ni razmatrale mogućnost uspostavljanja sistema energetskog menadžmenta kao sredstva za ostvarivanje energetske politike. Veliki gradovi i neke veće opštine prepoznale su nužnost organizovanog i sistematskog bavljenja energetikom, pa su, u skladu sa tim, oformile i odgovarajuće strukture. U manjim opštinama pojedinci iz opštinskih direkcija ili javnih komunalnih preduzeća bave se pitanjima energetike. Međutim, u nedostatku sveobuhvatne i konzistentne energetske politike na lokalnom nivou, postojeći energetski menadžment u gradovima i opštinama Republike Srbije bavi se uglavnom zadovoljavanjem rastuće potražnje za energijom, bilo direktno, bilo kroz neki oblik komunalne usluge. Zbog toga je postojeći energetski menadžment najviše fokusiran na aktivnosti obezbeđivanja optimalnog i sigurnog snabdevanja energijom (direktno ili kroz komunalne usluge), održavanja energetskih postrojenja, kao i na planiranje i realizovanje novih investicija u njih. Pri tome, naročito treba naglasiti zaokupljenost nadležnih rešavanjem urgentnih problema održavanja komunalnih sistema, s obzirom na nasleđene probleme iz prošlosti. Pored toga, za naše opštine je karakteristična razdvojenost tehničkog od finansijskog aspekta energetskog menadžmenta, odnosno nabavke energenata od pružanja komunalne usluge ili održavanja komunalnih sistema i javnih zgrada. Pitanje nabavke i plaćanja energenata dislocirano je u finansijske službe, dok osoblje, koje se neposredno bavi operativnim radom i koje ima neposredan uvid u rad energetskih postrojenja ili javnih zgrada nema dovoljan uticaj na pomenute aktivnosti. U takvim uslovima, pitanje energetske efikasnosti javnih komunalnih preduzeća i potrošnje (javne ili privatne), ostalo je po strani. Isto važi i za korišćenje obnovljivih izvora energije ili smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu. Ovakva situacija suštinski utiče na organizaciju i aktivnosti postojećeg energetskog menadžmenta u opštinama. Pojednostavljeno rečeno, postojeći eneretski menadžment usko je orijentisan ka tehničkom aspektu proizvodnje energije ili pružanja komunalnih usluga, pa njegov okvir uglavnom ne prelazi operativni nivo. Takođe, postojeći energetski menadžment je najvećim delom fokusiran na stranu proizvodnje energije, odnosno pružanja komunalnih usluga, a veoma malo utiče na stranu potrošnje energije, odnosno korišćenja komunalnih usluga. Međutim, kada opštine koncipiraju energetsku politiku i kada se među prioritetne ciljeve te politike postavi povećanje energetske efikasnosti u svim sektorima potrošnje na koje opština ima uticaj, sistem energetskog menadžmenta će, kao sredstvo ostvarivanja takve politike, dobiti sasvim drugačiji koncept i program. Tek tada će sistem energetskog menadžmenta opštine odgovarati onome što se danas u svetu pod tim podrazumeva.

Iako do sada nije rađena sveobuhvatna i detaljna analiza potrošnje energije u javnom sektoru Srbije, na osnovu nekih ispitivanja moguće je sa sigurnošću tvrditi da je ona vrlo visoka i to daleko iznad proseka evropskih zemalja. Pri tome, većina opština ima probleme sa nedostatkom kapaciteta komunalnih sistema, kao što su vodovodi, daljinsko grejanje, javni transport i dr. Kada bi se kao primarni cilj energetske politike naših opština postavilo povećanje energetske efikasnosti i ka tome usmerile glavne aktivnosti energetskog

menadžmenta, one bi bile u stanju da izađu iz defanzivne pozicije u kojoj su prinuđene da stalno deluju i investiraju samo u zadovoljavanje rastuće potražnje za energijom. **Ostvarene uštede u energiji direktno znače uštede u opštinskom budžetu ili budžetu javnih komunalnih preduzeća, kojima se može otplatiti investicija u realizaciju konkretne mere energetske efikasnosti**. Po završetku otplate investicije, ušteda u budžetu se može upotrebiti u druge svrhe. U slučajevima komunalnih sistema (toplane, vodovodi) smanjenje gubitaka energije u sistemu ili na strani potrošača znači i mogućnost priključivanja novih potrošača i odlaganje ili izbegavanje investiranja u nove kapacitete. U mnogim slučajevima javnih zgrada (škole, vrtići, opštinske zgrade i dr.) mere energetske efikasnosti direktno vode ka poboljšanju komfora u zgradama i kvaliteta usluge koja se pruža u zgradi. Slično važi i za sistem javnog osvetljenja, gde primena mera energetske efikasnosti automatski znači i bolje održavanje funkcije sistema. Korisnici primećuju i pozdravljaju ovakve promene.

Primeri u svetu pokazuju da je, ako je energetska efikasnost prioritetni cilj energetske politike opštine i ako je sistem energetskog menadžmenta opštine postavljen u skladu sa tim ciljem, realno očekivati da će sistem sam sebe otplaćivati i ostvarivati dodatne uštede u tekućim rashodima budžeta koji su u vezi sa energijom i održavanjem objekata javne potrošnje.

Okvir sistema energetskog menadžmenta opštine

Okvir nekog sistema menadžmenta definiše granice sistema na koje se on primenjuje. Kada su u pitanju opštine, okvir sistema energetskog menadžmenta može se različito postaviti, što je jedna od većih teškoća prilikom njegovog uspostavljanja.

U fizičkom smislu, okvir sistema energetskog menadžmenta opštine odnosi se na teritoriju opštine, odnosno sistem bi trebalo da obuhvati sve energetske tokove unutar granica opštine.

U finansijsko-računovodstvenom smislu, okvir sistema energetskog menadžmenta opštine treba da se odnosi na energetske tokove za koje je opština delimično iliu potpunosti finansijski odgovorna.

U smislu pravne nadležnosti, kao okvir sistema energetskog menadžmenta nameću se granice zakonske odgovornosti opštine.

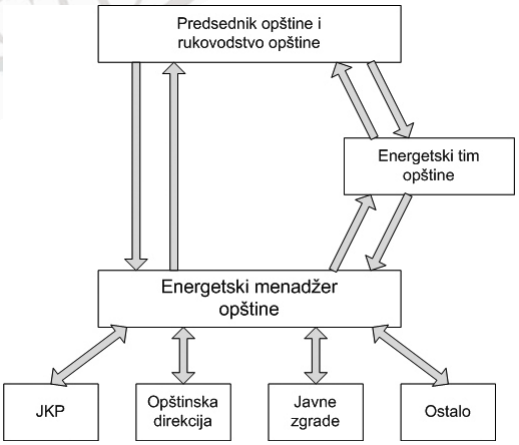
U slučaju naših opština, ova tri okvira se ne poklapaju, pa zato, pri koncipiranju sistema energetskog menadžmenta, treba veoma pažljivo definisati njegove granice, uz uvažavanje činjenice da je nekim energetskim tokovima moguće samo delimično upravljati u opštini. Na primer, opština ne može da utiče na proizvodnju električne energije u sistemu Elektroprivrede Srbije, ali zato može snažno da utiče na potrošnju električne energije u sopstvenom javnom sektoru. Takođe, neke opštine su udružene u gradove, a određena javna komunalna preduzeća pokrivaju teritorije više opština, pa u tom slučaju nije moguće kao granicu sistema postaviti granicu teritorije opštine.

U postojećim uslovima, opštine imaju potpunu ingerenciju nad tzv. objektima javne potrošnje. Zato ovi objekti obavezno i u potpunosti treba da budu obuhvaćeni sistemom energetskog menadžmenta.

Pored objekata javne potrošnje, energetski menadžment opštine treba da, na odgovarajući način, obuhvati i privatne i komercijalne korisnike, kako bi se ostvario željeni uticaj na tzv. stranu potrošnje energije, odnosno korišćenja komunalnih usluga. Iako su opštine u postojećim uslovima odgovorne za obezbeđivanje opšteg okvira za privredne delatnosti, one nemaju direktne ingerencije nad radom industrijskih i ostalih proizvodnih preduzeća na svojoj teritoriji. Zbog toga, energetski menadžment opštine ne može direktno da obuhvati industrijski sektor. Ipak, energetski menadžment opštine ne može da ne uzima u obzir industrijska preduzeća s obzirom da je najčešći slučaj da se i privatni, i javni, i industrijski sektor opštine snabdevaju energijom iz istih energetskih objekata i preko iste distributivne mreže (električna energija, gas). Pored toga, industrijska preduzeća su i korisnici komunalnih usluga, a čest je slučaj da su i sama uključena u pružanje određene komunalne usluge (npr., kada industrijska kotlarnica snabdeva delove opštine toplotom za grejanje). Zato odgovorni za energetski menadžment opštine u svakom konkretnom slučaju treba da definišu najbolji način za saradnju sa odgovornim strukturama industrijskih preduzeća radi ostvarivanja ciljeva energetske politike opštine.

Uspostavljanje sistema energetskog menadžmenta

Iako energetski menadžment predstavlja jedan od mehanizama održivog razvoja opštine, i kao takav treba da bude prepoznat i utemeljen u strateškim opredeljenjima opštine, iniciranje njegovog uspostavljanja najčešće je podstaknuto nekim drugim razlozima, kao što su: uvođenje zakonske obaveze izveštavanja, teškoće u snabdevanju nekim vidovima energije, nedostatak kapaciteta, veliki troškovi za energiju za koje opština plaća iz sopstvenog budžeta, ekološki problemi, teškoće u funkcionisanju nekih komunalnih sistema. U velikom broju slučajeva opštine nasleđuju neki oblik energetskog menadžmenta koji je postojao u prošlosti, a čiji domet ne prelazi operativni nivo komunalnih preduzeća. Zbog toga je takav sistem potrebno transformisati. Za sada najveći broj naših opština nema definisanu sopstvenu politiku u oblasti energetike. Stoga je najverovatnije da, u fazi uspostavljanja ili transformacije sistema energetskog menadžmenta, opštinsko rukovodstvo nema potpuno jasnu viziju sistema u budućnosti, jer nema sagledane i postavljene ciljeve energetske politike. Zato će, u mnogim slučajevima, definisanje ili redefinisanje ciljeva politike i uspostavljanje sistema energetskog menadžmenta teći paralelno i nužno u iteracijama. Bez obzira šta je iniciralo proces, podrška rukovodstva opštine je od suštinskog značaja u ovoj fazi.



Slika 2. Elementi sistema energetskog menadžmenta u opštini

Struktura sistema energetskog menadžmenta u opštini zavisi od veličine opštine, broja i vrste javnih komunalnih preduzeća, kao i od intenziteta privrednih aktivnosti na njenoj teritoriji. Ni jedan od ovih kriterijuma ne može biti odlučujući pri koncipiranju strukture sistema. Tako opštine sa sličnim brojem stanovnika, na primer iz centra Beograda i unutrašnjosti Srbije, imaju sasvim različite potrebe u pogledu energetskog menadžmenta jer se znatno razlikuju po broju javnih zgrada ili po komunalnim uslugama koje pružaju na svojoj teritoriji. Slično važi, na primer, za susedne opštine iz istog regiona sa sličnim brojem stanovnika, od kojih jedna od njih na svojoj teritoriji pruža vrlo kompleksnu energetsku komunalnu uslugu, kao što je daljinsko grejanje, a druga to ne čini. Opštine same treba da sagledaju svoje obaveze, potrebe, ciljeve i mogućnosti, pa da, u skladu sa tim, koncipiraju strukturu sopstvenog sistema energetskog menadžmenta. Pri tome se ne sme gubiti iz vida da je energetski menadžment samo sredstvo za ostvarivanje jasno definisanih ciljeva energetske politike opštine.

Opštinsko rukovodstvo treba da obezbedi da se odgovarajućim opštinskim odlukama uspostavi struktura koja će biti direktno zadužena i odgovorna za realizaciju ciljeva energetskog menadžmenta. Takođe, opštinsko rukovodstvo treba da obezbedi uslove za rad ove strukture, i to kroz obavezivanje nadležnih u opštinskim službama, u javnim komunalnim preduzećima, u javnim zgradama, kao i ostalih relevantnih subjekata da sarađuju.

U opštem slučaju, strukturu sistema energetskog menadžmenta u opštini treba da čini: rukovodstvo opštine na čelu sa predsednikom opštine i energetski tim opštine čiji je sastavni deo opštinski energetski menadžer. Neophodno je da energetski menadžer bude imenovan iz redova zaposlenih u opštinskoj direkciji ili javnim komunalnim preduzećima. Ta osoba treba da poseduje odgovarajuće kvalifikacije i prođe posebnu obuku za energetskog menadžera na kojoj treba da se upozna sa metodologijom prikupljanja podataka i izrade baznog energetskog bilansa opštine. Energetski tim, pored energetskog menadžera treba da bude sastavljen od više stručnih lica (npr. predstavnici pravnog i finansijskog odeljenja opštine, predstavnici javnih komunalnih preduzeća i sl.). Energetski tim se sastaje u redovnim vremenskim intervalima, prati i analizira najnovije podatke o potrošnji energije u objektima javne potrošnje, priprema periodične izveštaje, priprema predloge energetske politike opštine i zadužen je za realizaciju ciljeva energetske politike opštine, te komunicra sa višim državnim instancama u vezi sa pitanjima koja se odnose na energetiku.

S obzirom da među opštinama postoje velike razlike u broju stanovnika, a samim tim i u broju javnih zgrada i javnih komunalnih preduzeća, ponekad je (u slučaju malih opština) dovoljno da se poslovima energetskog menadžmenta bavi samo energetski menadžer i rukovodstvo opštine ili čak da više manjih opština imenuju jednog energetskog menadžera, koji bi onda neposredno sarađivao sa pojedinačnim rukovodstvima opština.

U velikim gradovima je neophodno da struktura sistema energetskog menadžmenta bude složenija. Razlog za to nalazi se u činjenici da su gradovi osnivači pojedinih komunalnih preduzeća koja svojim uslugama pokrivaju veći broj opština. Takva komunalna preduzeća su velika i već sama po sebi imaju složenu strukturu upravljanja. Broj korisnika

komunalnih usluga je takođe veliki, a njihova struktura je raznovrsna, što otežava upravljanje stranom potrošnje energije. Pored toga, gradovi su i administrativni centri, pa je u njima koncentrisano puno javnih zgrada od kojih su neke veoma velike i pružaju različite, energetski zahtevne, servise građanima (npr. bolnice, sportski centri i sl.). Svetska iskustva pokazuju da je u takvim uslovima celishodno organizovati sistem energetskog menadžmenta na nivou grada. Jedan od modela podrazumeva da se na nivou grada formira gradski odbor za energetiku. U odboru treba da budu predstavnici javnih komunalnih preduzeća i predstavnici opština koje su udružene u grad. Na čelu gradskog odbora za energetiku nalazi se energetski menadžer grada. Operativnim aspektom energetskog menadžmenta treba da se bavi više energetskih menadžera. U najboljem slučaju, po jedan energetski menadžer treba da pokriva po jedno javno komunalno preduzeće, a pored toga svaka od opština udruženih u grad bi trebalo da ima sopstvenog energetskog menadžera koji bi se bavio prvenstveno javnim zgradama na teritoriji konkretne opštine i javnim komunalnim preduzećima koja pokrivaju samo teritoriju te opštine. Svi energetski menadžeri treba intenzivno da sarađuju sa gradskim odborom za energetiku, ali i sa rukovodstvom sopstvene oštine, odnosno javnog komunalnog preduzeća koje pokrivaju. Naravno, gradovi mogu usvojiti i drugačije modele strukture sistema energetskog menadžmenta koji više odgovaraju postojećoj organizaciji gradske uprave.

Posebnu pažnju treba posvetiti redovnoj i dobroj komunikaciji između nadležnih u javnim preduzećima i energetskog menadžera, jer je ona izuzetno važna za uspostavljanje i dalje funkcionisanje sistema. To podrazumeva jasno definisane procedure za prikupljanje podataka i izveštavanje energetskog menadžera, način sprovođenja instrukcija dobijenih od strane energetskog menadžera, kao i odgovornosti svih učesnika. Takođe, dužnosti i ovlašćenja energetskog menadžera moraju biti poznata svim nadležnim u javnim zgradama i javnim komunalnim preduzećima.

Odluka o uspostavljanju energetskog menadžmenta u opštini treba da bude javna, sa jasnim obrazloženjem zašto se ona donosi. Javnost treba stalno i na odgovarajući način da bude obaveštavana o naporima i podršci koju opština pruža aktivnostima energetskog menadžmenta, i kasnije, o direktnim rezultatima proisteklim iz toga.

Aktivnosti u okviru sistema energetskog menadžmenta u opštini

Osnovne aktivnosti u okviru sistema energetskog menadžmenta opštine mogu se podeliti na nekoliko karakterističnih grupa:

1. Prikupljanje podataka i izrada baze podataka o snabdevanju energijom i potrošnji energije u objektima javne potrošnje, a koja treba da uključi sve relevantne informacije koje se odnose na karakteristike i funkciju tih objekata.
2. Izrada energetskog bilansa opštine za prethodnu kalendarsku godinu u skladu sa preporučenom ili propisanom metodologijom. Energetski bilans je od ključne važnosti da se ustanovi gde se opština nalazi u pogledu stanja energetike, a radi definisanja energetske politike opštine.

3. Identifikacija mogućnosti za uštedu energije (izrada energetskih indikatora, definisanje potencijala i mera uštede energije, definisanje liste prioritetnih mera). Indikatori su instrument za merenje efikasnosti komunalnih usluga i javnih zgrada i koriste se za uporedne analize radi definisanja efikasnosti proizvodnje i potrošnje energije.
4. Priprema periodičnih izveštaja koji sadrže analizu potrošnje energije i troškova za energiju u objektima javne potrošnje sa predlogom prioritetnih mera kojima će se unaprediti energetsko stanje na nivou opštine.
5. Priprema i realizacija projekata energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije u sektoru javne potrošnje.
6. Izrada energetskog plana opštine u skladu sa preporučenom ili propisanom metodologijom.
7. Informisanje i motivacija korisnika energetskih usluga da štede energiju, obuke, promotivne akcije i sl.

Energetski menadžer

Okosnicu strukture sistema energetskog menadžmenta opštine čini energetski menadžer.

U opis posla energetskog menadžera spadaju sledeće aktivnosti:

- Prikupljanje, praćenje i analiza podataka koji se odnose na nabavku, transformaciju i potrošnju energije u javnim komunalnim preduzećima, javnim zgradama, ostalim sistemima koji spadaju u objekte javne potrošnje, kao i u ostalim objektima na strani potrošnje energije.
- Izrada energetskog bilansa opštine.
- Izrada periodičnih izveštaja o stanju opštine u oblasti energetike.
- Učešće u izradi energetskog plana opštine.
- Identifikacija mogućnosti korišćenja obnovljivih izvora energije na teritoriji opštine, a posebno u javnim komunalnim preduzećima, javnim zgradama iostalim sistemima koji spadaju u objekte javne potrošnje;
- Identifikacija mera racionalnog korišćenja energije u javnim komunalnim preduzećima, javnim zgradama i ostalim sistemima koji spadaju u objekte javne potrošnje.
- Priprema i praćenje realizacije projekata za uštedu energije ili korišćenje obnovljivih izvora energije.
- Saradnja sa ostalim članovima sistema energetskog menadžmenta opštine, kao i drugim opštinskim organima, višim državnim instancama i slično.
- Permanentno usavršavanje u oblasti energetskog menadžmenta i energetskog planiranja na opštinskom nivou kroz domaće i međunarodne seminare.

Obim posla energetskog menadžera može se razlikovati od opštine do opštine, zavisno od veličine, broja i složenosti objekata javne potrošnje. Takođe, obim posla energetskog menadžera treba postepeno da se uvećava u skladu sa dinamikom njegovog osposobljavanja i sa dinamikom razvoja celokupnog sistema u opštini.

Energetski menadžer opštine treba da bude osoba koja poseduje neophodna tehnička znanja i odgovarajuće radno iskustvo, po mogućstvu u javnim komunalnim preduzećima ili na održavanju industrijskih termotehničkih, vodovodnih ili električnih sistema. Posebno bi bilo korisno da energetski menadžer poseduje znanja iz oblasti pripreme i upravljanja projektima. Tehnička kompetentnost se najčešće smatra primarnom kvalifikacijom energetskog menadžera, ali to ne sme da bude isključivi kriterijum. U većim opštinama moguće je obezbediti širu tehničku podršku, tako da energetski menadžer može biti i neko sa pretežnim iskustvom iz oblasti opšteg menadžmenta. Takođe, ne treba zanemariti potrebu da energetski menadžer dobro poznaje način rada opštinske administracije. Bez obzira kakve prethodno stečene kvalifikacije i znanja poseduje energetski menadžer, neophodno je da prođe i posebne dodatne obuke, na kojima će se upoznati sa konceptom energetskog menadžmenta u opštinama.

Inače, energetski menadžment je vrlo živa materija kojoj se u svetu posvećuje sve više pažnje. Zato se od energetskog menadžera očekuje daredovno prati ovu temu i da inovira svoja znanja, kako samostalno, tako i u saradnji sa opštinskim i državnim organima. U tom smislu, posebno je poželjna saradnja sa energetskim menadžerima drugih opština u Srbiji. Razmena mišljenja i iskustva sa kolegama koji se susreću sa sličnim problemima može značajno doprineti prevazilaženju teškoća i promovisanju primera dobre prakse.



PRIKUPLJANJE OSNOVNIH ENERGETSKIH PODATAKA

Prikupljanje osnovnih energetskih podataka za objekte koji su u nadležnosti lokalne samouprave i utvrđivanje preseka potrošnje energije u navedenim objektima je prvi korak na putu ka uspostavljanju sistema za praćenje i upravljanje energetskim sistemima i resursima opštine. Primena takve aktivnosti omogućava utvrđivanje udela finansijskih sredstava koja su potrebna za podmirenje energetskih potreba opštine ili grada. Upravo na takav način moguće je sprovesti racionalno i ekonomski opravdano gazdovanje/upravljanje raspoloživim finansijskim sredstvima opštine, odnosno grada.

Izvori podataka

Pod objektima javne potrošnje u nadležnosti jedinice lokalne samouprave podrazumevaju se objekti u opštoj upotrebi (javne zgrade, ulice, putevi, parkovi, trgovi, javne površine i drugi objekti u opštoj upotrebi u nadležnosti lokalne samouprave), javna komunalna preduzeća (osnovana za obavljanje komunalne delatnosti – vodovod, kanalizacija, snabdevanje parom i toplom vodom, javni transport), javno osvetljenje i drugi objekti za koje lokalna samouprava snosi troškove potrošnje energije, odnosno energenata. Prikupljanje podataka neophodno je sprovesti u sledećim objektima:

- Administrativne zgrade,
- Ustanove o kojima brigu vodi lokalna samouprava i finansiraju se iz budžeta lokalne samouprave,
- Sportsko-rekreativni centri u vlasništvu opštine,
- Ostale javne zgrade (škole, domovi zdravlja itd.)
- Javna komunalna preduzeća posmatrana kroz svoju uslužnu, odnosno proizvodnu funkciju:
  - Gradska toplana,
  - Preduzeće za distribuciju prirodnog gasa,
  - Preduzeće za vodosnabdevanje i kanalizaciju,
  - Preduzeće koje pruža usluge javnog prevoza,
- Javna rasveta.

Podatke o energetskoj potrošnji moguće je prikupljati na osnovu postojećih računa za utrošene energente i na osnovu merenja sprovedenih na samom javnom objektu ili sistemu.

Prikupljanje podataka predstavlja osnovni zadatak opštinskog energetskog menadžera. To je prvi i najvažniji korak u radu i njegovo uspešno izvršenje omogućava realizaciju čitave lepeze ostalih zadataka.

Prikupljanje podataka nije lak posao i veoma je teško u prvom trenutku prikupiti kvalitetne i pouzdane podatke, ali je s druge strane veoma važno da se u tom pogledu napravi prvi korak. Sistem prikupljanja podataka o energetskoj potrošnji se u toku vremena može poboljšavati i usavršavati.

Na osnovu prikupljenih podataka, opštinski energetski menadžer će formirati i/ili upotpuniti postojeću elektronsku bazu podataka neophodnu za njegov rad i kao prvu stepenicu u razvoju energetskog menadžmenta u opštini. Ova baza podataka u početnoj fazi treba da sadrži osnovne podatke o potrošnji energije i troškovima opštine za energiju, ali je neophodno da se u kontinuitetu ažurira, proširuje i softverski organizuje. Takođe treba napomenuti da opština već poseduje brojne podatke koje je, ukoliko to nije već učinjeno, potrebno organizovati i sistematizovati odnosno uneti u bazu podataka opštinskog energetskog menadžera.

Neophodno je primeniti sistemski pristup u prikupljanju podataka. Praćenje energetske potrošnje sprovodi se za svaki energent zasebno (električna energija, prirodni gas, lož ulje, ugalj, drvo, potrošnju vode).

Vrste podataka i vremenski period prikupljanja podataka

Podaci se mogu prikupljati na godišnjem, mesečnom, nedeljnom, dnevnom i časovnom nivou.

Podaci koji se prikupljaju odnose se na potrošnju energenata u osnovnim jedinicama (električna energija – [kWh]; prirodni gas [Nm^3]; ugalj – [t]; lož ulje - [t]; potrošnja vode - [m^3]). Posebnu pažnju energetski menadžer mora da obrati na sledeće činjenice:

- vremenski period na koji se računi odnose (obavezno zabeležiti period na koji se račun odnosi);
- podatake očitavanja merača (datum kada je očitavanje sprovedeno – idealno ako su očitavanja sprovedena za različite energente istog danau isto vreme);
- prikupljanje podataka za potrošnju električne energije i prirodnog gasa trebalo bi da bude relativno lako, jer se očitavanja sprovode na regularnoj mesečnoj osnovi – redovni mesečni računi;
- prikupljanje podataka o energentima koji se skladište (npr. ugalj, drvo, lož ulje, mazut i dr.) – vremenski period narudžbine ne mora obavezno odgovarati vremenskom periodu korišćenja navedenih energenata;
- za goriva (ugalj, drvo, lož ulje, mazut i dr.) neophodno je prikupiti odgovarajuće podatke o donjoj toplotnoj moći, ukoliko se takvi podaci ne nalaze na odgovarajućim računima;
- tarifni sistem za odgovarajući energent (potpuno razumevanje svih stavki u računu za utrošak energije);
- jednične cene energenata – praćenje promene jedinične cene u toku godine;
- potrošnja energenata u opštem slučaju se prati u odgovarajućim osnovnim jedinicama, s toga je potrebno izvršiti konverziju (primena konverzionih faktora) u odgovarajuću unapred dogovorenu zajedničku jedinicu (npr: [GWh] ili [GJ]).

U početnoj fazi uspostavljanja energetskog menadžmenta u opštini, kada ne postoji sistematizovana baza podataka, prikupljanje podataka obaviće se na godišnjem nivou za definisanu baznu godinu kako bi se što pre uspostavio rad opštinskog energetskog menadžera, ali je preporuka da se u tom slučaju što pre uspostavi sistem mesečnog prikupljanja podataka.

Podaci o potrošnji energije/energenata u opštini generalno se prikupljaju kombinacijom dve vrste upitnika:

- Upitnici za finalne potrošače (javne zgrade, javno osvetljenje, neka javna komunalna preduzeća) i
- Upitnici za javna komunalna preduzeća koja vrše transformaciju energije, odnosno proizvodnju određenog oblika energije (toplane, vodovodi).

Tabela 1. Primer osnovne strukture upitnika za proizvođače energije i vode na opštini

NAZIV JAVNOG KOMUNALNOG PREDUZEĆA.....

ADRESA .....

IME I PREZIME LICA ODGOVORNOG ZA PRIKUPLjANjE PODATAKA.....

TELEFON .....

e- mail .....

VREMENSKI PERIOD NA KOJI SE ODNOSE PODACI .....

KRATAK TEHNIČKI OPIS POSTROJENjA .....

STAROST POSTROJENjA .....

DATUM DOSTAVLjANjA PODATAKA .....

POTPIS ODGOVORNOG LICA .....

GODINA:	Kameni ugalj	Mrki ugalj	Lignit	Mazut	benzin	Lož ulje	Prirodni gas	OIE	El. energija	Toplotna energija	Drvo	Ostalo	Voda
Fizičke jedinice	t	t	t	t	l	l	Nm3	t	GWh	GJ	m3		m3
Donja toplotna moć goriva													
Troškovi nabake u dinarima													
Nabavka u fizičkim jedinicama													
Promena zaliha u fizičkim jedinicama													
Ulaz u transformacije													
Izlaz iz transformacija													
Gubici u prenosu i distribuciji													
Potrošnja energetskog postrojenja													
Ukupna isporučena energija potrošačima													
Industrija													
Saobraćaj													
Javne i komercijalne delatnosti													
Domaćinstva													
Ostalo													
Ukupni troškovi proizvodnje energije iskizani u dinarima													

Tabela 2. Primer osnovne strukture upitnika za objekte potrošnje na teritoriji opštine

NAZIV OBJEKTA POTROŠNJE .....

ADRESA .....

IME I PREZIME LICA ODGOVORNOG ZA PRIKUPLjANjE PODATAKA.....

TELEFON .....

e- mail .....

VREMENSKI PERIOD NA KOJI SE ODNOSE PODACI .....

KRATAK TEHNIČKI OPIS OBJEKTA …….....

GODINA IZGRADNJE .....

POVRŠINA OBJEKTA:

UKUPNA:

GREJNA:

UKUPNA ZAPREMINA OBJEKTA:

UKUPAN BROJ KORISNIKA OBJEKTA:

PROSEČAN BROJ RADNIH SATI:

DATUM DOSTAVLjANjA PODATAKA .....

POTPIS ODGOVORNOG LICA .....

GODINA:	Kameni ugalj	Mrki ugalj	Lignit	Mazut	benzin	Lož ulje	Prirodni gas	OIE	El. energija	Toplotna energija	Drvo	Ostalo	Voda
Fizičke jedinice	t	t	t	t	l	l	Nm3	t	GWh	GJ	m3		m3
Donja toplotna moć goriva													
Utrošena energija, odnosno voda izražena u dinarima													
Utrošena energija, odnosno voda izražena u u fizičkim jedinicama													
Potrošnja po energetskim uslugama													
Grejanje													
Hlađenje													
Klimatizacija													
Topla voda													
Termička priprema hrane													
Unutrašnja rasveta													
Električni uređaji													
Ostalo													

U tabelama 1. i 2. dati su primeri osnovne strukture upitnika za prikupljanje podataka za rad energetskog menadžera. Svaki energetski menadžer tokom svog rada može i treba ovu strukturu upitnika da proširuje sa zahtevima za detaljnijim podacima, a saglasno sa mogućnostima prikupljanja podataka na teritoriji njegove opštine. Energetski menadžer mora da u što kraćem roku ovlada tehnikom prikupljanja podataka u cilju primene datog programskog paketa. Preporuka je da se u svim objektima javne potrošnje uspostavi sistem izveštavanja i redovne komunikacije sa opštinskim energetskim menadžerom kako bi se olakšalo prikupljanje podataka, poboljšao njihov kvalitet i omogućilo njihovo pravovremeno prosleđivanje opštinskom energetskom menadžeru.

Glavne grupe pitanja od kojih se polazi pri prikupljanju podataka su:

- Koje vrste energenata/energije se koriste i kolika je njihova jedinična cena?
- Ko ih koristi i u kojoj količini na godišnjem odnosno mesečnom nivou?
- Od koga i na koji način se dobijaju informacije?
- Koji obnovljivi izvori energije postoje na teritoriji opštine, koliki je njihov potencijal i kakve su mogućnosti za korišćenje otpada u energetske svrhe?

Prvo pitanje definiše ulazne energetske kategorije: električnu energiju, njenu cenu i tarifni sistem, naftu i njene derivate, vrsta uglja, obnovljive izvore energije (OIE), drvo, otpadnu toplotu i drugo. U ovu kategoriju spadaju i potrošnja vode i njena cena (pijaća voda, kanalizacija).

Drugo pitanje definiše krajnje korisnike i njihove specifičnosti. To su u slučaju opština: javne zgrade (škole, bolnice, staračke domovi, zgrade državne i opštinske administracije, sportski objekti i dr.), toplane, vodovod i kanalizacija i druga komunalna preduzeća, javni transport, javno osvetljenje i dr. Od njih se uzimaju podaci o potrošnji energenata i drugi specifični podaci koji su karakteristika svake od gore navedenih ustanova. To su, na primer, podaci o lokaciji, ukupnoj grejnoj površini, vremenu rada, broju zaposlenih, broju učenika, primenjenim standardima ugodnosti i dr.

Informacije, odnosno podaci mogu se dobiti merenjem, izračunavanjem, odnosno procenom. Primer je izračunavanje potrošnje nekog energenta tokom grejne sezone na osnovu podataka o stepen danima, prosečnoj temperaturi tokom grejne sezone, instalisanom toplotnom kapacitetu i stepenu korisnosti kotla. Takođe, u sektorima za koje ne postoje pouzdani podaci, potrošnja energije i energenata se delom računa kao ostatak, delom se procenjuje na osnovu prethodnih istraživanja na osnovu kojih se može proceniti potrošnja.

Podaci koje je potrebno prikupiti mogu se razvrstati u četiri kategorije:

1 Podaci o proizvodnji i potrošnji energije i energenata iskazani u fizičkim jedinicama, njihovoj ceni, vremenu i načinu korišćenja.

2 Podaci o potrošnji i ceni vode.

3 Tehničke karakteristike objekata javne potrošnje.

4 Specifični podaci vezani za pravni status, način upravljanja i način finansiranja objekta javne potrošnje.

Količina goriva se meri za potrebe nabavke i naplate, kao i za potrebe praćenja i upravljanja procesima u kojima se goriva koriste. Proizvodnja i potrošnja goriva se prikuplja tako što su podaci iskazani u fizičkim jedinicama, ali se za potrebe izrade energetskog bilansa i daljih analiza ovi iznosi pretvaraju u energetske jedinice. Energetske jedinice dozvoljavaju sabiranje energija od različitih goriva koja su u različitim agregatnim stanjima. Podaci o potrošnji vode su najdostupniji, s obzirom da svaki objekat ima ugrađene merače protoka.

Podaci o tehničkim karakteristikama objekata javne potrošnje su: ukupna površina objekta, spratnost objekta, starost objekta, ukupna grejna površina, ukupna ventilisana površina, ukupna klimatizovana površina, primenjena termička izolacija objekta (vrsta, dimenzije), broj korisnika, tehničke karakteristike sistema za grejanje i hlađenje, stepen korisnosti pojedinih sistema koji koriste energiju i sl.

Specifični podaci o objektu javne potrošnje su: adresa i vlasnik, kontakt osoba, kategorija u koju spada krajnji korisnik (transport, domaćinstva, državne ustanove, poljoprivreda i dr.), način finansiranja troškova za energiju, tekuće i investiciono održavanje i dr. Javni sektor je po prirodi stvari korisnik budžeta. Troškovi javnog sektora za utrošenu energiju su budžetski troškovi i kao takvi se prate i analiziraju.

Podaci o troškovima koje energetski menadžer treba da prikupi su sledeći:

Javne zgrade:

- troškovi grejanja, uz napomenu o vrsti energenta, odnosno oblika energije koji se koristi,
- troškovi električne energije,
- troškovi vodosnabdevanja,
- troškovi kanalizacije i prerade otpadnih voda.

sistem daljinskog grejanja:

- ulazni troškovi (energenti, sirova voda),
- sopstvena potrošnja,
- količina i naplata predate (prodate) energije,
- troškovi vodosnabdevanja,
- troškovi prerade i kanalizacije otpadnih voda.

ulično osvetljenje:

- troškovi preuzete električne energije za potrebe javne rasvete,
- troškovi drugih energenata ako se koriste za potrebe javne rasvete.

Javni saobraćaj:

- troškovi goriva i maziva,
- Troškovi vodosnabdevanja,
- troškovi prerade i kanalizacije otpadnih voda,
- naplata usluga.

Vodosnabdevanje:

- troškovi električne energije,
- ostali troškovi (prerada vode),
- sopstvena potrošnja,
- količina i naplata predate (prodate) vode.

Tretman otpadnih voda:

- troškovi električne energije,
- sopstvena potrošnja,
- ostali troškovi (prerada vode),
- naplata usluge.

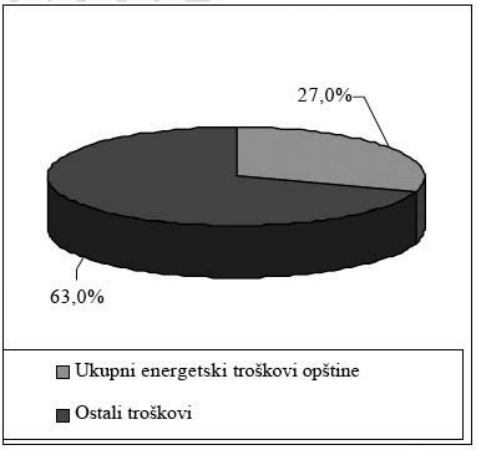
Svi prethodno navedni troškovi se odnose na period od mesec dana i u tom intervalu se prikupljaju tokom cele godine. Podaci o mesečnim troškovima koji se upisuju u radne listove moraju odgovarti mesečnim količinama utrošenih energenata.

U javnim komunalnim preduzećima koja se bave proizvodnjom i/ili distribucijom toplotne energije, električne energije (u kogeneracionom procesu), vodosnabdevanjem i kanalizacijom otpadnih voda, razdvaja se proizvodna funkcija od administrativne. Administrativni prostori javnih komunalnih preduzeća (gradska toplana, gradsko preduzeće za vodosnabdevanje) se tretiraju kao bilo koji javni objekat u smislu prikupljanja podataka. Ovakav pristup zahteva razdvojeno merenje potrošene energije, odnosno vode i razdvajanje troškova proizvodnje i poslovno-administrativnog prostora.

Potrošnju energije u administrativnom delu preduzeća ne

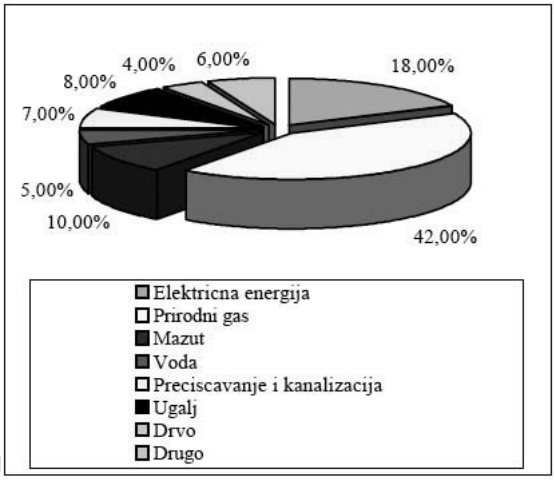


Slika 1. Razdvajanje proizvodne funkcije od administrativne u JKP



Slika 2. Udeo energetskih troškova u ukupnom budžetu opštine na godišnjem nivou

treba izjednačavati sa sopstvenom potrošnjom. Sopstvena potrošnja je u funkciji proizvodnje energije odnosno vode. Na primer, javno komunalno preduzeće koje se bavi vodosnabdevanjem kao ulaz u proizvodni proces ima sirovu vodu i za preuzetu količinu plaća nadoknadu državnoj zajednici. U procesu proizvodnje deo vode se troši, na primer, za ispiranje filtera ili se u periodu remonta postrojenja određena količina vode kontrolisano ispušta. Troškovi ispuštanja ove količine vode, ne smatraju se gubicima već sopstvenom potrošnjom definisanom kroz zahteve tehnološkog procesa.



Slika 3. Pojedinačni udeo potrošnje energenta u ukupnim energetskim troškovima na godišnjem nivou

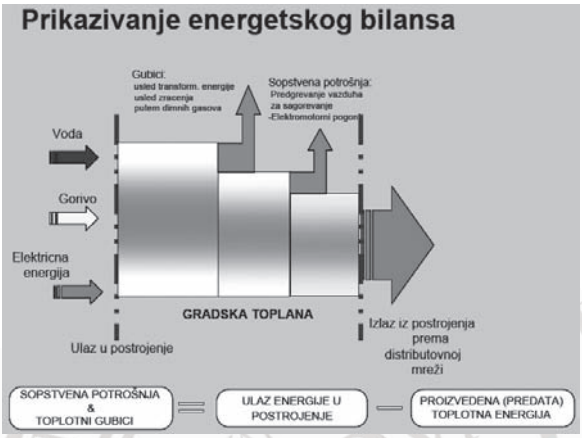
Na slici 2. dat je grafički prikaz odnosa ukupnih energetskih troškova u objektima i sistemima javne potrošnje i ostalih troškova. Grafički prikaz udela troškova različitih energenata u strukturi energetske potrošnje jednog objekta javne potrošnje prikazan je na slici 3.

Složeniji primer je rad toplane. U Tabeli 2.2.3. prikazan je primer strukture troškova proizvodnje toplotne energije u toku jedne godine .

Tabela 3. – Struktura troškova gradske toplane

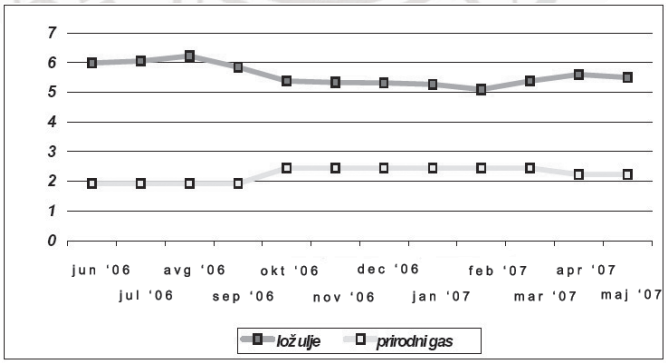
Troškovi	Iznos u hiljadama dinara	Relativno učešćeu [%]
Troškovi energenata	198.300	58,12
-Prirodni gas	180.000	52,78
-Mazut	8.000	2,34
-Električna energija	8.500	2,48
-Voda	1.800	0,52
Održavanje	26.000	7,60
-Interventno	1.000	0,29
-Tekuće	18.000	5,27
-Investiciono	7.000	2,04
Investicije	14.000	4,10
Troškovi poslovanja	38.000	11,13
Bruto zarade zaposlenih	65.000	19,05
Ukupno	341.000	100,00

Svi troškovi navedeni u Tabeli 3. su isključivo u funkciji proizvodnje i distribucije toplotne energije. Na primer, prikazani troškovi električne energije odnose se na električnu energiju potrošenu za rad elektromotora pumpi i ventilatora, aktuatora i drugih elemenata automatske regulacije, osvetljenje pogona, sistema signalizacije i komunikacije (nisu obuhvaćeni sledeći troškovi: osvetljenja administrativne zgrade, rad kancelarijskih uređaja, klimatizacija administrativnog prostora).



Slika 4. Prikazivanje energetskog bilansa toplane

Energetski menadžer sarađuje sa tehničkim osobljem toplane i od ovlašćenih lica prikuplja potrebne podatke koji se odnose na energiju koja ulazi u energetsko postrojenje (račune i merene veličine) kao i na energiju koju toplotni izvor troši za sopstvene potrebe i energiju koja se predaje distributivnoj mreži.



Slika 5. Prikaz promene cene energenata u toku godine

Na slici 5. prikazana je promena cene energenata u toku godine. Energetskim menadžerima se preporučuje da ovakvu vrstu dijagrama naprave za sve karakteristične energente koji se koriste u njihovoj opštini. Varijacije cena treba uzeti u obzir jer utiču na

kvalitet zaključaka koje treba doneti nakon analize prikupljenih podataka o troškovima energije. Poređenje energetskih indikatora sa referentnim vrednostima u drugim državama, zahteva da se cene energenata, troškovi energije i specifični troškovi konvertuju u [€], tako da je neophodno pratiti eventualne promene odnosa dinar/[€].

Specifični troškovi su troškovi svedeni na određenu karakterističnu veličinu, (površina, broj ljudi, osnovnoj jedinici energije, i dr.). U tabeli 4. prezentovane su vrednosti specifičnih troškova u objektima i sistemima javne potrošnje.

Tabela 4. Specifični troškovi u javnom sektoru

Tip objekta i oblik energije	Specifični troškovi
Javne zgrade - grejanje	Toplotna energija, električna energija
- Administrativne i uslužne opštinske zgrade	Dinara/m2, dinara/osobi
- Škole	
- Obdaništa	
- Bolnice	
- Sportske zgrade	
- Zatvoreni bazeni	
Javne zgrade – priprema sanitarne vode (interni restorani, kuhinje, kupatila, bazenska voda)	Toplotna energija, električna energija
- Administrtivne zgrade	Dinara/osobi
- Škole	Dinara/osobi
- Obdaništa	Dinara/osobi
- Bolnice	Dinara/osobi
- Sportske zgrade	Dinara/osobi
- Bazeni	Dinara/osobi
Sistemi daljinskog grejanja	Grejanje, topla sanitarna voda
Troškovi energenata	Dinara/MWh proizvedene toplote
Toplotni gubici pri transformaciji energije u izvoru	Dinara/MWh proizvedene toplote
Toplotni gubici u distribuciji toplotne energije	Dinara/MWh proizvedene toplote
Troškovi električne energije (pumpe i ostali elektromotorni pogoni)	Dinara/MWh proizvedene toplote
Troškovi hemikalija za pripremu vode	Dinara/MWh proizvedene toplote
Ukupni troškovi	Dinara/ MWh proizvedene toplote Dinara/m2 grejanog prostora Dinara/m3 pripremljene sanitarne vode
Električna energija – javne zgrade	
- Rasveta	Dinara/m2 Dinara/korisniku Dinara/MW instalisane snage
- Elektromotorni pogon (liftovi, ventilatori, kompresori–klimatizacija)	Dinara/m2 Dinara/korisniku Dinara/MW instalisane snage
- Kancelarijske mašine (kompjuteri, periferni uređaji, fotokopir mašine i dr.)	Dinara/m2 Dinara/korisniku Dinara/MW instalisane snage
Ukupni troškovi	Dinara/m2 Dinara/korisniku Dinara/MW instalisane snage

Tip objekta i oblik energije	Specifični troškovi
Javna rasveta	
- Ukupni troškovi električne energije	Dinara/svetiljki Dinara/km ulica
- Troškovi električne energije po tipu sijalica	
- svetiljka sa vlaknom od tungstena - tungsten halogene - poluprovodnici - živine svetiljke visokog pritiska - fluoroscentne - metal – halogene - natrijum tinjajuće visokog pritiska - natrijum tinjajuće niskog pritiska	Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. cnage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage Dinara/svetiljki, dinara/MW inst. snage
- Ukupni troškovi gasa	Dinara/svetiljki Dinara/km ulica
- Ukupni troškovi energije (električna energija i gas)	Dinara/stanovniku Dinara/km ulica
Vodosnabdevanje i kanalizacija	
- Administrtivne zgrade	Dinara/m2, dinara/osobi
- Škole	Dinara/m2, dinara/osobi
- Obdaništa	Dinara/m2, dinara/osobi
- Bolnice	Dinara/m2, dinara/osobi
- Sportske zgrade	Dinara/m2, dinara/osobi
- Bazeni	Dinara/m2, dinara/osobi
- Sistemi daljinskog grejanja	Dinara/MWh proizvedene toplote
- Proizvodnja i distribucija vode	
- Troškovi sirove vode	Dinara/m3 isporučene vode
- Troškovi energije u proizvodnji (sopstvena potrošnja energije)	Dinara/m3 isporučene vode
- Troškovi distribucije vode (pumpe i drugi motorni pogoni)	Dinara/m3 isporučene vode
- Troškovi gubitaka vode pri distribuciji	Dinara/m3 isporučene vode
- Ukupno troškovi	Dinara/m3 isporučene vode Dinara/m2 prostora koji se snabdeva Dinara/korisniku
- Kanalizacija otpadnih voda	
- Troškovi pumpanja (prikupljanje otpadnih voda i ispuštanja iz postrojenja za prečišćavanje)	Dinara/m3 prikupljene vode
- Troškovi energije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda	Dinara/m3 prikupljene vode
- Ukupno troškovi kanalizacije otpadnih voda	Dinara/m3 prikupljene vode Dinara/m2 prostora koji se opslužuje Dinara/korisniku

Tip objekta i oblik energije	Specifični troškovi
Javni prevoz i komunalna preduzeća	
- Troškovi goriva – nabavka	
- dizela	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
- biodizela	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
- TNG	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
- prirodnog gasa	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
- električne energije	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
- ostalo	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
- Troškovi pretovara (prepumpavanje pri skladištenju i pri tankovanja u rezervoare vozila)	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu
UKUPNO:	Din/km, din/osobi, Din/t, Din/moto satu

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



ENERGETSKI BILANS

Energetski bilans je centralni element u sistemu energetske statistike, odnosno energetske baze podataka i koristi se od strane političara, odnosno donosioca odluka, analitičara, kompanija, raznih udruženja i sl. kao osnova za analize, predviđanje potreba za energijom, izradu scenarija budućeg razvoja, definisanje energetske i ekonomske politike neke države, regiona, opštine ili kompanije. Osim toga, energetski bilans je jedan od baznih elemenata za izradu izveštaja u oblasti zaštite životne sredine (inventar gasova sa efektom staklene bašte), i za definisanje politike i mera zaštite životne sredine. Energetski bilans na lokalnom nivou omogućava, pre svega, sagledavanje strukture isporuke i potrošnje energije u cilju definisanja mera za uštedu energije.

Od posebne važnosti su dva aspekta uštede energije: ekonomski i aspekt zaštite životne sredine.

Ekonomski faktor uštede energije – ogleda se u smanjenju energetskih troškova i povećanju profitabilnosti. Pojam energetske efikasnosti podrazumeva maksimalno iskorišćenje energije koju koristimo, dobiti što više za uložen novac i pri tom smanjiti gubitke u sistemu. Povećanje energetske efikasnosti u lokalnoj zajednici, zapravo podrazumeva smanjenje potrošnje goriva (manji energetski troškovi) uz povećanje pouzdanosti i kvaliteta komunalne usluge koja se pruža.

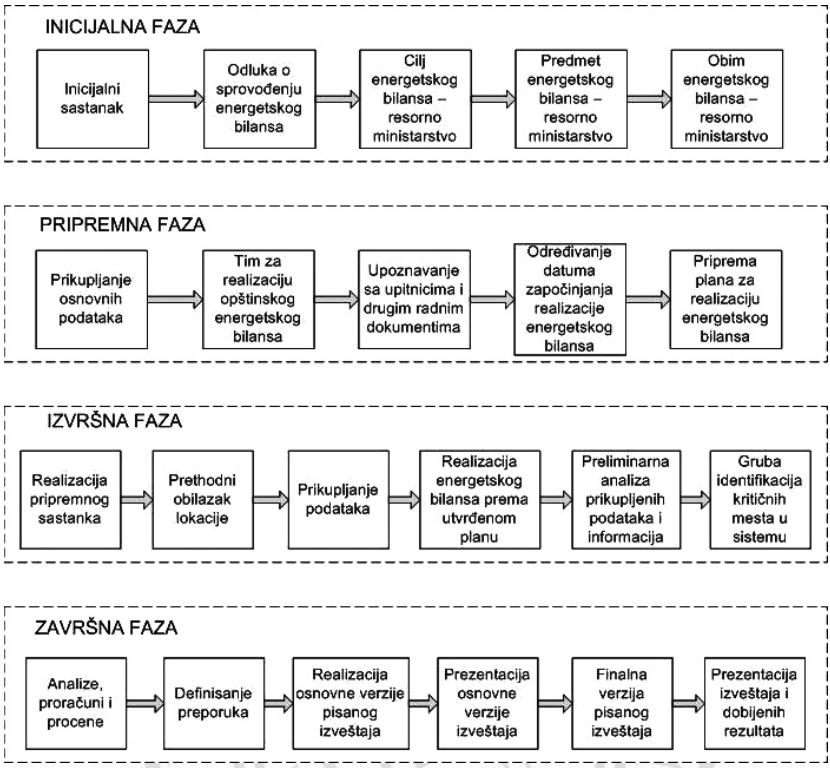
Uticaj zaštite životne sredine – ušteda energije je blisko povezana sa pitanjima zaštite životne sredine. Problem globalnog zagrevanja na planeti izazvan je emisijom štetnih gasova (gasovi staklene bašte – *GHG – Green House Gases*). U opštem slučaju, mere i aktivnosti u pogledu uštede energije se odnose upravo na uštedu fosilnih goriva, i kao takve bi trebalo da budu primenjene kao prvi korak u rešenju nastalog problema.

Usvajanjem Okvirne Konvencije Ujedinjenih Nacija o promeni klime (*UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change*), zemlje potpisnice ustanovile su osnovne smernice delovanja čijom primenom bi se zaustavio negativan trend klimatskih promena. Usvajanje i potpisivanje Konvencije nije donelo i ozbiljnije obaveze za zemlje potpisnice. Nakon dve i po godine intenzivnih pregovora usvojen je Kjoto Protokol (Kyoto Protocol) na sastanku održanom u Japanu. Od 168 zemalja koje su do danas ratifikovale sporazum, od njih 35 je zahtevano da smanje emisiju gasova staklene bašte ispod nivoa koji je za svaku od njih definisan u sporazumu. Republika Srbija je potpisnica Kjoto protokola kao **ne-aneks zemlja**.

U opštem slučaju, mere i aktivnosti u pogledu uštede energije mogu biti preduzete na osnovu definisanog stanja potrošnje energije u lokalnoj zajednici iskazanog u obliku energetskog bilansa. To praktično znači da je pre preduzimanja bilo kakvih mera i aktivnosti, neophodno sprovesti analizu stanja u pogledu potrošnje energije u lokalnoj zajednici, a to je moguće samo ako su prethodno prikupljeni podaci na osnovu kojih je izađen energetski bilans. Snimanje postojećeg energetskog stanja u lokalnim samoupravama nije jednostavan posao. Poznavanje energetskih tokova, postojećih komunalnih sistema, složenost i brojnost energetskih sistema na nivou opštine mogu biti samo neke od prepreka. U tom smislu, alat koji može da pomogne u prevazilaženju ovog problema je **energetski bilans**.

Izrada energetskog bilansa ima za cilj:

- utvrđivanje trenutne energetske potrošnje na nivou opštine,
- procenu ukupnih energetskih troškova (udeo energetskih troškova u ukupnom budžetu opštine),
- procenu trenutne energetske efikasnosti,
- utvrđivanje mogućnosti uštede energije (finansijski i tehnički izvodljive mogućnosti za smanjenje potrošnje energije),
- definisanje mera i aktivnosti u pogledu uštede energije,
- stvaranje podloge potrebne za kratkoročno i dugoročno planiranje energetske potrošnje na nivou opštine.



Slika 1. Faze u izradi energetskog bilansa

Zakonski okvir

U važećem **Zakonu o energetici Republike Srbije** (Službeni glasnik RS br. 84/4) propisana je obaveza nadležnih uprava jedinica lokalne samouprave da, na zahtev Ministarstva za rudarstvo i energetiku, dostavljaju podatke za izradu energetskog bilansa Republike Srbije -Članu 9. stav 4.Takođe, u važećem zakonu propisana je obaveza za jedinice lokalne samouprave da donose planove razvoja energetike – EZ Član 7. Stav 1.

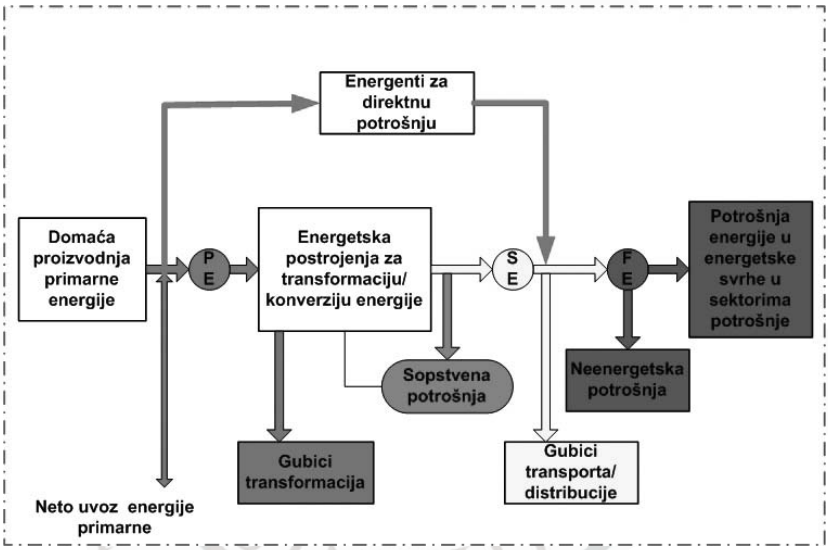
Osim toga, saglasno Zakonu o energetici, jedinice lokalne samouprave u okviru svojih nadležnosti imaju obavezu da:

- dostavljaju podatke neophodne za izradu **Programa ostvarivanja Strategije** (član 6)
- izdaju energetske dozvole za objekte za proizvodnju toplotne energije (član 29),
- donose tarifne sisteme za obračun isporučene toplotne energije (član 70),
- propisuju uslove za sticanje ispunjenosti statusa povlašćenog proizvođača toplotne energije i kriterijume za sticanje ispunjenosti tih uslova i utvrđuje način i postupak sticanja tog statusa (član 139),
- vode registar povlašćenih proizvođača toplotne energije (član 140).

Dakle, iz navedenih zakonskih obaveza nameće se i obaveza opštinama da izgrade svoje kapacitete u oblasti energetike i uspostave adekvatan sistem energetskog menadžmenta.

Uredbom kojom se uređuje Program ostvarivanja Strategije razvoja energetike za period od 2007. do 2012. godine je jasno definisana neophodnost uspostavljanja funkcije opštinskog energetskog menadžera kao glavnog nosioca aktivnosti u sprovođenju energetske politike na lokalnom nivou.

Osnovni pojmovi i definicije



Slika 2. Energetski tokovi na sistemskom nivou

U najopštijem smislu, energetski bilans predstavlja godišnji prikaz tokova svih energenata u okviru tri osnovna sistema:

- SISTEM PRIMARNE ENERGIJE u oviru kojeg se daje struktura ukupno raspoložive primarne energije za potrošnju. To je domaća proizvodnja na bazi korišćenja sopstvenih resursa primarne energije (ugalj, nafta, prirodni gas, hidropotencijal) i neto uvoz primarne energije (uključujući neto uvoz električne energije).
- SISTEM TRANSFORMACIJE primarne energije u okviru kojeg se prikazuju energenti potrebni za procese transformacije primarne energije, te proizvodnja sekundarne odnosno finalne energije (uključujući sopstvenu potrošnju, gubitke u transformaciji, prenosu i distribuciji energije do krajnjih potrošača). Strukturu ovog nivoa čine termoelektrane, hidroelektrane, termoelektrane -toplane, toplane, industrijske energane, rafinerije nafte, sušare uglja, i visoke peći.

- SISTEM FINALNE ENERGIJE koji sadrži potrošnju energije za neenergetske svrhe i potrošnju finalne energije u energetske svrhe. Potrošnja finalne energije u energetske svrhe iskazuje se na dva načina. Prvi način obuhvata strukturu sektora potrošnje, a to su Industrija, Saobraćaj, Domaćinstva, Javne i komercijalne delatnosti i Poljoprivreda. Drugi način obuhvata strukturu energenata: čvrsta goriva, tečna goriva, gasovita goriva, električna energija, toplotna enegija.

U okviru energetskog bilansa iznosi svih energenata iskazuju se u fizičkim jedinicama (čvrsta goriva u milionima tona, tečna goriva u milionima tona, gasovita goriva u milionima Nm^3, električna energija u GWh, a toplotna energija u TJ i u milionima tona ekvivalentne nafte (M toe). Jedna tona ekvivalentne nafte iznosi 41,868 GJ ili 11,630 MWh električne energije, ili 2 tone kamenog uglja ili 5,586 tona sirovog lignita .

Energetski bilansi se izrađuju na nacionalnom, regionalnom i lokalnom nivou. Statistička kancelarija Evropske Unije – EUROSTAT, razvila je metodologiju izrade energetskog bilansa kako bi se omogućilo poređenje parametara i sektora potrošnje i nabavke energije.

Struktura bilansnog radnog lista

U tabeli 1. prikazan je primer radnog lista energetskog bilansa u formatu EUROSTAT-a. Ovaj radni list predstavlja osnovni format koji se najčešće koristi za bilansiranje energetskih tokova na nacionalnom ili regionalnom nivou. Međutim, u modifikovanom obliku moguće ga je primeniti i za bilansiranje energetskih tokova na lokalnom nivou. Svaka kolona predstavlja izvor energije koji može biti korišćen za snabdevanje energijom. Energetskim bilansom obuhvaćeni su sledeći izvori energije:

- fosilna goriva: ugalj, nafta i naftni derivati, prirodni gas, gas koksnih peći, gas u čeličanama,
- obnovljivi izvori energije: hidroenergija, solarna energija, energija vetra, geotermalana energija, biomasa, otpadana toplota,
- električna energija,
- nuklearna energija,
- toplotna energija.

Vrste u energetskom bilansu ukazuju na količinu svakog izvora energije koji je raspoloživ, transformisan ili potrošen:

- domaća proizvodnja primarne energije,
- uvoz energenata/ energije,
- izvoz energenata/ energije,
- promenu zaliha,
- ukupnu domaću potrošnju primarne energije koja predstavlja bilans: domaća proizvodnja + uvoz – izvoz – promena zaliha,
- potrošnja energanata za proces transformacija i proizvodnju energije,
- proizvodnja energije/ energenata iz procesa transformacija,

- gubici u prenosu i distribuciji,
- potrošnja energetskog sektora,
- potrošnja energenata u neenergetske svrhe,
- finalna potrošnja energije koja predstavlja bilans: potrošnje primarne energije – ulaz u proces transformacije – izlaz iz procesa transformacije – potrošnja energetskog sektora – gubici u prenosu i distribuciji – neenergetska potrošnja,
- finalnu potrošnju energije u sektorima potrošnje.

Ovi podaci se iskazuju u radnom listu energetskog bilansa na dva načina: u fizičkim jedinicama iu energetskim jedinicama.

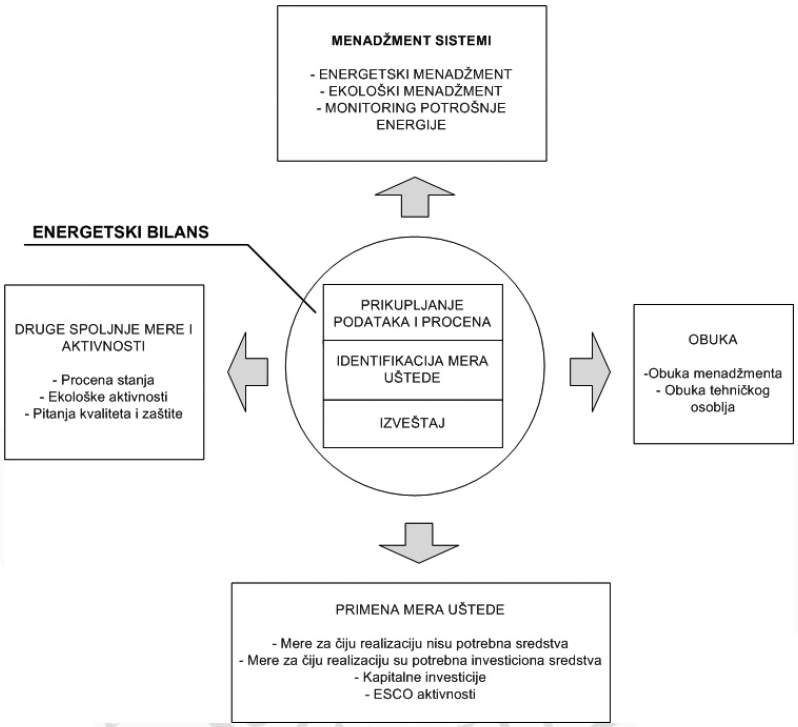
Tabela 1. Primer radnog lista energetskog bilansa u formatu EUROSTATA

Teritorija	GODINA								
Mtoe	Ugalj	Sirova nafta i poluproiz-vodi	Naftni derivati	Prirodni gas	Visoko-pećni gas	OIE	Elek-trična energija	Toplotna energija	Ukupno
Proizvodnja primarne energije									
Zalihe									
Uvoz									
Ukupna primarna energija za potrošnju									
U transformacije									
Termoelektrane									
Termoelektrane-toplane									
Hidroelektrane									
Toplane									
Industrijske energane									
Individualne kotlarnice									
Rafinerije									
Sušare									
Visoke peći									
Iz transformacija									
Termoelektrane									
Termoelektrane-toplane									
Hidroelektrane									
Toplane									
Industrijske energane									
Individualne kotlarnice									
Rafinerije									
Sušare									
Visoke peći									
Gubici									
U prenosu i distribuciji									
Potrošnja energetskog sektora									
Neenergetska potrošnja									
Finalna potrošnja energije									
Industrija									
Saobraćaj									
Domaćinstva									
Javne i komunalne de-latnosti									
Poljoprivreda									

Izrada energetskog bilansa u opštinama

Proces izrade energetskog bilansa obuhvata sledeće korake:

- prikupljanje podataka i procenu trenutne potrošnje energije;
- identifikacija potencijalnih mogućnosti za uštedu energije;
- izveštavanje.



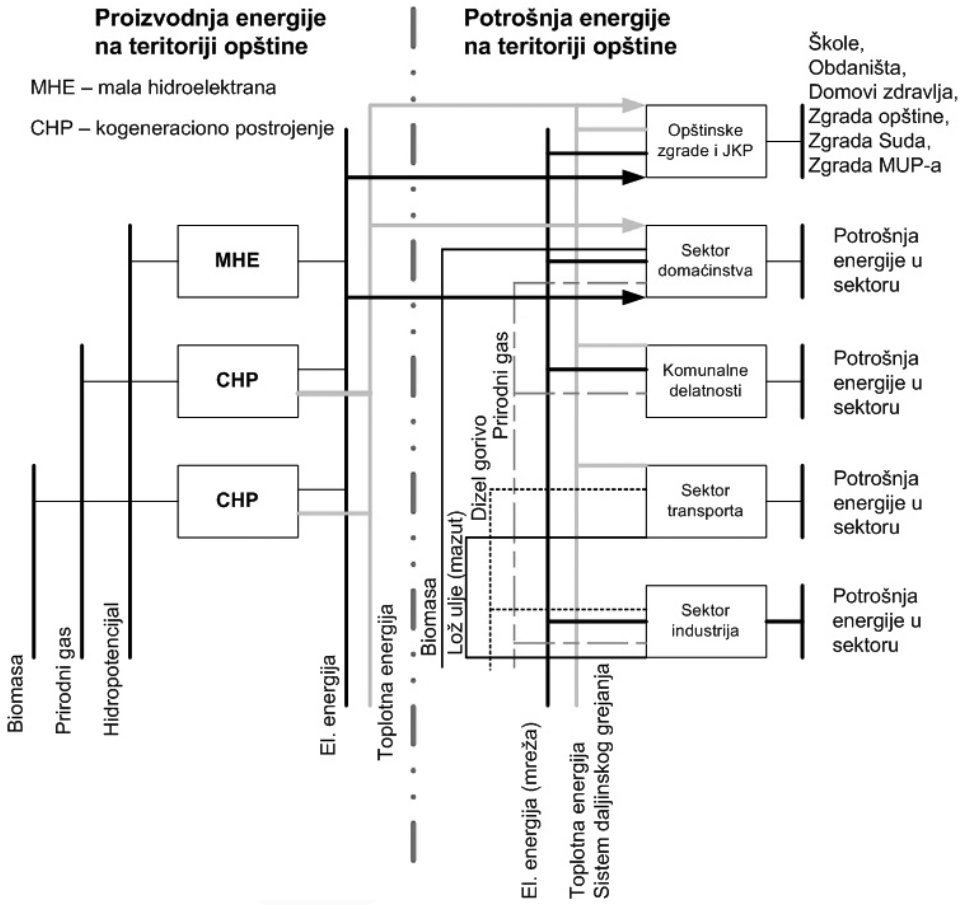
Slika 3. Mere i aktivnosti u sklopu izrade energetskog bilansa

Cilj energetskog bilansa opštine je određivanje energetske potrošnje za baznu godinu.

Predmet opštinskog energetskog bilansa je energetska potrošnja u objektima i sistemima javne potrošnje na teritoriji opštine (objekti i sistemi čije se finansiranje sprovodi iz opštinskog budžeta npr. sva javna kominalna preduzeća na teritoriji opštine, zgrade suda, opštine, MUP-a, škole, vrtići, domovi zdravlja, sportsko-rekreativni centri, gerontološki centri i sl.), kao i proizvođači električne i toplotne energije do 1 MW.

Obim energetskog bilansa definisan je obimom ovog uputstva, odnosno traženim podacima u odgovarajućim upitnicima (u ovoj fazi projekta, predmet opštinskog energetskog bilansa nisu: veliki proizvođači električne energije koji se nalaze na teritoriji opštine, energetska potrošnja u industrijskim objektima koji se nalaze na teritoriji opštine, potrošnja energije u domaćinstvima i potrošnja energije u komercijalnom sektoru).

Definisanje granice u okviru koje će se sprovoditi opštinski energetski bilans je takođe jedno od veoma bitnih pitanja. U svetskoj praksi mogu se naći različiti primeri definisanja granica (Manhajm, Nemačka: granica opštine, sektor transporta isključen; Delfland, Holandija: industrijska zona opštine; Geteborg, Švedska: granica grada, sektor transporta i dve rafinerije isključeni iz energetskog bilansa). Navedeni primeri pokazuju sav varijetet primenjenih rešenja – slika 4.



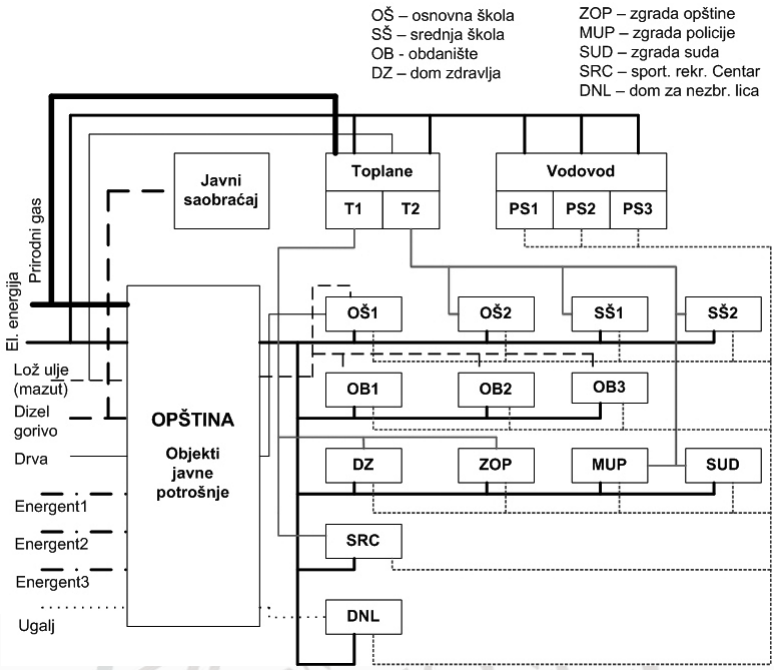
Slika 4. Definisanje cilja, predmeta i obima (granica) energetskog bilansa - praksa u svetu

Na slici 4. dat je primer izrade dijagrama energetskog toka, prema iskustvima EU, gde se energetski potrošnja i proizvodnja energije prati po svim sektorima i gorivima. Zbirne vrednosti energetske potrošnje po sektorima i energetske potrošnje po gorivima dat je u tabeli 2.

Tabela 2. Primer bilansa energetske potrošnje po sektorima i gorivima

Opština:	**Bazna godina:**		
Ukupna potrošnja energije u toku godine:			[M toe]
Energetska potrošnja po sektorima:			
	Osnovne jedinice	Konverzioni faktor	Potrošnja u [Mtoe]
-domaćinstva			
-komercijalni sektor			
-objekti javne potrošnje			
-industrija			
-transport			
Energetska potrošnja po gorivima:			
	Osnovne jedinice	Konverzioni faktor	Potrošnja u [Mtoe]
-lož ulje			
-prirodni gas			
-električna energija			
-ugalj			
-drvo			
-benzin			
-dizel gorivo			
-toplotna energija (SDG)			
-ostalo (navesti energent)			

Na slici 5. prikazan je primer energetskog toka u jednoj fiktivnoj opštini. U sistemu JKP (Javnih komunalnih preduzeća) rade dve toplane (T1 – gorivo prirodni gas i T2 – gorivo lož ulje), vodovod (sa tri stanice pitke vode) i javno transportno preduzeće. Na teritoriji opštine postoje tri osnovne škole, tri srednje škole, tri obdaništa, dva doma zdravlja, zgrada opštine, zgrada MUP-a, zgrada suda, jedan sportsko rekreativni centar i gerontološki centar.



Slika 5. Izrada opštinskog energetskog bilansa – predmet i granice

Tabela 3. Primer bilansa energetske potrošnje u opštinskom sektoru javne potrošnje

Opština:	**Bazna godina:**		
Ukupna potrošnja energije u opštinskom sektoru javne potrošnje u toku godine:			[M toe]
Energetska potrošnja po sektorima:			
	Osnovne jedinice	Konverzioni faktor	Potrošnja u [M toe]
-objekti javne potrošnje			
Energetska potrošnja po gorivima u opštinskim objektima javne potrošnje:			
	Osnovne jed-inice	Konverzioni faktor	Potrošnja u [M toe]
-lož ulje			
-prirodni gas			
-električna energija			
-ugalj			
-drvo			
-benzin			
-dizel gorivo			
-toplotna energija (SDG)			
-ostalo (navesti energent)			

Po realizaciji inicijalne faze energetskog bilansa sledi pripremna faza koja se odnosi na prikupljanje podataka. Da bi se blagovremeno prikupili adekvatni podaci potrebno je koncipirati upitnike koji će sadržati određene podatke i vremenski period na koji se oni odnose, zavisno od objekta kome se upućuje zahtev, svrhu zahteva, način dostavljanja podataka (elektronskim putem, poštom ili faksom), podatke o licu odgovornom za popunjavanje upitnika, kao i rok za dostavu podataka. U prethodnom poglavlju su detaljnije predstavljeni izvori i vrste podataka na osnovu kojih opštinski energetski menadžer može da kreira upitnike saglasno situaciji u njegovoj opštini.

Upitnici treba da su koncipirani tako da obezbede prikupljanje što većeg broja informacija i relevantnih podataka vezanih za potrošnju energije u sistemima i objektima javne potrošnje, na lokacijama koje su predmet sprovođenja energetskog bilansa. U ovoj fazi bitno je otkloniti bilo kakvu vrstu nedomica po pitanju popunjavanja upitnika.

Veoma je važno, naročito tokom procesa prikupljanja podataka, uspostaviti komunkaciju i saradnju sa licima koja su odgovorna za popunjavanje upitnika u objektima javne potrošnje odnoso preduzećima koja su u nadležnosti opštine. Posebna pažnja mora biti posvećena proceni pouzdanosti prikupljenih podataka, jer tačnost podataka direktno utiče na kvalitet daljih proračuna i zaključaka koji se na osnovu tako dobijenih rezultata mogu doneti. U opštem slučaju, prikupljaju se podaci o potrošnji energenata na mesečnom nivou. Podaci koji se prikupljaju i unose u Upitnike su: opšti podaci o opštinskom sistemu ili objektu javne potrošnje, računi za energente (npr. [din], [€]), podaci o potrošnji energenata (npr. [kWh], [Nm^3], [t], [m^3], [l]), podaci o jediničnim cenama energenata prema važećim tarifnim sistemima naplate (npr. [VTA-din/kWh], [MTA-din/kWh], [din/Nm^3], [din/t], [din/m^3]), podaci iz građevinskih podloga, tehnički podaci o sistemu ili objektu, sopstveni podaci o potrošnji energenata koji se mere u samom sistemu ili objektu, podaci o proizvodnji (isporučena toplotna energija, isporučena količina vode), tehnički podaci o instalisanoj opremi, podaci prikupljeni na osnovu sprovedenih intervjua sa predstavnikom operativnog tima ili drugim tehničkim licem u sistemu ili objektu predmetne lokacije.

Prikupljeni podaci se unose u elektronsku bazu podataka i obrađuju, odnosno pristupa se izradi energetskog bilansa.

Sastavni deo ovoga je i programski paket koji obuhvata sledeće oblasti:

- opšti deo, koji se odnosi na opšte podatke o opštini,
- javne zgrade,
- gasovodna mreža,
- javna rasveta,
- vodovod,
- javna čistoća,
- toplane,
- gradsko zelenilo,
- saobraćaj,
- održavanje puteva i
- vozni park javnih preduzeća.

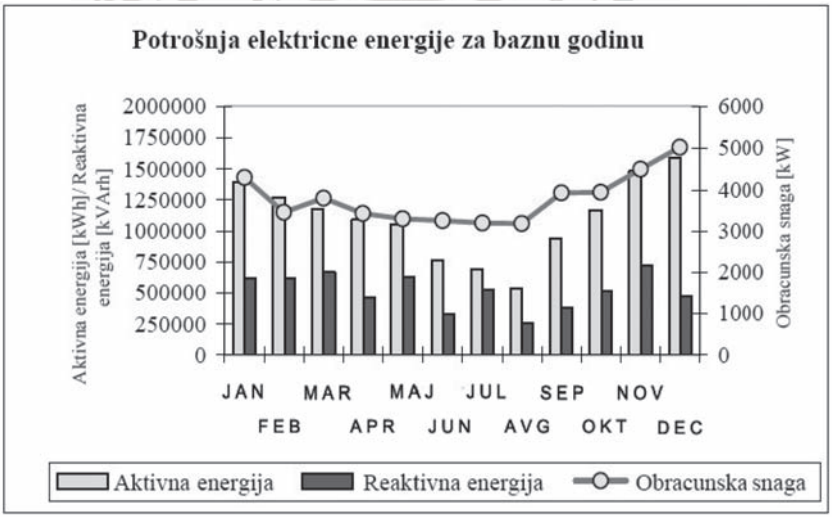
Da bi se dobila realna slika o energetskom stanju na definisanom lokalitetu (opštini), neophodno je sprovesti detaljne analize prikupljenih podataka i odgovarajuće proračune i procene. Na osnovu tako sprovedenih analiza moguće je definisati odgovarajuće preporuke za poboljšanje energetskog stanja.

Kvalitetna analiza se zasniva na principima: obimnosti, pouzdanosti i pravovremenosti. Analiza obuhvata sagledavanje ukupno potrošene energije na nivou opštine, udeo pojedinih sektora, udeo troškova energije u odnosu na ukupan budžet opštine, ocenu energetske intenzivnosti.

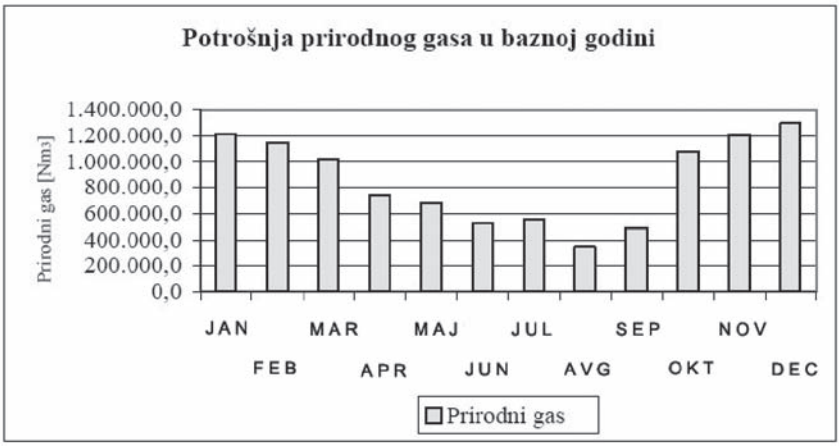
Bazna godina predstavlja tipičan vremenski period, period za koji postoje kompletni podaci o odgovarajućoj energetskoj potrošnji. Na osnovu prikupljenih podataka, energetski menadžer sprovodi sledeće analize:

- **potrošnja energije u zavisnosti od vremena** (dijagrami energetskog opterećenja po odgovarajućim energentima u odnosu na vreme: potrošnja električne energije na časovnom, dnevnom ili mesečnom nivou, mesečna potrošnja energije koja se dobija iz energenata ili toplote;
- **potrošnja energije na godišnjem nivou** (na osnovu pojedinačnih proračuna po pojedinim energentima neophodno je sprovesti sumarnu strukturnu potrošnju energije, za svaku vrstu energenata i u zajedničkim jedinicama, u obliku tabele i odgovarajućem grafičkom prikazu;
- **specifična potrošnja energije** (gde god je to moguće treba izračunati vrednost specifične potrošnje određenih energenata);
- **definiasnje indikatora energetske efikasnosti.**

Primer grafičkog prikaza potrošnje električne energije dat je na slici 6., dok je primer grafičkog prikaza potrošnje gasa za baznu godinu prikazan na slici 7.



Slika 6. Potrošnja električne energije za baznu godinu



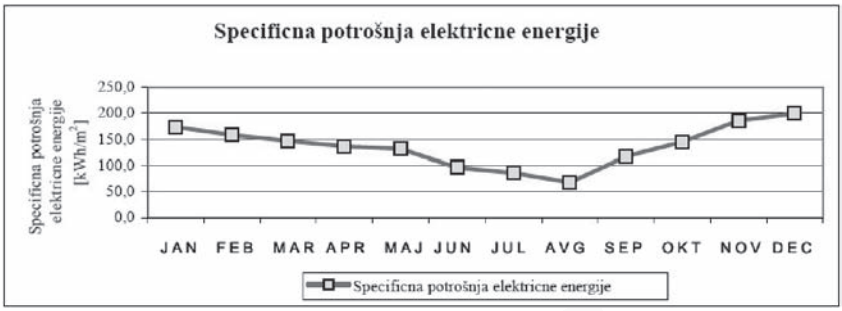
Slika 7. Potrošnja prirodnog gasa za baznu godinu

U tabeli 4. dat je primer sistematizovanih podataka o zbirnoj godišnjoj potrošnji energenata u jednom od objekata javne potrošnje.

Tabela 4. Potrošnja različitih vidova energenata

	Osnovne jedinice	Konver-zioni faktor	Energetska potrošnja	Troškovi za energente	Troškovi za energente
			[GJ]	[Din]	[€]
El. energija	3.151.360,0 [kWh]	3.6 x 10–3	11.344,9	9.129.568,0	105.620,9
Mazut	928,02 [t]	39,6	36.749,6	24.420.144,5	280.844,5
Dizel D2 nafta	229,174 [m3]	37,3	8548,2	14.018.710,0	165.131,5
Voda:	6226,0 [m3]	-	-	242.064,0	2783,1
	Ukupno:		56.642,7	4.7810.486,5	554.380

Po izračunavanju specifične potrošnje energije, često je moguće sprovesti poređenje ovako dobijenih rezultata sa postojećim standardima. Proces poređenja odgovarajućih radnih karakteristika nazivamo uporednom statistikom (engl. *benchmarking*). Razlikujemo unutrašnju i spoljašnju uporednu statistiku. Unutrašnja uporedna statistika predstavlja kontinuirano poređenje sopstvenih indikatora energetske efikasnosti iz godine u godinu. Spoljašnja uporedna statistika se odnosi na poređenje karakterističnih vrednosti specifične potrošnje energije ili indikatora energetske efikasnosti sa vrednostima iz normi, standarada ili karakterističnih vrednosti proisteklih iz dobre prakse.



Slika 8. Specifična potrošnja električne energije [kWh/m2]

Tabela 5. Gruba analiza efikasnosti grejanja javne administrativne zgrade u grejnoj sezoni 2005/2006. godine

Indikator efikasnosti		Vrednost
Specifična potrošnja toplotne energije	kWh/m2 godišnje	179,98
Referentna vrednost	kWh/m2 godišnje	120,00

Zaključak koji proizilazi na osnovu podataka prikazanih u tabeli 5. je da postoji potencijal uštede od približno 60 kWh /m^2 god ili 50% u odnosu na referentnu vrednost. Potrebno je izvršiti i dodatne analize kao na primer provere kvaliteta:

- termo izolacije objekta,
- stolarije i bravarije,
- sistema grejanja (da li se redovno održava, način regulacije),
- kotlovskog postrojenja, odnosno toplotno-predajne podstanice ako je objekat priključen na sistem daljinskog grejanja.

Sasvim sigurno i da bi plaćanje prema stvarnoj potrošnji bila dobra motivacija za smanjenje potrošnje energije.

Tabela 6. Gruba analiza energetske efikasnosti toplovodne mreže

Merno mesto	Specifična potrošnja toplotne energije	Vrednost
Na izlazu iz toplotnog izvora prema mreži	kWh/m2 god	169,70
Kalorimetri u toplotnim podstanicama (predajno mesto prema korisnicima)	kWh/m2 god	151,80

Zaključak koji proizilazi analizom podataka navedenih u tabeli 6. je da postoji potencijal uštede od 17,9 kWh/m^{2}god (svedeno na grejni prostor), odnosno 11,8%. Mere koje treba preduzeti u cilju smanjenja gubitaka u distribuciji toplotne energije odnose se na zamenu oštećenih delova toplovoda, zamenu postojećih klasičnih cevi sa predizolovanim cevima, ugradnju kvalitetnije opreme za upravljanje i nadzor i drugo.

Na osnovu prikupljenih podataka, izrade energetskog bilansa i sprovedene analize trenutne energetske potrošnje, moguće je predložiti mere i aktivnosti čijom primenom je moguće ostvariti uštede energije u jedinici lokalne samouprave.

Izveštaj energetskog menadžera, u opštem slučaju, mora da sadrži:

- organizacionu strukturu u jedinici lokalne samouprave,
- osnovne podatke o javnim komunalnim preduzećima,
- pregled najvećih energetskih potrošača,
- energetski bilans opštine (tabelarni prikazi i dijagrami),
- troškove energije po energetskim uslugama,
- preporuke mera i aktivnosti koje mogu dovesti do uštede energije uz odgovarajući podatak o investicionim ulaganjima i periodom otplate.

Ciljne grupe kojima se prezentira izveštaj su opštinski organi, menadžeri budžetskih ustanova i javnih komunalnih preduzeća, stručna javnost i građani koji treba da osete efekte racionalnog upravljanja energijom kroz poboljšanje kvaliteta usluga i očuvanje životne sredine. Bitno je preneti dovoljno kvalitetnih informacija ljudima koji zauzimaju ključna mesta u hijerarhiji opštinske vlasti i po prirodi stvari odlučuju o usmeravanju budžetskih sredstava i vode računa o uspešnosti funkcionisanja opštine kao servisa građana. Mere koje se preduzimaju radi smanjenja energetske potrošnje stvaraju veoma pozitivan imidž opštine i kao takve dodatno motivišu.

Razlozi zbog kojih se javnosti prezentiraju izveštaji su:

- uticaj na promenu ponašanja i stvaranja svesti o potrebi izgradnje energetski efikasnog društva (ulaganje u budućnost kroz edukaciju na svim nivoima),
- razmena iskustava u pogledu efikasnosti i održivosti preduzetih aktivnosti,
- pridobijanje podrške za primenu mera koje se preduzimaju u cilju korišćenja potencijala uštede energije,
- transparentnost rada opštinskih organa i trošenja budžetskih sredstava.

Tabela 7. Primer strukture bilansa proizvodnje i potrošnje energije i vode u opštini

NAZIV OBJEKTA/PREDUZEĆA: .....

NAMENA: .....

ADRESA: .....

ENERGETSKI MENADŽER ODGOVORAN ZA IZRADU ENERGETSKOG BILANSA:.....

KONTAKT TELEFON .....

e- mail .....

VRSTA ENERGENTA:	Kameni ugalj	Mrki ugalj	Lignit	Mazut	benzin	Lož ulje	Prirodni gas	OIE	Drvo	El. energija	Toplotna energija	Voda	Ukupno
	toe	toe	toe	toe	toe	toe	toe	toe	toe	toe	toe	m3	toe
Donja toplotna moć goriva													
Nabavka goriva													
Promena zaliha goriva													
Ulaz u transformaciju													
Toplane													
Industrijske energane													
Individualne kotlarnice													
Male HE													
Vodovod i kanalizacija													
Ostala postrojenja													
Izlaz iz transformacije													
Toplane													
Industrijske energane													
Individualne kotlarnice													
Male HE													
Vodovod i kanalizacija													
Ostala postrojenja													
Gubici u prenosu i distribuciji													
Potrošnja energetskog sektora													
Finalna potrošnja energije													
Industrija													
Saobraćaj													
Javne i komercijalne delatnosti													
Domaćinstva													
Javna rasveta													

Indikatori energetske efikasnosti

Indikatori energetske efikasnosti predstavljaju specifične energetske pokazatelje koji se koriste za definisanje potencijala uštede potrošnje energije kao i za utvrđivanje efekata sprovođenja mera energetske efikasnosti. Njihov je značaj u tome što se poređenjem stvarnih vrednosti indikatora, dobijenih na osnovu prikupljenih podataka, sa uobičajenim ili standardnim vrednostima može jasno uočiti u kojim sektorima su moguća smanjenja u potrošnji energije i koji su korisnici energetski efikasni.

Indikatori energetske efikasnosti su veličine koje mogu biti manje ili više složene u zavisnosti od toga koliko i kakve parametre objedinjavaju. Najopštija podela energetskih indikatora je na:

- termodinamičke, koji u osnovi predstavljaju stepene korisnosti određenih procesa korišćenja energije (npr. stepen korisnosti kotla).
- Fizičko-termodinamičke, u kojima se energetski ulazi u proces predstavljaju jedinicama za energiju, ali se izlazi iz procesa predstavljaju različitim, odgovarajućim fizčkim veličinama (npr. potrošnja električne energije u kWh po m^3 proizvedene vode, potrošnja toplote u kWh po m^2 grejane površine, potrošnja energije u kWh po t proizvoda, i sl.)
- Ekonomsko-termodinamičke, u kojima se energetski ulazi u proces predstavljaju jedinicama za energiju ali se izlazi iz procesa predstavljaju u novčanim jedinicama (npr. potrošnja električne energije u M toe po 1 $ bruto nacionalnog dohotka -BND)
- Ekonomske, u kojima se i energetski ulazi i izlazi iz prcesa predstavljaju novčanim jedinicama.

Zavisno od nivoa složenosti, energetski indikatori imaju različitu hijerarhiju. Na vrhu piramide se nalaze najsloženiji indikatori kao što su energetski intenzitet na nivou države (M toe/$ BND), energetski intenzitet sektora i privrednih grana (M toe/$ proizvoda), energetskih sistema (kWh/t uglja), pa sve do energetske efikasnosti postrojenja i opreme. Izračunavanje energetskih indikatora višeg hijerarhijskog reda zahteva složenu statističku metodologiju i prikupljanje velikog broja podtaka za definisani vremenski period. Ovakvi indikatori služe za kreiranje energetske politike i složeno energetsko planiranje na nivou države ili sektora. Indikatori srednjeg hijerarhijskog nivoa služe za donošenje odluka u okviru preduzeća ili opštine, dok indikatori na najnižem hijerarhijskom nivou služe prvenstveno za sagledavanje potrebe za konkretnom merom energetske efikasnosti u nekom tehničkom sistemu. Za energetski menadžment na nivou opštine značajni su energetski indikatori nižeg i srednjeg hijerarhijskog reda. Energetskom menadžeru opštine indikatori energetske efikasnosti daju jasnu sliku energetske efikasnosti nekog sistema ili zgrade, jer se na osnovu njih može utvrditi da li je energetska efikasnost posmatranog objekta zadovoljavajuća. Na primer, analizom podataka o potrošnji energije u zgradi utvrđeno je da se za grejanje prostora koristi 232 kWh/m^2. Poređenjem sa standardnom vrednošću koja iznosi 100 kWh/m^2 može se doći do zaključka da je potrebno preduzeti određene mere za smanjenje potrošnje energije.

Prilikom poređenja odgovarajućih energetskih indikatora različitih objekata potrebno je voditi računa da metodologija za njihovo izračunavanje u svim slučajevima bude ista. U slučaju da se pokaže da posmatrani sistem nije dovoljno energetski efikasan potrebno je preduzeti detaljniju analizu kojom će se utvrditi da li ima mogućnosti za primenu mera za poboljšanje energetske efikasnost i kolike investicije one zahtevaju.

Radi ilustracije, u daljem tekstu su prikazani pojedini zbirni indikatori energetske efikasnosti opština, indikatori energetske efikasnosti zgrada, indikatori o energetskoj efikasnosti i karakteristikama rada sistema daljinskog grejanja, indikatori energetske efikasnosti u sistemima vodovoda i kanalizacije i javnog osvetljenja.

Indikatori energetske efikasnosti opština su najbolji pokazatelji o kvalitetu energetskog menadžmenta u opštinama. Oni daju mogućnost da se pojedine opštine porede među sobom, kao i da se porede sa opštinama razvijenih zemalja. Osnovni indikatori energetske efikasnosti opština dati su u tabeli 8.

Tabela 8. Indikatori energetske efikasnosti opština

Indikatori energetske efikasnosti	Jedinica
Potrošnja energije po glavi stanovnika	kWh/stanovniku
Potrošnja energije po m2 grejne površine u domaćinstvima	kWh/m2
Potrošnja energije po m2 grejne površine u javnim zgradama	kWh/m2
Potrošnja energije po bruto društvenom proizvodu	MWh/miliona dinara

Iz naziva i jedinica indikatora energetske efikasnosti opština može se uočiti način na koji su izračunati. Poznavanje energetske efikasnosti zgrada je značajno iz više razloga:

- da bi se smanjili godišnji troškovi za vodu i energiju,
- da bi se zadovoljili ambijentalni uslovi u prostorijama (temperatura, vlažnost, itd.),
- da bi se mogla planirati neophodna sredstva za održavanje postojećih sistema, rekonstrukciju ili zamenu neefikasnih tehnologija.

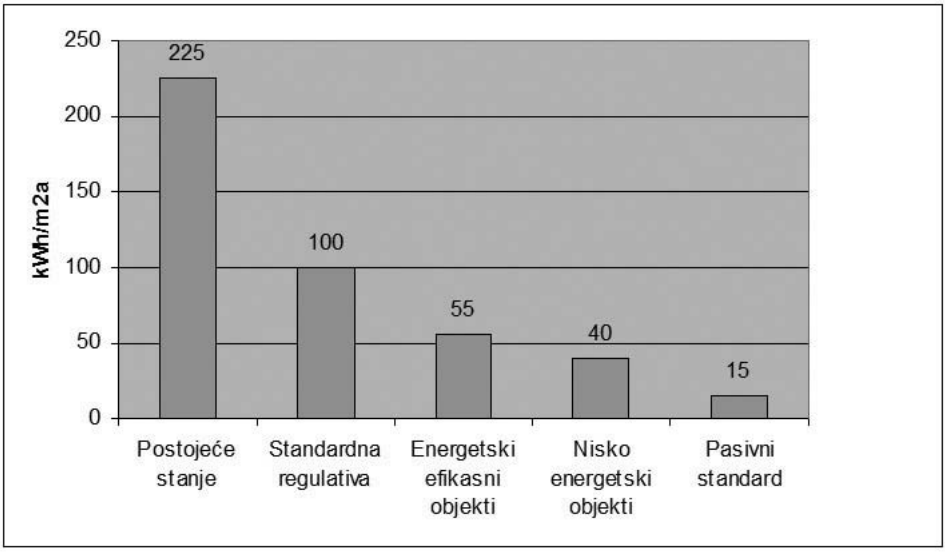
Procena zgrada na osnovu energetskih indikatora je uz izradu energetskih bilanasa zgrada i merenja, jedna od metoda za određivanje njihove energetske efikasnosti. Ona omogućava uštedu vremena i novca pri proceni energetske efikasnosti. Međutim ovaj metod može biti nedovoljno tačan zbog nedovoljnog broja podataka za procenu stvarnih energetskih indikatora, kao i u slučajevima kada se naplata utrošene energije vrši paušalno. Tačnost procene može biti umanjena i u slučajevima kada se prikupljanje podataka vrši za kratke vremenske periode jer tada može doći do izražaja uticaj anomalija vremenskih prilika. Ponekad se energetski indikatori mogu dosta razlikovati kod zgrada istih kategorija i starosti. U našoj zemlji se javlja i problem da nema standardnih energetskih indikatora za izvesne kategorije zgrada.

Najčešći indikator za potrošnju ukupne energije u zgradama je količina utrošene energije po kvadratnom metru prostora godišnje kWh/m^{2}god. Najčešće korišćeni indikatori energetske efikasnosti zgrada dati su u tabeli 9.

Tabela 9. Indikatori energetske efikasnosti grejanja i potrošnje električne energije u zgradama

Indikator	Jedinica	
Specifična potrošnja toplotne energije	kWh/m2	kWh/osoba
Troškovi toplotne energije po m2	Din/m2	
Troškovi energije za potrebe grejanja po članu osoblja	Din/osoba	
Indikatori potrošnje električne energije u javnim zgradama		
Specifična potrošnja toplotne energije	kWh/m2	kWh/osoba
Specifični troškovi električne energije	Din/m2	

Na slici 9. prikazani su indikatori potrošnje toplotne energije za različite standarde grejanja u Nemačkoj.



Slika 9. Indikatori potrošnje toplotne energije za različite standarde grejanja u Nemačkoj

Indikatori energetske efikasnosti i karakteristika rada sistema daljinskog grejanja dobijaju se na osnovu energetskih i drugih specifičnih podataka ovih sistema. Energetski podaci su: energetski ulaz u jedinicama za količinu goriva, energetski ulaz u MWh, faktor konverzije, energetski izlaz u MWh, gubici pri transformaciji, sopstvena potrošnja energije, energija isporučena mreži, distributivni gubici, konačna energija raspoloživa korisnicima. Drugi specifični podaci su oni koji karakterišu neenergetske veličine sistema daljinskog grejanja kao što su: karakteristike primarne i sekundarne toplovodne mreže, broj podstanica, broj priključenih objekata, površina priključenih objekata itd. Ovi indikatori su predstavljeni u tabeli 10.

Tabela 10. Indikatori energetske efikasnosti sistema daljinskog grejanja

Indikator	Jedinica
Efikasnost transformacije energije	%
Efikasnost distribucije energije	%
Gubici toplote po km mreže daljinskog grejanja	kW/km
Potrošnja električne energije po MWh snabdevene toplotne energije	MWh/MWh/god

Efikasnost transformacije energije predstavlja odnos sekundarne energije i ukupne energije goriva koja ulazi u proces transformacije. Efikasnost distribucije energije je odnos isporučene toplotne energije korisnicima i toplotne energije koja odlazi za distribuciju. Potrošnja električne energije po MWh snabdevene toplotne energije je pokazatelj efikasnosti rada pumpnog sistema sistema daljinskog grejanja. Indikatori potrošnje vode mogu da se koriste kao: polazne vrednosti u gruboj proceni potrošnje vode u zgradama, polazne vrednosti za procenu tehničkog standarda sanitarne vode, podstrek za uvođenje dodatnih mera, instrument za upravljanje i nadzor, za proveru primenjenih mera za uštedu vode i za procenu budućih potreba.

Specifične vrednosti potrošnje vode dobijaju se deljenjem ukupne godišnje potrošnje vode u zgradi i karakterističnih vrednosti koje opisuju način korišćenja vode (npr. površina objekta m^2, broj osoba ili broj noćenja u hotelima). Karakteristične vrednosti potrošnje vode zavise od namene korišćenja vode: pijaća voda, topla voda, tehnološka voda, rashladna voda. Približno 2 ÷ 3 % procenta ukupne svetske potrošnje energije koristi se u pumpnim sistemima i sistemima za tretman otpadnih voda, koji se nalaze u urbanim sredinama i industriji. Potrošnja energije u mnogim vodvodima širom sveta mogla bi biti smanjena za najmanje 25 % primenom različitih mera i aktivnosti ušteda. Nažalost, relativno mala pažnja se polaže na uštedu energije u javnim komunalnim sistemima vodovoda i kanalizacije.

U zemljama u razvoju, u strukturi troškova, cena energije utrošene za snabdevanje vodom često prevazilazi polovinu ukupnog javnog gradskog budžeta. Čak i u distributivnim vodovodnim sistemima razvijenih zemalja, energija predstavlja drugi po redu trošak, odmah iza troškova radne snage.

Kritičan korak u stvaranju tima i određivanju broja anagažovanih ljudi, uključuje i obezbeđivanje potrebnih sredstava za rad, tj. za sprovođenje odgovarajućih merenja i praćenja potrošnje energije i distribucije vode, obuku ljudstva i njihovo upoznavanje sa najsavremenijim tehničko-tehnološkim rešenjima i obezbeđivanjem adekvatnih sredstava kako bi se projekat uštede realizovao. Međutim, veliki broj mera i aktivnosti kojima se može ostvariti značajna ušteda, može biti izveden sa minimalnim sredstvima ili gotovo bez ikakvih troškova. Zapravo, instaliranje mernog i sistema za nadzor i upravljanje može direktno dovesti do uštede od 10 %, jednostavnim izmenama rada u sistemu i poboljšanjem održavanja samog sistema. Dok se neka od poboljšanja u sistemu mogu lako i jednostavno realizovati sprovođenjem samih merenja određenih parametara u sistemu (protok,

napor), mnoge mogućnosti se mogu otkriti tek nakon ozbiljne analize dobijenih podataka. Mnoga unapređenja mogu se ostvariti tek nakon poređenja sa referentnim vrednostima u sličnim sistemima za vodosnabdevanje.

U tabelama 11. i 12. dati su indikatori energetske efikasnosti sistema vodosnabdevanja i kanalizacija.

Tabela 11. Indikatori energetske efikasnosti sistema vodosnabdevanja

Indikator	Jedinica
Potrošnja električne energije po m3 proizvedene vode	kWh/m3
Potrošnja el. energije po isporučenom m3 vode	kWh/m3
Potrošnja el. energije za vodu isporučenu domaćinstvima	MWh
Potrošnja el. energije za vodu isporučenu velikim i specijalnim potrošačima	MWh
Potrošnja el. energije za vodu isporučenu opštinskim zgradama	MWh
Potrošnja el. energije za gubitke vode	MWh

Tabela 12. Indikatora energetske efikasnosti sistema kanalizacije

Indikator	Jedinica
Potrošnja el. energije po m3 otpadnih voda	kWh/m3
Potrošnja el. energije po m3 prečišćenih otpadnih voda	kWh/m3
Ukupna potrošnja el. energije po m3 ispuštenih otpadnih voda	kWh/m3

Indikatori koji služe za ocenjivanje energetske efikasnosti jednog sistema osvetljenja prikazani su u tabeli 13.

Tabela 13. Tabela indikatora energetske efikasnosti sistema javnog osvetljenja

Indikator	Jedinica
Broj sijaličnih mesta po glavi stanovnika	svetiljki/stanovnik
Broj mesta sa svetiljkama / km osvetljenih ulica	svetiljki/ km
Potrošnja el. energije / mesta sa svetiljkama	kWh/svetiljki
Potrošnja el. energije / km osvetljenih ulica	kWh/ km
Potrošnja el. energije za osvetljenje po stanovniku	kWh/stanovniku

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



UVOD U ENERGETSKO PLANIRANJE

Lokalni energetski koncept je koncept razvoja jedinice lokalne samouprave na području snabdevanja i potrošnje energije, sa ciljem povećanja korišćenja lokalnih energetskih resursa, odnosno povećanja efikasnog korišćenja energije kao i korišćenje obnovljivih vidova energije, povećanja sigurnosti snabdevanja, poboljšanja zaštite životne sredine i otvaranja novih radnih mesta.

Postoje mnoge mogućnosti za uštedu energije u gradovima i jedinicama lokalne samouprave, ali sve strategije uštede se mogu klasifikovati u četiri osnovne kategorije:

Tehnički strateški pristup – Tehničke strategije uključuju primenu novih energetskih tehnologija ili podrazumevaju usavršavanje postojećih tehnologija. Ovakve promene zahtevaju značajna investiciona ulaganja i mogu ostvariti značajne uštede u jako kratkom vremenskom intervalu. Primena tehničke strategije je ograničena, upravo zbog navedenih činjenica, odnosno odgovarajuće investicione podrške (donacije, povoljni krediti i slično).

Regulatori strateški pristup – Regulatorne strategije zasnovane su na uvođenju lokalnih akata i odluka u skladu sa važećom pravnom regulativom, koja se odnosi na efikasno korišćenje energije i zaštitu životne sredine na teritoriji grada ili jedinice

Lokalne samouprave. Nedostatak u primeni ovakve strategije je da troškove snose krajnji korisnici, odnosno građani. Pravilnim pristupom i obaveštavanjem javnosti o opštim koristima primene takvih mera moguće je uspešno realizovati ovakve strategije.

Ekonomski strateški pristup – Ekonomske strategije uključuju uvođenje podsticajnih ili kaznenih mera, što stvara uslov za primenu mera i aktivnosti energetske efikasnosti. Takve mere mogu uključivati investicione kredite u realizaciji projekata energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije. Troškovi primene ovakvih strategija padaju na teret države, grada odnosno jedinice lokalne samouprave. Fondovi za finansiranje ovakvih projekata mogu biti stvoreni uvođenjem dodatnih doprinosa.

Obrazovni strateški pristup – Obrazovne strategije uključuju obrazovanje, obuku i informisanje kako bi se podigla svets o važnosti realizacije programa, mera i aktivnosti energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije. Primena obrazovne strategije, koja ima snažnu pokretačku inicijativu (lokalni mediji) može doprineti promeni na globalnom sociološkom nivou.

U praktičnoj realizaciji programa energetskog planiranja postoji značajno prožimanje prezentovanih strateških pristupa. Primenom ekonomskih mera moguće je stvoriti prihode koji se dalje mogu koristiti u realizaciji mera i aktivnosti u oblasti obrazovnih, tehničkih ili regulatornih strategija uštede. Grad ili jedinica lokalne samouprave, u cilju ostvarivanja maksimalnih ušteda energije, može doneti i usvojiti lokalni energetski plan, koji obezbeđuje sveobuhvatan i integrisan pristup različitim merama i aktivnostima zauštedu energijei racionalnim gazdovanjem ostalim resursima na teritoriji grada ili jedinice lokalne samouprave. Ovakav plan uobičajeno sadrži vremenski raspored realizacije navedenih mera i aktivnosti, kao i procenu potrebnih sredstava za njihovu realizaciju.

Tokom poslednje dekade prošlog veka, razvijene industrijske zemlje EU prepoznale su značaj „održivog razvoja" društva (*sustainable development*). To se, pre svega, odnosilo na neodgovornu i nepovratnu štetu izazvanu ubrzanim industrijskim razvojem, i na pravo da i buduće generacije imaju, pre svega, mogućnost i pravo da zadovolje sopstvene osnovne potrebe. Ovaj problem bio je predmet mnogih UN konferencija, što je dovelo do potpisivanja Agende 21 tokom održavanja UN konferencije o Zaštiti životne sredine i razvoju (Rio de Žaneiro, 1992). Prema poglavlju 28 Agende 21, „lokalne zajednice članice potpisnica sporazuma razviće uputstva za održivi razvoj u skladu sa nivoom njihove nadležnosti, uz javno informisanje i saglasnost njihovih građana". Održivost ima sama po sebi mnogo različitih aspekata, kao što su ekološki i ekonomski razvoj, smanjenje emisije gasova staklene bašte, odgovorno korišćenje prirodnih resursa, socijalna ravnopravnost i sl. Sa druge strane, pitanja potrošnje energije, saobraćaja i korišćenja zemljišta su najvažnija u kontekstu održivog razvoja. Tako, donošenje i usvajanje lokalnog energetskog plana predstavlja odlučan korak u procesu razvoja lokalne energetske strategije, u smislu racionalnog planiranja i usvajanja principa sprovođenja energetskog menadžmenta.

Kratkoročno energetsko planiranje

U opštem smislu, ne postoji univerzalno uspostavljen model sprovođenja eneregetskog planiranja u lokalnim zajednicama. Potrebe manjih jedinica lokalne samouprave mogu znatno odstupati od potreba velikih opština i naravno gradskih opština. Takođe, razlika je i u nivou raspoloživih resursa, kako ljudskih, tako i materijalnih. Upravo zbog toga, lokalni energetski planovi mogu se razlikovati i po obimu i nivoima delovanja, sve u cilju zadovoljenja potreba lokalne zajednice.

Bilo kakav „energetski problem" može biti pravi katalizator koji će pokrenuti proces uključivanja jedinice lokalne samouprave u program energetskog planiranja. Obično je takav pristup dobar način za početak energetskog planiranja u manjim jedinicama lokalne samouprave. Čak i u takvim slučajevima, energetski plan mora sadržati određena si-

stemska rešenja i korake koji ne zavise od obima energetskog planiranja. Osnovni koraci u realizaciji programa lokalnog energetskog planiranja su:

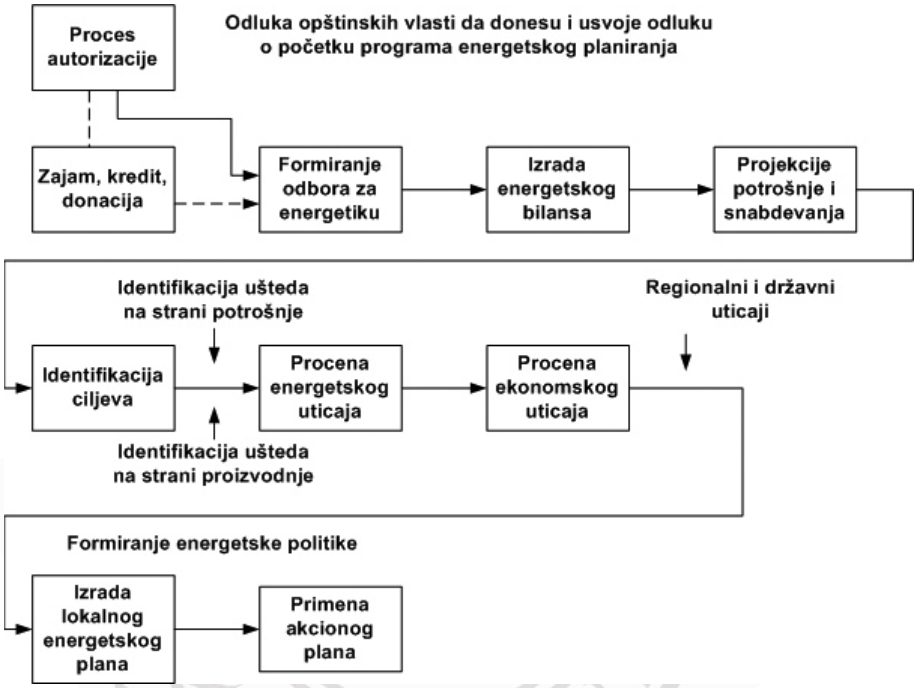
- uspostavljanje sistema energetskog menadžmenta na nivou opštine,
- snimanje energetskog stanja (izrada energetskog bilansa jedinice lokalne samouprave),
- analiza dobijenih podataka – definisanje prioriteta,
- donošenje i usvajanje ciljeva energetske politike,
- uključivanje svih zainteresovanih strana,
- definisanje različitih alternativa za rešenje definisanog prioriteta,
- rocena (evaluacija) alternativnih rešenja i izbor optimalnog rešenja,
- usvajanjeakcionog plana,
- monitoring – praćenje realizacije akcionog plana,
- izveštavanje o ostvarenim rezultatima (uštedama i koristima).

Tabela 1. Obim i nivo delovanja u okviru energetskog planiranja

	Kratkoročno planiranje predmet plana jedna mera ili aktivnost	**Srednjoročno planiranje** uključena energetska komponenta	**Dugoročno planiranje** detaljan, sveobuhvatan energetski plan
OBIM	Ciljano dejstvo – jedan ili dva specifična problema	Energetsko planiranje na nivou jedinice lokalne samouprave koje uključuje nabavku energenata na duži rok	Sveobuhvatan energetski plan inkorporiran u generalni urbanistički plan. Uključene sve zainteresovane strane.
PROBLEM – POKRETAČ	• nedostatak energenata, • nestabilno snabdevanje energentima, • rešavanje određenog problema u okviru zaštite životne sredine, • smanjenje energetske potrošnje u određenom objektu ili sistemu javne namene	• pitanja zaštite životne sredine na lokalnom i regionalnom nivou, • korišćenje zemlje, • saobraćaj, • ekonomski razvoj, • poboljšanje uslova života, • smanjenje potrošnje energije primenom sistemskih mera i aktivnosti.	• sve prethodno pomenute stavke, • smanjenje potrošnje energije u javnim servisima (JKP), • zaštita životne sredine uključujući emisiju štetnih • gasova, • strategija primene novih tehnoloških rešenja.

Srednjeročno energetsko planiranje

Proces uvođenja energetskog palaniranja započinje donošenjem odluke lokalnih vlasti da je program uvođenja energetskog planiranja neophodan. U ovoj fazi realizacije programa od velike važnosti je pronalaženje načina spoljnog finansiranja (zajam, kredit, doacija).

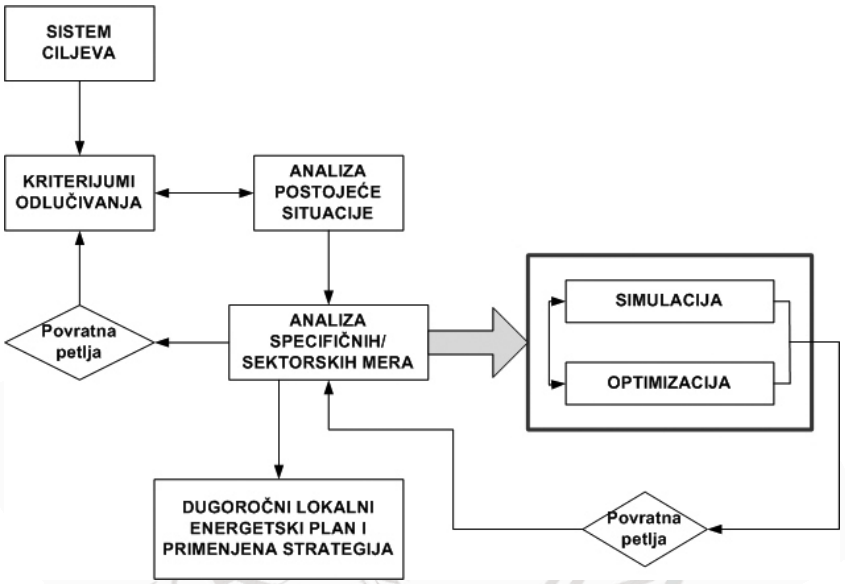


Slika 1. Srednjeročno planiranje -izrada lokalnog energetskog plana

Sledeći koraci, kao i u prethodnom slučaju odnose se na uspostavljanje sistema energetskog menadžmenta u jedinici lokalne samouprave (uspostavljanje funkcije energetskog menadžera) i izradu energetskog bilansa. Projekcije potrošnje energije i snabdevanja energentima najčešće se rade na osnovu podataka o populacionom prirastu, podacima iz generalnih i urbanističkih planova o izgradnji stambenih objekata i javnih servisa. U sledećem koraku neophodno je definisati opšte ciljeve na osnovu poznatih podataka o trenutnom stanju. Ciljeve treba definisati tako da budu merljivi (npr. smanjenje potrošnje energije na teritoriji opštine u iznosu od 3% u odnosu na potrošnju energije u baznoj godini, ili smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte za 5% u odnosu na iznos emisije u baznoj godini i slično). Na osnovu definisanih procena energetskog uticaja i procena ekonomskih ušteda, uz određivanje uticaja regionalnih i državnih prioriteta, moguće je definisati energetski plan. Sadržaj energetskog plana, obim i intezitet mera i aktivnosti, treba definisati tako da njihovom realizacijom u planiranom periodu budu zadovoljeni opšti ciljevi definisani u prethodnom koraku.

Dugoročno energetsko planiranje

Na slici 2. prikazan je tradicionalni pristup pri uvođenju modela dugoročnog energetskog planiranja. Algoritam se sastoji u primeni softverskih paketa koji su u stanju da u potpunosti obuhvate sve energetske sisteme na teritoriji jedinice lokalne samouprave. Primenom ovakvih paketa moguće je sprovesti detaljnu analizu, simulaciju i optimizaciju čitavog energetskog sistema na teritoriji opštine. Kada se jednom uspostavi sveobuhvatni konzistentan model, on je u stanju da vrši ocenu različitih scenarija.



Slika 2. Dugoročni lokalni energetski plan

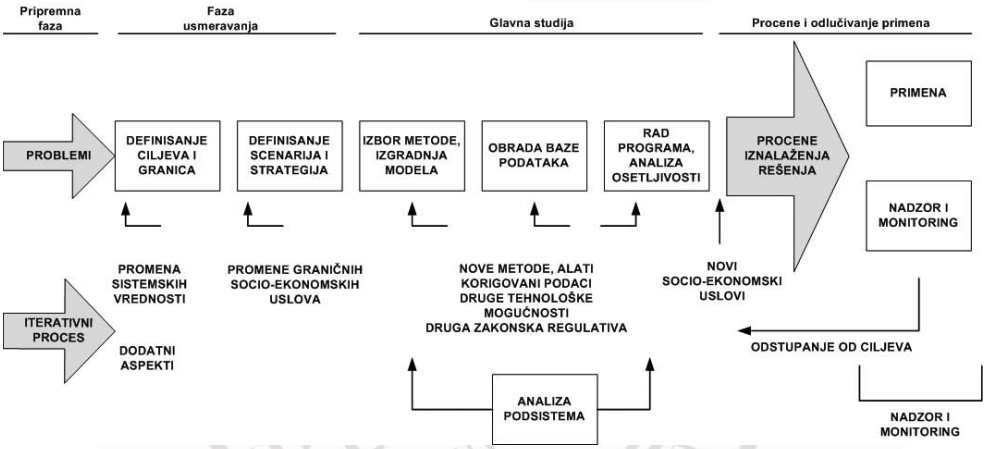
Energetski sistemi u velikim opštinama i gradovima sastoje se od visoko integrisanih podsistema. Planiranje u ovakvim sistemima ima najmanje dva nivoa:

1. detaljna analiza energetskog sistema kao celine na lokalnom ili regionalnom nivou,
2. analiza i optimizacija podsistema (primer: analiza rada toplane, analiza potrošnje energije u nekoj od javnih zgrada).

Tradicionalni pristup podrazumeva analizu rada svakog sistema ponaosob. U principu, prilikom takvog pristupa dobija se suboptimizacija svakog podsistema, neuzimajući u obzir međusobne uticaje podsistema. Prednost sistemskog pristupa u razvoju dugoročnog energetskog plana odlikuje se u sledećim činjenicama:

- U opštem slučaju, planiranje i rukovođenje energetskim podsistemima obavljaju različiti akteri, najčešće akteri koji imaju suprostavljene ineterese. Lokalne interesne grupe često imaju ciljeve koji se često razlikuju od ''optimalnih'' ciljeva koje energetski sistemi ili podsistemi treba da ostvare.

- Predviđeni životni vek lokalnih energetskih sistema (25-30 godina) ne dozvoljava brzu zamenu sistema. Sprovedene izmene i promene u okviru energetskih sistema predstavljaju činjenično stanje takvih sistema. Upravo zbog toga, definisanje i predviđanje radnih okvira (cene energenata, ekonomski razvoj, socio -ekonomske promene i sl.) moraju biti uzete u obzir prilikom izrade planskog dokumenta.
- Postoji veliki broj različitih tehnoloških rešenja koja se mogu primeniti na istom slučaju, a pritom samo jedno od njih je optimalan izbor.
- Promene u određenim podsistemima mogu uzrokovati promene u drugim podsistemima.



Slika 3. Dugoročno lokalno planiranje, faze i zadaci

Na slici 3. prikazane su faze u procesu dugoročnog lokalnog energetskog planiranja. Zadaci su povezani povratnom spregom u iterativni ciklus. ***Pripremna faza –*** Ulaz za pripremnu fazu jedetaljna slika i presek trenutnog stanja u jedinici lokalne samouprave, energetski podaci prikupljeni za najmanje tri kalendarske godine. Pored energetskih podataka, neophodno je raspolagati u ovoj fazi informacijama o raspoloživom budžetu, izabranim metodama prikupljanja podataka, vremenskom okviru projekta i sl. Ako su podaci kompletirani i prikupljeni na korektan način, članovi energetskog odbora bi na osnovu tih podataka morali znati odgovore na sledeća pitanja:

- Najveći problemi i kritična mesta u energetskom sistemu lokalne zajednice?
- Dugoročniciljevi po pitanju energetskog snabdevanja u lokalnoj zajednici?
- Ko su glavni akteri u energetskom snabdevanju? Ko odlučuje i šta su čije obaveze i odgovornosti?
- Na kojem području energetske potrošnje se može delovati i kakva tehnološka rešenja se mogu razmatrati?

- Da li već postoje izrađene studije čijim su sadržajem obuhvaćena kritična mesta u energetskom sistemu?
- Kakve su potencijalne koristi od donošenja lokalnog energetskog plana?
- Kakve su finansijske mogućnosti da se lokalni energetski plan realizije?

Faza usmeravanja – U toku realizacije ove faze, neophodno je detaljno definisati sledeće stavke: probleme, ciljeve, granice sistema, scenarije i mere.

Faza izrade glavne studije – Realizacija ove faze sastoji se u sveobuhvatnoj analizi podataka i izradi nekoliko detaljnih studija glavnih i važnih podsistema, ili izabranih delova sistema od posebne važnosti. Praktično, analiza se vrši na dva odvojena nivoa, i sumiranje dobijenih podatka je od suštinske važnosti za proces odlučivanja i donošenja sistemskih odluka. Ova faza se realizuje u sledećih petkoraka:

1. Definisanje strukture sveubuhvatnog modela primenom ''referentnog energetskog modela''.
2. Izrada modela baze podataka.
3. Proračun scenarija i strategija.
4. Integrisana analiza podsistema.
5. Analiza osetljivosti.

Faza procene i odlučivanja – Svrha realizacije ove faze je usvajanje strategije koja će biti primenjena. Rezultat ove faze je usvojena strategija, akcioni plan i lista prioriteta za primenu mera koje predstavljaju suštinu dugoročnog lokalnog energetskog plana.

Faza realizacije – Kompletiran akcioni plan i lista prioriteta transformisani u vidu niza različitih mera i aktivnosti, u ovoj fazi moraju biti relaizovani. Mere i aktivnosti moraju biti isplanirane do detalja.

Faza nadzora i monitoringa – Dobra praksa podrazumeva proces kontinuiranog praćenja u toku nekoliko godina, u cilju poređenja realizacije akcionog plana i primenjenih projekata sa originalno postavljenim ciljevima.

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



PROJEKTI ENERGETSKE EFIKASNOSTI I KORIŠĆENJA OIE

Identifikacija i priprema projekata energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije su aktivnosti čiji je cilj realizacija mera i uvođenja tehnologija kojima se smanjuje potrošnja energije dobijene iz tzv. „konvencionalnih" izvora (na primer, sagorevanjem fosilnih goriva).

Mere energetske efikasnosti imaju za posledicu smanjenje utroška energije pri proizvodnji dobara (razne industijske grane, poljoprivreda) ili pružanju usluga (snabdevanje toplotnom ili električnom energijom, prirodnim gasom, ulično osvetljenje, transport putnika ili robe) u odnosu na potrošnju energije u postojećim sistemima. Tipične mere energetske efikasnosti su: uvođenje spregnute proizvodnje toplotne i električne energije, poboljšanje toplotne izolacije zgrada, zamena stolarije, zamena delova cevovoda u sistemu daljinskog grejanja, korišćenje pumpi i kompresora sa elektromotorima promenljive brzine, automatizacija energetskih sistema, upotreba modernih i efikasnijih sistema osvetljenja i drugo.

Uobičajeno je da se u nekom sistemu prvo sprovedu ekonomski opravdane mere energetske efikasnosti, posebno one koje zahtevaju mala ulaganja, a da se zatim razmatra uvođenje tehnologija za korišćenje energije iz obnovljivih izvora, što može zahtevati veće početne investicije. Na taj način se prvo smanjuje količina energije koju je potrebno obezbediti, što za posledicu ima manji neophodan kapacitet energetskog sistema. Time se utiče na visinu investicije pri kasnijem uvođenju tehnologija za korišćenje energije iz obnovljivih izvora.

Finansiranje projekata energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije se može obezbediti na više načina:

- iz sopstvenih fondova,
- zaduživanjem, tj. uzimanjem kredita od finansijskih institucija,
- finansiranjem od treće strane, ugovaranjem učinka ili lizingom u slučaju proizvodnih organizacija ili

iz donacija, pri čemu se kriterijumi opravdanosti realizacije projekta donekle razlikuju od kriterijuma pri finansiranju iz sopstvenih fondova, zaduživanjem ili od treće strane. Donatori su najčešće zainteresovani da projekat koji finansiraju doprinese stvaranju održivih sistema i institucija i poboljšanju ukupne socijalne situacije u društvu.

U svakom slučaju, realizacija projekta omogućava postizanje ušteda u troškovima za energiju i održavanje, tako da se uložena sredstva vraćaju posle izvesnog vremena.

Koristi koje proističu iz ovih projekata su višestruke i ogledaju se u:

- smanjenju zagađenja i poboljšanju kvaliteta životne sredine,
- ostvarivanju ekonomske koristi i
- širem pozitivnom uticaju na društvo kao celinu.

Osnovni motiv za sprovođenje projekata energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije za pojedince i kompanije je, ipak, ekonomska dobit, odnosno isplativost projekata. Naime, smanjenjem potrošnje energije ili upotrebom jeftinijih energenata se postižu značajne finansijske uštede koje bi trebalo, ukoliko je projekat isplativ, da u prihvatljivom periodu nadmaše investicije u projekat, kao i troškove rada i održavanja sistema, i donesu odgovarajuću dobit. Kada ovakvi projekti nisu isplativi, ili su na granici isplativosti, lokalna vlast, država i međunarodne institucije mogu, u nekim slučajevima, podsticajnim merama uticati na krajnju odluku da se oni ipak realizuju. Drugi argument koji ide u korist projektima energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije je činjenica da su rezerve fosilnih goriva ograničene, a da se potražnja za istim povećava iz godine u godinu, što neminovno dovodi do porasta njihove cene. Porast cene konvencionalnih goriva čini projekte energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije isplativijim i atraktivnijim. Pored toga, cene konvencionalnih goriva su veoma često nestabilne i fluktuiraju u zavisnosti od najrazličitijih zbivanja na lokalnom, nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou, što predstavlja dodatni rizik za kompanije i pojedince i stvara probleme u održavanju ekonomske stabilnosti država koje uvoze ove energente.

Kriterijumi ekonomskog ocenjivanja projekata energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije

Jedan od osnovnih podsticaja za ulaganje u realizaciju projekata energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije jeste očekivanje da će u predviđenom periodu rezultirajući dobici od ušteda nastalih smanjenjem potrošnje goriva ili korišćenjem jeftinijih goriva premašiti početne investicione troškove. Ovi dobici i troškovi moraju da se ocene

kako bi mogle da se donesu racionalne odluke o investiranju. Zbog toga, moraju da se primene ekonomske metode ocenjivanja rentabilnosti projekata kao osnova za donošenje odluka, ali i da bi se alternativne investicije rangirale po ekonomskim efektima, kao i da bi se ocenila ekonomska održivost pojedinačnog projekta.

Prvi korak u analizi rentabilnosti projekta je procena životnog veka projekta. Tehničko trajanje mera/projekata zavisi od fizičkog veka trajanja opreme ili materijala. Ekonomsko trajanje mera projekta predstavlja period za koji projekat donosi prihode, odnosno uštede prema definisanom planu. U nekim situacijama se događa da ekonomski životni vek projekta bude znatno kraći od stvarnog životnog veka projekta. Procena rentabilnosti projekta energetske efikasnosti vrši se za ekonomski životni vek projekta. Složeni projekti sastoje se od nekoliko mera različitih trajanja (životni vek mera). U tom slučaju neophodno je izračunati tzv. svedeni životni vek projekta koji uzima u obzir potrebno ponavljanje nekih mera (ciklusi mera) tokom životnog veka projekta u celini.

Investicioni troškovi projekta predstavljaju zbir troškova koji su potrebni za realizaciju projekta, kao i za njegovo funkcionisanje tokom njegovog životnog veka. U investicione troškove spadaju:

- Početni investicioni troškovi koje čini zbir troškova pripreme i upravljanja projektom (izrada studija i projektne dokumentacije, priprema i realizacija javnih nabavki i sl.) i kapitalnih troškova u vezi sa nabavkom i instalacijom materijala i/ili opreme, kao i izvođenjem radova.

  Početni investiconi troškovi mogu se raščlaniti na dve komponente:

  $$I_O = I_{OF} + I_{OC}$$

  gde su:

  I_{OF} – jednokratni troškovi na početku projekta,

  I_{OC} – troškovi koje je potrebno višekratno ponavljati tokom trajanja projekta.

- Svedeni investicioni troškovi koje čine troškovi održavanja projekta tokom njegovog životnog veka.

U idealnom slučaju, kada su pojedinačni životni ciklusi mera u okviru projekta međusobno jednaki i identični životnom veku celog projekta, početni investicioni troškovi jednaki su svedenim investicionim troškovima projekta. U suprotnom, oni se razlikuju.

Godišnji eksploatacioni troškovi projekta predstavljaju sve troškove nabavke energenata i redovnog održavanje opreme. Radi ocene ekonomskih efekata realizacije nekog projekta potrebno je izračunati: godišnje operativne troškove pre realizacije projekta (postojeće stanje) i godišnje operativne troškove nakon realizacije projekta (novo stanje). Razlika godišnjih troškova pre i posle realizacije projekta predstavlja godišnje uštede, odnosno prihode projekta. Ove uštede su po pravilu rezultat nižih troškova za energiju, a često i nižih troškova održavanja.

Prihodi i troškovi u toku ekonomskog veka trajanja projekta mere se i ocenjuju pomoću standardnih parametara rentabilnosti. Parametri rentabilnosti svrstavaju se u dve osnovne kategorije: *statičke* i *dinamičke*. Osnovna razlika između ove dve grupe parametara je u tome što se pri određivanju statičkih parametara rentabilnosti ne uzima u obzir *vremenska vrednost novca*, dok se kod dinamičkih ovoj vrednosti poklanja posebna pažnja.

Vremenska vrednost novca ukazuje na to da investirani kapital ima dinamičke osobine. Poređenje može da se vrši samo za istovremene novčane iznose jer isti iznos kapitala, gledano u trenutku u kome se donosi odluka, ima različite vrednosti u različitim vremenskim trenucima. Na primer, ako se iznos od RSD 100.000,00 uloži danas na zajemčen račun na godinu dana i na kraju godine ukamaćena suma iznosi RSD 110.000,00 onda se može reći da je vremenska vrednost novca za tu godinu 10%.

Investicije u uštedu energije, kao i sve druge investicije, iziskuju niz kapitalnih izdataka raspoređenih u toku jednog vremenskog perioda. Ove investicije rezultiraju uštedama u troškovima, koje su takođe raspoređene u nekom budućem vremenskom periodu. Da bi se ocenila rentabilnost takvih projekata, neophodno je da se te rezultirajuće uštede preračunaju naistu baznu godinu u kojoj su izvršene investicije. Ovo je potrebno zato što novac investiran ili dobijen u različitim vremenskim momentima nema jednaku vrednost. Ocenjivanje projekata za uštedu energije zahteva analizu troškova i prihoda ostvareneih u toku ekonomskog veka trajanja projekta.

Najjednostavnije metode ocene rentabilnosti projekta koje mogu da primene donosioci odluka pri izboru alternativnih projekata, zasnivaju se na statičkim parametrima. Ovim metodama sabiraju se godišnje neto uštede ostvarene jednom investicijom i porede se sa početnim ulaganjem. Osnovni statički parametri za ocenu rentabilnosti projekta su *prosta stopa prinosa investicije* i *prost period povraćaja investicije*.

Prosta stopa prinosa investicije predstavlja prosečni godišnji dobitak (prinos) na uložena sredstva kao procenat početne knjigovodstvene vrednosti investicije. Na primer, ako se vrednost neke investicije proceni na RSD 1.000.000,00, a prinos ove investicije na RSD 200.000,00 godišnje, onda se kaže da je godišnja prosta stopa prinosa na investicije 20%. Pošto se izračunavanja ovog parametra baziraju na vrednostima iz samo jedne godine, neophodno je istaći značaj izbora reprezentativne godine iz koje će se izabrati ove vrednosti.

Prost period povraćaja investicije *(PBP)*, predstavlja neophodni vremenski period za povraćaj početne investicije preko neto novčanih dobitaka (prinosa) od investicije. Najčešće se ovaj parametar izračunava na osnovu neto dobitaka pre oporezivanja, uz zanemarivanje vremenske vrednosti novca. Investicioni troškovi se obično definišu kao početni investicioni troškovi, zanemarujući ostatak vrednosti investicije. Neto dobici se definišu kao rezultujuće neto smanjenje neto novčanih troškova (kao npr. uštede goriva, uštede u operativnim troškovima). Tako, period povraćaja investicije visine RSD 1.000.000,00 koja donosi godišnje smanjenje neto novčanih troškova od RSD 200.000,00 bi bio 5 godina.

Statički kriterijumi za odlučivanje se odlikuju jednostavnošću, ali po pravilu i nezadovoljavajućom tačnošću zbog zanemarivanja vremenske vrednosti novca. Njihovo korišćenje je

pogodno samo za prvu, grubu, ocenu projekta u procesu identifikacije projekata. Drugim rečima, ocena statičkih parametara predstavlja početni korak procene rentabilnosti koji može da se upotrebi kao sredstvo za trijažu radi eliminisanja očigledno neekonomičnih investicija. Projekti koji se čine ekonomski izvodljivim, posle analize statičkim metodama moraju biti detaljno analizirani korišćenjem tehnika za dinamičko ocenjivanje.

Dinamički kriterijumi za odlučivanje uzimaju u obzir dinamiku tržišta kapitala putem sagledavanja vremenske vrednosti novca. Zbog toga je osnovna operacija kod izračunavanja svih dinamičkih parametara *svođenje*, tj. *diskontovanje na sadašnju vrednost* svih investicionih troškova i dobitaka u toku životnog veka jednog projekta. Najčešće primenjivani parametri su:

- neto sadašnja vrednost,
- koeficijent neto sadašnje vrednosti,
- dinamički period povraćaja investicije i
- interna stopa rentabilnosti.

Svaki od navedenih parametara omogućava bliži uvid u ispunjenost određenih kriterijuma za donošenje odluke o investiciji. Za sveobuhvatno sagledavanje rentabilnosti projekta neophodno je uvekanalizirati sve navedene parametre.

Za svođenje budućih novčanih iznosa na sadašnju vrednost, kao mera vremenske vrednosti novca koristi se tzv. *diskontna stopa (r) projekta*.

Diskontna stopa treba da bude jednaka *realnoj kamatnoj* stopi koja se može dobiti od banke koja odobrava kredit za realizaciju konkretnog projekta. Ako se za realizaciju projekta koristi samo jedan kredit, onda se njegova realna kamatna stopa uzima kao diskontna stopa. Vrlo je verovatno da će se za potrebe finansiranja većih projekata koristiti više kredita sa različitim kamatnim stopama. U tom slučaju se diskontna stopa izračunava kao srednja vrednost ponderisanih pojedinačnih kamatnih stopa, pri čemu se kao faktori ponderisanja koriste pojedinačni iznosi kredita. S obzirom da je u fazi pripreme projekta vrednost kamatne stope još uvek nepoznata, opštinama se preporučuje da se za proračun koriste srednje vrednosti kamatnih stopa za kredite odobrene javnom sektoru.

Pri oceni rentabilnosti nekoliko varijanti istog projekta potrebno je uvek primenjivati istu diskontnu stopu.

Ukupne investicije za projekat životnog veka od (n) godina, koji podrazumeva, pored početnog investiranja u nultoj godini, još $k = n/(m\text{ -}1)$ investicionih ciklusa radi održavanja neke mere, dobijaju se svođenjem budućih investicija na sadašnji trenutak. Svedene investicije predstavljaju zbir komponente (I_{OF}) koja se javlja samo na početku projekta, investiranja u početni ciklus (I_{OC}) i svedenih investicija svih preostalih ciklusa tokom životnog veka projekta.

$$I_{ac} = I_{0F} + I_{0C} + I_{0C}\left(\frac{(1+rc)^k - 1}{rc(1+rc)^k}\right) = I_{0F} + I_{0C}\left(1 + \frac{(1+rc)^k - 1}{rc(1+rc)^k}\right)$$

$$rc = (1+r)^m - 1$$

rc je obračunski parametar koji se koristi za diskontovanje novčanih iznosa u periodu od *(m)* godina, i koji odgovara životnom ciklusu neke mere u okviru projekta.

Radi procene efekata projekta i poređenja različitih varijanti izvođenja projekta, neophodno je proračunati ukupne uštede ostvarene tokom životnog veka projekta i svesti ih na sadašnji trenutak (početni trenutak). Svedene kumulativne uštede (*CB*) mogu se odrediti na osnovu godišnjih ušteda (*Bt*) za svaku godinu *t* tokom životnog veka projekta od n godina uz poznatu diskontnu stopu *r* na godišnjem nivou:

$$CB = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}$$

Metoda neto sadašnje vrednosti je polazna osnova za ostale dinamičke metode ocene rentabilnosti projekata. Ova metoda podrazumeva izračunavanje razlike između sadašnjih vrednosti kumulativnih ušteda (svedenih prihoda projekta) i investicija u toku životnog veka projekta (svedenih investicija). Ova razlika predstavlja neto sadašnju vrednost te investicije *(NPV)*:

$$NPV = CB - I_{ac}$$

Projekat je rentabilan kada je neto sadašnja vrednost veća od nule (svedene uštede tokom životnog veka projekta biće veće od ukupnih svedenih investicija). U protivnom nema smislaulagati u takav projekat.

Metodu neto sadašnje vrednosti treba obavezno primenjivati pri oceni rentabilnosti projekta jer ona uzima u obzir ceo životni vek projekta. Osnovni nedostatak ove metode je što meri samo apsolutni učinak prihoda ili troškova projekta, ne ukazujući na visinu investicija koje su potrebne da bi se ostvarila određena vrednost neto sadašnje vrednosti. Ovaj nedostatak se prevazilazi korišćenjem koeficijenta neto sadašnje vrednosti, koji se definiše kao količnik neto sadašnje vrednosti i svedenih investicija:

$$NPVQ = \frac{NPV}{I_{ac}} = \frac{CB - I_{ac}}{I_{ac}} = \frac{CB}{I_{ac}} - 1$$

Kada je ovaj koeficijent veći od nule projekat je isplativ. Štaviše, dobijeni koeficijent (za slučaj kada je veći od nule) pokazuje koliko se godišnje zarađuje novčanih jedinica ulaganjem (investiranjem) jedne novčane jedinice u projekat.

Dinamički period povraćaja investicije ili rok otkupa investicije *POP* je parametar čijim se korišćenjem mogu prevazići nedostaci vezani za prost period povraćaja investicije, usled izostavljanja vremenske vrednosti novca. Godišnje neto uštede svode se na sadašnju vrednost, odnosno diskontuju se unazad na godinu kada je projekat stavljen u funkciju, sve dok akumulirana sadašnja vrednost ušteda ne bude jednaka početnoj investiciji, tj. neto sadašnja vrednost ne bude jednaka nuli.

Dinamički period povraćaja investicije ili rok otkupa izračunava se izjednačavanjem ostvarenih kumulativnih ušteda i svedenih investicija:

$$\text{Za } t = POP \text{ je } CB = I_{ac}$$

$$CB(POP) - I_{ac} = B\frac{(1+r)^{POP}-1}{r(1+r)^{POP}} - I_{ac} = 0$$

$$POP = -\frac{\ln\left(1 - r\frac{I_{ac}}{B}\right)}{\ln(1+r)} = -\frac{\ln(1 - r * PBP)}{\ln(1+r)}$$

Kada se uzme u obzir vrednost novca u vremenu (dinamički pristup), dobija se duži period otplate od statičkog pristupa. To znači da je pri pozitivnim diskontnim stopama, rok otkupa investicije (*POP*) uvek veći od prostog perioda povraćaja investicije (*PBP*). Identični su jedino kada je diskontna stopa jednaka nuli.

Interna stopa rentabilnosti je parametar koji je jednak diskontnoj stopi pri kojoj bi neto sadašnja vrednost tokom životnog veka projekta bila jednaka nuli, odnosno pri kojoj bi svedena (kumulativna) ušteda tokom životnog veka odgovarala svedenim investicijama. Ovaj parametar se dakle izvodi iz uslova:

$$NPV(IRR) = B\frac{(1+IRR)^{n}-1}{IRR * (1+IRR)^{n}} - I_{ac} = 0$$

Za ovaj parametar nije moguće izvesti analitički izraz, već se za to koristiti iterativan postupak. Suštinski, ova veličina ukazuje na rentabilnost projekta. Svaki komercijalni kredit čija je realna kamatna stopa manja od interne stope rentabilnosti može biti prihvatljiv za finansiranje projekta, jer ostavlja mogućnost za ostvarivanje dobitionoga ko pokreće projekat.

Kriterijum za odlučivanje za jedan od alternativnih projekata jeste da se odaberu oni projekti koji imaju najvišu internu stopu rentabilnosti. Prednost ove metode je u tome što planer ne mora da unapred proceni vremensku vrednost novca, a nedostatak što ponekad može neopravdano da favorizuje manje projekte, tj. projekte koji zahtevaju manje investicije, ali i rezultuju manjim prinosima u apsolutnom iznosu.

Ocenjivanje rentabilnosti projekta u uslovima neizvesnosti

U praksi uvek postoji neizvesnost u vezi sa budućim vrednostima ekonomskih parametara. Stepen neizvesnosti koji se vezuje za neki konkretan projekat određivaće rizik koji on povlači za sobom u slučaju njegove realizacije. Zbog toga će donosilac odluke morati da odmeri rizike i stepen rentabilnosti koji se istovremeno javljaju kod svakog alternativnog projekta. Ovaj aspekt ocenjivanja projekata je od velike važnosti kada se radi o investicijama za uštedu energije. Ovime se osigurava da proces odlučivanja eliminiše one faktore koji dovode do predlaganja neprofitabilnih projekata.

Izvori neizvesnosti bi mogli da se razmatraju za sve ekonomske parametre, a stepen neizvesnosti može da bude različit za svaki konkretan parametar. Stoga, *analiza neizvesnosti* može da ispituje osetljivost onih parametara koji imaju najviši stepen neizvesnosti i onih sa najvećim uticajem na stepen ekonomske rentabilnosti jednog projekta. Parametri koji su uobičajeni izvori neizvesnosti u ekonomskom ocenjivanju projekata svrstavaju se u dve osnovne kategorije: (1) neizvesnosti vezane za projekat (investicioni troškovi, nivo proizvodnje, vek trajanja, troškovi održavanja) i (2) neizvesnosti ekonomskog okruženja (stope inflacije, diskontne stope, tržišne cene proizvoda). Stepen neizvesnosti i osetljivost parametara rentabilnosti koja se vezuje za svaki od navedenih parametara zavise od vrste projekta koji se analizira.

Analiza osetljivosti projekta se vrši radi ocene rentabilnosti projekta u slučaju da dođe do promene ključnih parametara u toku životnog veka projekta u odnosu na vrednosti koje su prvobitnom ocenom rentabilnosti predviđene. Kada su u pitanju projekti energetske efikasnosti, u takve parametre spadaju: projektovana cena energije, vrednost ukupnih investicija, projektovani životni vek opreme i parametri monetarne politike (diskontna stopa i stopa inflacije). Pored toga, potrebno je izvršiti i analizu osetljivosti na promenu više uticajnih parametara odjednom. Analiza osetljivosti najčešće se vrši za neto sadašnju vrednost, internu stopu rentabilnosti i dinamički period povraćaja kapitala. Osetljivost može da se iskaže u jedinicama vezanim za svaki od parametara, ili kao promena po jedinici vrednosti parametara rentabilnosti. Ako je neki od parametara rentabilnosti jednog projekta osetljiv na promenu vrednosti nekog konkretnog parametra, tj. ako se značajno menja sa promenom vrednosti tog parametra, onda je neophodno da se urade precizne procene ovog parametra, kako bi se stepen neizvesnosti zadržao na minimumu. Analiza osetljivosti se radi u ranim fazama ocenjivanja projekta, kako bi se identifikovali oni parametri sa kojima treba pažljivo rukovati. Parametrima čije promene ne utiču značajno na indekse rentabilnosti poklanja se manje pažnje.

Pošto analiza osetljivosti zahteva da se unapred odabere niz vrednosti za parametre za koje se vezuje neizvesnost, nije jasno koja je verovatnoća da se ove pretpostavke ostvare u budućnosti. Zbog toga, ovim konkretnim vrednostima parametara treba dodeliti vrednosti verovatnoće događanja. Element neizvesnosti i rizici vezani za realizaciju projekata uzimaju se u obzir u procesu odlučivanja kroz korišćenje vrednosti verovatnoća dodeljenih kritičnim parametrima, odnosno kroz *analizu verovatnoće*. Te dodeljene vrednosti verovatnoće mogu da odražavaju učestalost pojave jednog događaja. Zato, primenom ovog postupka ova analiza eliminiše ograničeno ocenjivanje kako optimističkog, tako i pesimističkog rezultata. Kroz analizu indeksa rentabilnosti u uslovima neizvesnosti dodelom vrednosti verovatnoće, ta ocenjivanja će dobiti oblik funkcije distribucije verovatnoće. Broj verovatnoća dodeljenih svakoj promenljivoj veličini koja se analizira, može da ima vrednosti od 1 do 0, ali njihov zbir mora da iznosi jedan. Dodeljivanje vrednosti verovatnoće događanja svakoj promenljivoj veličini koja je od interesa zahteva dobro poznavanje tehnologije koja se analizira, kao i ekonomskog okruženja u kojem će ovi sistemi raditi. Otuda je konačan izbor ovih vrednosti visoko intelektualni posao, dok je kvalitet dobijenog rezultata usko povezan sa kvalitetom dodeljenih vrednosti verovatnoće.

Priprema projekata energetske efikasnosti u javnim zgradama

Racionalno upravljanje energetskim resursima u javnim zgradama i podizanje svesti o energetskoj efikasnosti bitno je iz više razloga. Osnovni razlog je da bi se smanjili godišnji troškovi za energiju i vodu, da bi se održali potrebni standardi ambijentalnih uslova u prostorijama, da bi se planirala neophodna sredstva za obnovu, modifikaciju i održavanje, da bi se planirale investicione mere ili donosile pravovremene i konkretne odluke u vezi podizanja nivoa energetske efikasnosti.

Osnovni razlozi za razvoj i pripremu projekata energetske efikasnosti u javnim zgradama mogu se grupisati u nekoliko kategorija:

- ekonomski razlozi (visoki troškovi za energiju, visoki troškovi tekućeg i investicionog održavanja, itd.),
- postizanje višeg komfora (temperatura, osvetljenje, vlaga, ventilacija i dr.),
- tehnički razlozi,
- zaštita životne sredine (smanjenje emisije CO2, smanjenje emisija ostalih štetnih produkata sagorevanja, supstitucija energenata),
- zakonska ograničenja.

Postojeće stanje energetske efikasnosti u Srbiji u oblasti javnih zgrada teško je pouzdano proceniti. Ono se generalno može okarakterisati kao nezadovoljavajuće, što znači da postoje značajni potencijali za uštedu energije. Utvrđivanje postojećeg stanja otežano je nizom nepovoljnih okolnosti, od kojih se neke posebno izdvajaju:

- Često nepostojanje podataka o karakteristikama objekata (npr. građevinsko stanje, stanje instalacija, popis potrošača u objektu, vreme korišćenja i sl.) ili pokazatelja energetske efikasnosti definisanih na bilo koji način. Podaci koji su raspoloživi su vrlo nepouzdani.
- Nepostojanje sistematskog i kontinualnog praćenja potrošnje energije i vode u javnim zgradama.
- Nepostojanje politike oština u oblasti energetike, ni programa energetskog mendžmenta u opštinama.
- Nizak nivo obaveštenosti korisnika javnih zgrada o mogućnostima poboljšanja energetske efikasnosti u objektima.
- Nepostojanje radnog mesta energetskog menadžera u sistematizaciji radnih mesta opštine, itd.

Raspoloživi podaci za javne objekte u Srbiji, prikazani u nastavku, upućuju na neracionalno korišćenje energije u pojedinim sektorima i u pojedinim tipovima javnih objekata.

Administrativne ustanove - Prosečna godišnja potrošnja toplotne energije od 319 kWh/m^2 u opštinskim administrativnim zgradama u Srbiji značajno je viša u odnosu na slične objekte u drugim zemljama: 90 - 150 kWh/m^2 (Švajcarska i Austrija) i 110 - 128 kWh/m^2 (Nemačka). Prosečna specifična potrošnja električne energije u opštinskim administrativnim zgradama u Srbiji je 64 kWh/m^2 što je 3,7 puta više nego u Nemačkoj.

Prosečna specifična potrošnja vode u opštinskim administrativnim zgradama je preko 20 puta veća nego u Nemačkoj.

Školske ustanove - Prosečna godišnja potrošnja toplotne energije od 192 kWh/m^2 u školama u Srbiji veća je u odnosu na škole u Austriji i Nemačkoj (90 – 154 kWh/m^2). Prosečna specifična potrošnja električne energije u školama u Srbiji je 19 kWh/m^2 što je 2,7 puta više nego u Nemačkoj. Prosečna specifična potrošnja vode u školama u Srbiji iznosi 0,93 m^3/m^2 i preko 6,2 puta je veća nego u Nemačkoj.

Projekti energetske efikasnosti u javnim zgradama predstavljaju skup praktičnih rešenja za probleme identifikovanih energetskih gubitaka, koji su pri tome potpuno tehnički i finansijski razrađeni.

Procedura pripreme projekata energetske efikasnosti u javnim zgradama predstavlja niz aktivnosti od snimanja karakteristika objekata i energetskih tokova, preko identifikacije i procene mogućnosti uštede energije do pripreme projektne dokumentacije. S tim u vezi mogu se prepoznati tri faze procesa pripreme projekata energetske efikasnosti u javnim zgradama.

Prvu fazu čini preliminarno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova koje treba samo da ukaže na mogućnosti i potrebu smanjenja potrošnje energije. Osnovni cilj je ocenjivanje trenutnog nivoa potrošnje energije i odgovarajućih troškova, na osnovu postojeće dokumentacije i kratkog fizičkog pregleda objekta. U ovoj fazi se eventualno predlažu mere domaćinskog upravljanja energetskim resursima (*Good housekeeping*) i projekti sa malim ulaganjem i kratkim vremenom povraćaja investicije. Takođe se sačinjava spisak mera koje zahtevaju srednja i visoka ulaganja, kao i konkretne tačke koje se moraju obraditi detaljnijim pristupom. Drugu fazu čini upravo pomenuto detaljno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova. Ova faza predstavlja nastavak preliminarnog snimanja kroz niz procedura za definisanje i izradu energetskih bilansa, i kroz detaljnu analizu tehničke i ekonomske opravdanosti ulaganja. Poslednju fazu pripreme projekata čini izrada tehničke dokumentacije kao podloge za realizaciju projekta. Prve dve faze biće posebno obrazložene u nastavku teksta.

Preliminarno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova

Preliminarno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova (*Preliminary Energy Audit*) je prvi korak u proceni koliko energije troši objekat i gde su moguća mesta uštede energije, kako bi se objekat učinio energetski efikasnijim. Dakle, postupak treba da ukaže na probleme neracionalnog trošenja (rasipanja) energije i locira takva mesta. Radi se o jednostavnom, brzom i osmišljenom pregledu objekta, koji uključuje analizu potrošnje energije i pruža uvid u stanje i energetsku efikasnost pregledanog objekta. Tokom ovog postupka, pregledaju se građevinski elementi objekta (prozori, vrata, zidovi, krov i sl.), proverava se stanje i efikasnost sistema za grejanje i hlađenje i analiziraju se mogućnosti uštede vode i električne energije.

Preliminarno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova sastoji se od sledećih aktivnosti, koje se mogu proširivati u zavisnosti od specifičnih zahteva i namene objekta:

1 Upoznavanje s postojećom dokumentacijom objekta i prvi obilazak prostora.

2 Prikupljanje računa za potrošenu energiju, po mogućstvu za poslednje 3 godine. Ovo podrazumeva prikupljanje svih podataka o nabavci energenata/energije i vode u objektu. Pri tome treba prikupiti podatke o energiji izražene kako u fizičkim jedinicama karakterističnim za pojedine energente (kWh, tone, m^3 itd.), tako i u novčanim jedinicama. Naročito treba voditi računa da se pravilno evidentiraju tarife, načini i vremenska dinamika plaćanja za pojedine energente. Na osnovu prikupljenih računa radi se analiza troškova i potrošnje pojedinačnih energenta ili energije (električna energija, grejanje, voda).

3 Na osnovu prikupljenih podataka i pregleda objekta vrši se energetska analiza i identifikacija problema. Na osnovu preliminarne analize moguće je dati predlog mera poboljšanja energetske efikasnosti objekta uz odgovarajuće objašnjenje i preporuke o vrsti i obimu dodatnih analiza koje treba sprovesti.

Preliminarna energetska analiza podrazumeva procenu energetske efikasnosti zgrada prema odgovarajućim energetskim indikatorima. Drugim rečima, vrši se poređenje izračunatih indikatora u zatečenim uslovima sa odgovarajućim indikatorima energetski efikasnih objekata slične namene.

Indikatori energetske efikasnosti, u odnosu na koje se vrši poređenje, mogu se tretirati kao ciljne vrednosti. Stvarni (zatečeni, tekući) energetski indikatori zgrada porede se sa odgovarajućim ciljnim vrednostima. Ciljne vrednosti za potrošnju toplotne i električne energije (i potrošnju vode) u starim i novim zgradama mogu se pronaći u nacionalnim standardima (ili standardima i primerima iz drugih zemalja). U tabeli 1. je dat prikaz primera energetskih indikatora za javne zgrade u Austriji i Švajcarskoj.

Tabela 1. Energetski indikatori za javne zgrade (grejanje prostorija i potrošnja tople vode)

Kategorija zgrada	Nezadovoljavajuće vrednosti [kWh/m2 god]	Stvarne prosečne vrednosti [kWh/m2 god]	Ciljne vrednosti nakon renoviranja [kWh/m2 god]
Administrativne ustanove	> 150	90 – 150	60 – 80
Predškolske ustanove	> 150	90 – 150	50 – 80
Domaćinstva	> 180	150-190	< 168
Školske ustanove	> 150	90 – 150	50 – 80

U tabelama 2. do 6. dat je prikaz energetskih indikatora za javne zgrade u Nemačkoj (prema VDI 3807 - Tehnička uputstva Udruženja Inženjera Nemačke – Verein Deutscher Ingenieure e.V.):

Tabela 2. Energetski indikatori za javne zgrade (grejanje prostorija/potrošnja tople vode i elektične energije)

Kategorija zgrada	Prosečna potrošnja topl. energije [kWh/m2 god]	Ciljne vrednosti (topl. energija) [kWh/m2 god]	Prosečna potrošnja električne energije [kWh/m2 god]	Ciljne vrednosti (el. energija) [kWh/m2 god]
Administrativne ustanove	110	65	17	8
Predškolske ustanove	120	65	6	5
Bolnice (kWh/ god) na osnovu broja kreveta	228.000	15.800	5.100	3.000
Školske ustanove	90	55	7	4
Bazeni (kWh/ m2god) po površini bazena	3.895	1.800	808	414

Tabela 3. Indikatori potrošnje vode u javnim zgradama u Nemačkoj

Kategorija zgrade	Prosečna potrošnja vode [m3/m2 god.]	Ciljne vrednosti prosečne potrošnje vode [m3/m2 god.]
Administrativne zgrade	0,45 – 1,32	0,4 – 1,2
Predškolske ustanove	0,4 – 0,6 ili 4 – 5 m3/ učenik god.	0,5
Bolnice (bazirano na broju kreveta u m3/god.), prosek	152 - 183	72 - 143
- do 250 kreveta	125	72
- do 450 kreveta	146	99
Škole (prosek)	0,15	0,12
- Osnovne škole	0,19	0,12
- Srednje škole	0,17 ili 1,4 – 3,6 m3/učenik god.	0,18
Bazeni (bazirano na broju korisnika u m3/(korisnik god.))	0,1 – 0,25	

Tabela 4. Indikatori potrošnje vode, javne zgrade u Nemačkoj 1993. godine (VDI 3807)

Tip korišćenja	m3/m2 korisne površine	Referentna vrednost	m3/osoba god.
Administrativne zgrade	0,54	0,50	5,8
Policijske stanice	0,46	0,40	5
Opšti sportski objekti	2,55	2,60	-
Komunalni centri - stambeni	2,43	2	-
Objekti kulture	0,44	0,40	-
Zatvori	3,28	2,80	-
Tehnički univerziteti	0,96	0,60	-

Tabela 5.Indikatori potrošnje vode, javne zgrade u Nemačkoj 1996. godine (VDI 3807)

Tip korišćenja	Veličina (br. kreveta)	Prosečna vrednost (lit/krevet dnevno)	Referentna vrednost
Bolnice, osnovno snabdevanje	0 - 250	342	206
Bolnice, kontrolisano snabdevanje	251 - 450	400	272
Bolnice, centralno snabdevanje	451-650	447	347
Bolnice, maksimalno snabdevanje	651-1000	421	181
Bolnice	preko 1000	701	393
Škole	-	6 – 10 l/đak	-
Predškolske ustanove	-	11 – 14 l/korisnik	-

Tabela 6. Indikatori potrošnje tople vode po stanaru ili osobi u opštim zgradama

Tip zgrade	Potrošnja po korisniku (l/dan)	Vršna potreba po korisniku (l/h)	Zalihe po korisniku (l)
Fabrike (bez tehnološke vode)	22 - 45	9	5
Opšte bolnice	160	30	27
Hosteli	90	45	30
Kuće i stanovi	90 - 160	45	30
Kancelarije	22	9	5
Škole (internati)	115	20	25
Škole	15	9	5

Nakon uvida u postojeće stanje objekata i kalkulacije ključnih parametara (indikatora) energetske efikasnosti potrebno je usmeriti analizu na poboljšanje postojećeg stanja kroz niz predloga i preporuka gde i kako postići energetske uštede, naravno ukoliko se za to konstatuje potreba i opravdanost.

Izbor mera uštede energije vrši se prema više kriterijuma, od kojih je dominantan pristup na osnovu očekivanih (tehničkih i/ili ekonomskih) efekata na smanjenje potrošnje energije.

U tabeli 7. je dat prikaz tipičnih potencijala za uštedu energije po sektorima potrošnje, u javnim zgradama u zapadnoj Evropi. Potencijali uštede predstavljeni su maksimalnim procentom u odnosu na tekuće stanje, za svaki sektor posebno.

Tabela 7. Potencijali za uštedu energije u javnim zgradama

Sektor potrošnje energije	Ekonomski potencijal uštede
Grejanje	do 35 %
Snabdevanje toplom vodom	u zavisnosti od sistema (oko 10 – 30 %)
Upravljanje potrošnjom	oko 10 – 15 %
Električna en. za grejne uređaje	oko 15 %
Osvetljenje	do 30 %
Kancelarijska oprema	u zavisnosti od korišćenja, kapaciteta i ponašanja korisnika
Interne mere / ponašanje korisnika	najmanje 25 %
Klimatizacija	oko 10 %
Ventilacija	oko 10 – 30 %
Interne mere	oko 10 %

Predložene mere energetske efikasnosti mogu se u nekim slučajevima realizovati uz minimalnu investiciju, ponekad se ušteda energije može ostvariti samo promenom sopstvenih navika, bez dodatnih ulaganja, a postoje i slučajevi koji zahtevaju veća ulaganja. Prema tome, razlikuju se:

- mere domaćinskog upravljanja energetskim resursima (*Good housekeeping*), koje se baziraju na motivisanosti korisnika objekta za racionalno korišćenje energije i ne zahtevaju novčana sredstva,
- niskobudžetne mere energetske efikasnosti, koje podrazumevaju ulaganja u nova tehnička rešenja, opremu, instalaciju, s ciljem optimizacije funcionisanja pojedinih podsistema za prenos i transformaciju energije (to može biti merno – regulaciona oprema, oprema za nadzor i upravljanje i dr.) i

- visokobudžetne mere energetske efikasnosti, koje podrazumevaju značajna integralna ulaganja u rekonstrukciju objekta, modernizaciju opreme i instalacije, a sve sa ciljem postizanja pozitivnih ekonomskih efekata kroz uštedu energije i podizanja kvaliteta radnih uslova u objektu.

Prema načinu finansiranja, odnosno računovodstvenoj kategorizaciji, mere uštede energije u javnim zgradama se mogu podeliti na:

- Mere tekućeg održavanja objekta, koje podrazumevaju redovne aktivnosti službe održavanja objekta uz minimalne planirane troškove, kako bi se održavao projektovani kvalitet funkcije pojedinih sistema i objekta u celini, odnosno kvalitet uslova rada u objektu kao i predviđeni troškovi za energiju. Mere tekućeg održavanja finansiraju se iz dela budžeta opštine namenjenog za finansiranje tekućih rashoda za korišćenje roba i usluga odeljak „tekuće popravke i održavanje".
- Mere investicionog održavanja objekta, koje podrazumevaju investiciono ulaganje u revitalizaciju pojedinih sistema, kako bi se održavao projektovani kvalitet funkcije pojedinih sistema i objekta u celini, odnosno kvalitet uslova rada u objektu kao i predviđeni troškovi za energiju. Merama investicionog održavanja se povećava vrednost objekta, odnosno nadoknađuje se amortizovana vrednost opreme, odnosno objekta. Mere investicionog održavanja finansiraju se iz dela budžeta opštine namenjenog za finansiranje kapitalnih rashoda – odeljak izdaci za nefinansijsku imovinu – izdaci za osnovna sredstva.
- Mere koje iziskuju nove investicije u sisteme objekta, odnosno objekat. Ove mere podrazumevaju ugradnju novih sistema kojima se povećava vrednost objekta. Nove investicije finansiraju se iz dela budžeta opštine namenjenog za finansiranje kapitalnih rashoda -odeljak za nefinansijsku imovinu – izdaci za osnovna sredstva.

U smislu Zakona o planiranju i izgradnji, mere uštede energije u javnim zgradama se mogu podeliti na rekonstrukciju, adaptaciju, sanaciju, dogradnju i građenje pomoćnih objekata Ove mere se među sobom razlikuju prema obimu i složenosti, što za sobom povlači drugačije zahteve u vezi sa tehničkom dokumentacijom, tehničkom kontrolom, potrebnim uslovima za izvođenje i potrebnim dozvolama.

Pojedine mere uštede energije moguće je sprovesti samo na osnovu preliminarnog snimanja, a za neke je neophodno detaljno snimanje objekta. Prikaz mogućih mera uštede energije u pojedinim energetskim sistemima javnih zgrada dat je u vidu pregledne tabele 8. Naravno ovakve liste mogu biti i znatno šire, u zavisnosti od tipa objekta, zatečenog stanja i dr.

Tabela 8. Moguće mere za uštedu energije u javnim zgradama

Moguće mere (mesta) za uštedu energije u oblasti poboljšanja sistema grejanja i hlađenja:		
Tip mere	**Konkretne mere**	**Nivo analize**
Mere domaćinskog upravljanja energijom	• zatvaranje vrata i prozora u prostorijama gde postoji grejanje/hlađenje • isključivanje grejanja ili hlađenja noću i kada nema nikoga u prostorijama, • izbegavanje zaklanjanja i pokrivanja grejnih tela zavesama, maskama i sl., • provetravanje zgrade u letnjem periodu tokom noći • kako bi se smanjilo toplotno opterećenje za rashlađivanje i dr., • vremensko optimizovanje grejanja i pripreme tople vode, • smanjivanje sobne temperature za 1°C u sezoni grejanja i podešavanje hlađenja na min 26°C u sezoni hlađenja.	Preliminarno snimanje
Niskobudžetne mere	• održavanje grejnih tela u prostorijama (zamena, popravke curenja, parnih čepova, podešavanje i dr.), • ugradnja termostatskih ventila na grejnim telima, • ugradanja klapni u kotlovskim kanalima dimnih gasova, • izolacija cevi i rezervoara, • ugradnja efikasnih pumpi za toplu vodu, • ugradnja regulacionih ventila u sistem razvoda toplotne energije.	Detaljno snimanje
Visokobudžetne mere	• prelazak sa grejanja električnom energijom na grejanje nekim drugim energentom, • prelazak sa parnog na toplovodno grejanje, zamena kotla ili ložišta, • rekuperacija toplote dimnih gasova kotla ekonomajzer), • instalacija toplotne pumpe (tip vazduh-vazduh ili geo-termalne toplotne pumpe).	Detaljno snimanje

Moguće mere (mesta) za uštedu energije u oblasti poboljšanja omotača zgrade		
Tip mere	**Konkretne mere**	**Nivo analize**
Mere domaćinskog upravljanja energijom	• održavanje prozora i vrata, • održavanje okova stolarije i dr., • poboljšanje zaptivenosti spojeva stolarije, • poboljšanje zaptivenosti kutija roletni.	Preliminarno snimanje
Niskobudžetne mere	• izolovanje niša za radijatore i kutija za roletne, • redukovanje gubitaka toplote kroz prozore ugradnjom roletni i zavesa,	Detaljno snimanje
Visokobudžetne mere	• zamena i/ili rekonstrukcija stolarije (prozora, vrata), • dodavanje izolacionog sloja na spoljne zidove, • horizontalne pregrade (pod, ravan krov), na kosi krov, • izolovanje spoljnih cevovoda i rezervoara	Detaljno snimanje

Moguće mere (mesta) za uštedu električne energije u oblasti poboljšanja osvetljenja:		
Tip mere	**Konkretne mere**	**Nivo analize**
Mere domaćinskog upravljanja energijom	• korišćenje prirodnog osvetljenja u što većoj meri, • isključivanje rasvete u prostoriji kad nije potrebna, čišćenje svetiljki, • gašenje osvetljenja (npr. kada su prostorije prazne).	Preliminarno snimanje
Niskobudžetne/ Visokobudžetne mere	• zamena starih T8-fluorescentnih sijalica modernim T5-sijalicama sa elektronskim prigušnicama, • ugradnja savremenih lustera sa dobrim reflektujućim svojstvima i dr., • korišćenje energetski efikasnih sijalica (npr. prelaz sa sijalica sa vlaknom od tungstena na fluorescentne svetiljke ili poboljšanje spoljne rasvete prelaskom sa svetiljki sa vlaknom od tungstena i na bazi živine pare na natrijumske svetiljke visokog pritiska, metal-halogene ili natrijumske svetiljke niskog pritiska), • korišćenje sistema upravljanja osvetljenjem - kontrola osvetljenja (npr. senzori prisustva, senzori dnevnog svetla, upravljanje osvetljenjem prema intenzitetu dnevnog svetla).	Detaljno snimanje

Moguće mere (mesta) za uštedu električne energije u oblasti poboljšanja ventilacije:		
Tip mere	**Konkretne mere**	**Nivo analize**
Mere domaćinskog upravljanja energijom	• održavanje kaiševa, čistoće filtera, ventilatora, klapni, sistema distribucije vazduha i dr.	Preliminarno snimanje
Niskobudžetne mere	• unapređenje upravljanja: smanjiti vreme rada i protok vazduha na stvarno potrebne (npr. vremenski prekidači, CO2 • senzori ili senzori prisustva, 15 minutni intervali), bez otvaranja prozora.	Detaljno snimanje
Visokobudžetne mere	• korišćenje motora visoke efikasnosti (potencijal uštede može biti i preko 50%), • instalacija frekventne regulacije motora ventilatora, rekuperacija toplote (potencijal uštede 50 - 70%)	Detaljno snimanje

Mere za uštedu električne energije koje se odnose na delatnosti koje se vrše u javnoj zgradi		
Tip mere	**Konkretne mere**	**Nivo analize**
Mere domaćinskog upravljanja energijom	• uključivanje mašina za veš i posuđe samo kad su pune i po mogućstvu noću, • isključivanje računara uvek kada nije u upotrebi: tokom noći, vikendom, tokom godišnjeg odmora, • isključivanje štampača uvek kada nije u upotrebi, biranje opcije rada uređaja sa uštedom energije (save mode), • kopir-mašine: koristiti opciju za automatsko isključivanje, vremensko isključivanje, kopirati sa obe strane lista papira.	Preliminarno snimanje
Niskobudžetne mere	• smanjenje stand-by gubitaka „stvarno“ isključivanje, npr. utičnice sa prekidačima, vremenski prekidači, • kupovina uređaja isključivo sa niskim stand-by napajanjem, • kupovina električnih uređaja energetske klase A.	Preliminarno snimanje
Visokobudžetne mere	• ugradnja solarnih kolektora za grejanje sanitarne tople vode ili vode u bazenima.	Detaljno snimanje

Mere za uštedu vode u javnim zgradama		
Tip mere	**Konkretne mere**	**Nivo analize**
Mere domaćinskog upravljanja energijom	• zatvaranje slavina, • uključivanje mašina za veš i posuđe samo kada su pune, • smanjenje protoka vode kad god je moguće (pranje, zalivanje itd.).	Preliminarno snimanje
Niskobudžetne mere/ visokobudžetne mere	• popravka svih mesta u vodovodnoj instalaciji zgrade gde postoje curenja vode, • ugradnja vodomera u slučajevima kada se naplata vrši paušalno, • redovno održavanje slavina i vodokotlića, • instalacija slavina koje se same zatvaraju (npr. nakon 5 sek. za lavaboe i nakon 20 sek. za tuševe), • zamena vodokotlića ispiračima male potrošnje, • komande ispiranja toaleta treba da budu opremljene stop funkcijom, • upotreba ispirača koji omogućavaju biranje različite količine vode za ispiranje, • korišćenje mašina za veš i posuđe sa malom potrošnjom vode, • korišćenje kišnice gde god je moguće, • razdvajanje sistema snabdevanja tehničkom vodom od sistema snabdevanja pijaćom vodom radi korišćenja kišnice ili prerađene vode.	Preliminarno snimanje/ detaljno snimanje

Ako se postupkom preliminarnog snimanja utvrde značajne mogućnosti uštede, i ako je za njihovu realizaciju potreban pouzdan i precizan proračun, kao i značajna investicija, tada je potrebno izvršiti detaljnu energetsku analizu odnosno detaljno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova. U ovoj fazi učestvuju profesionalni energetski stručnjaci, uz korišćenje različitih tehnologija i opreme za tačno utvrđivanje energetske efikasnosti objekta. Detaljno snimanje karakteristika objekata i energetskih tokova predstavlja drugu fazu identifikacije i pripreme projekta energetske efikasnosti i podrazumeva sveobuhvatno snimanje i detaljnu analizu podataka o potrošnji energije za svaki sektor posebno. Ova faza nadovezuje se na prvu uz korišćenje već prikupljenih informacija. Dodatno se razvija spisak potencijalnih mera uštede energije za koje je potrebno ulaganje kapitala, zajedno sa kompletnom analizom isplativosti svake intervencije. Treba napomenuti da se detaljno snimanje može raditi za ceo objekat, a moguće je detaljno snimati samo pojedine konkretne podsisteme ako je očigledno da nema potrebe da se analizira ceo objekat.

Prilikom detaljnog snimanja karakteristika objekata i energetskih tokova vrši se izrada energetskog bilansa, prikupljaju se i koriste mnogi detaljniji i precizniji podaci, kao i merene i izračunate vrednosti. Koriste se postojeći projekti arhitektonsko-građevinske, mašinske i elektroinstalacije kao i projekti izvedenog stanja. Na ovaj način mogu se dobiti verodostojni podaci o obimu, površini i zapremini objekata.

Nakon pregleda relevantne dokumentacije (detalji konstrukcije postrojenja, monitoring izveštaji itd.) često je neophodno izvršiti i neka dodatna merenja, u cilju kompletiranja ulaznih podataka ili kontrole parametara vezanih za izvedeno stanje nakon eventualnih korekcija ili rekonstrukcija na instalacijama ili samom objektu.

Nakon završene inspekcije objekata i prikupljenih raspoloživih informacija o tehničkim karakteristikama objekta (preliminarnog snimanja), potrebno je prikupiti sledeće podatke:

Opis postojećeg stanja objekta:

- karakteristike, dimenzije i opis trenutnog stanja delova omotača zgrade (zidovi, krov, prozori, vrata, podrum, zidovi u nezagrevanim prostorijama), sastav svakog dela (materijal, izolacija, oprema),
- detaljni opis postojećeg sistema grejanja, hlađenja, ventilacije, proizvodnje sanitarne tople vode i osvetljenja,
- efikasnostpostojeće opreme i
- mere uštede energije koje se već primenjuju.
- Raspored instalacija (postojećih, u izgradnji i odobrenih za izgradnju) grupisanihu rashladne sisteme, sisteme klimatizacije, korisnike.
- Sugestije korisnika o renoviranju omotača zgrade, poboljšanju sistema za grejanje, hlaćenje i klimatizaciju i poboljšanju efikasnosti zgrade. Komentari korisnika zgrade o postojećim temperaturama i udobnosti unutar zgrade.

Uobičajeno je da se podaci odnose na 12 uzastopnih meseci. Period od 12 reprezentativnih meseci koji je odabran od strane rukovodstva koristiti kao referentnu godinu za dalja poređenja i proračune

Sledeći i najvažniji deo analize odnosi se na kalkulaciju, procenu i predlog mera energetske efikasnosti, i treba da sadrži sledeće:

- proračun toplotnih gubitaka zgrade, gubitaka usled izmene vazduha, ukupnih gubitaka, energetskih potreba, potrošnje energije na nivou celog objekta (sa procenom efikasnosti grejnog sistema) i primarne potrošnje energije u termoelektrani ili gradskoj toplani;
- izračunavanje stepen-dana;
- izračunavanje koeficijenta toplotnih gubitaka svakog dela omotača objekta: zidova, prozora (sa procenom infiltracije), krova, podruma;
- proračun opterećenja za hlađenje, ukoliko je to važno, sa opisom tipa rashladne instalacije, potrebe za svežim vazduhom i primena toplotnog iskorišćenja;
- energetsku analizu sistema rasvete, koja će obuhvatiti: (a) opis svakog tipa (sijalice sa užarenim vlaknom, fluorescentne cevi sa elektromagnetnim prigušnicama) postojeće rasvete, lampi i armatura; (b) broj svakog tipa rasvetnih tela; (c) proračun potrošnje električne energije za svaki tip rasvete; (d) proračun uštede električne energije i poboljšanja ostalih parametara kvaliteta osvetljenja koji se postižu zamenom sijalica sa užarenim vlaknom i fluorescentnih cevi sa elektromagnetnim prigušnicama fluorescentnim sijalicama sa elektronskim balastom;
- identifikacija najboljeg rešenja za poboljšanje, za svaki deo omotača zgrade i sistema za grejanje, hlađenje i klimatizaciju uz detaljan opis predloženog materijala i/ili opreme i načina primene u postojećim uslovima objekta;
- izračunavanje količina uštađene energije za pojedinačne mere;
- izračunavanje troškova mera za uštedu energije: oprema, materijal, radovi, ukupni radovi;
- prikaz troškova uštede energije na osnovu dve cene energije: (a) postojeći način naplate energije od potrošača i (b) cena primarne energije koja je zaista uštađena u termoelektrani i gradskoj toplani;
- procena uticaja predloženih mera na životnu sredinu.

Završni deo procedure predstavlja predloženi investicioni paket, odnosno sumarnu tabelu sa merama za uštedu energije, koja treba da sadrži za svaku meru sledeće podatke:

- visina investicije (zbir troškova organizacije i rukovođenja projektom, troškova za pripremne radove, troškova projektovanja i tehničke kontrole, troškova javne nabavke, troškova za nabavku opreme, troškova za izvođenje radova, troškova kontrole i prijema objekta i dr);
- ukupna količina uštađene energije (kWh) na godišnjem nivou i novčanih sredstava prema trenutnoj ceni energenata/energije;

- procentualni iznos uštеđene energije;
- prost period otplate investicije.

Nakon dobijanja relevantnih parametara, kako tehničkih tako i ekonomskih, moguće je okarakterisati pakete mera prema različitim kriterijumima:

- prioriteti koje će vlasnik objekta (upravni odbor) definisati saglasno raspoloživim investicijama i u koordinaciji sa eventualnim programima za rekonstrukciju,
- različite opcije koje će se definisati radi dobijanja kraćeg ili dužeg vremena otplate ulaganja,
- homogenost mera, na primer, ako objekat poseduje korektnu toplotnu izolaciju, temperatura se može automatski regulisati.

Ekonomski gledano, neke od predloženih mera zahtevaće relativno dug vremenski period za povraćaj uloženih sredstava. Ali, to su najčešće i najneophodnije i najvidljivije mere, koje zahtevaju brzu intervenciju, jer utiču na normalno funkcionisanje objekta. Stoga se investicioni paketi koncipiraju i predlažu tako da kombinuju brzo isplative mere energetske efikasnosti sa merama koje svojim visokim novčanim investicijama uzrokuju duži period otplate uloženih sredstava, kako bi se postigao kompromis kada su u pitanju faktori kao što su visina investicije, period otplate i prioritet ulaganja. Osim toga, pri izboru mera koje će ući u investicioni paket, neophodno je uvažiti socijalni (prioritet za lokalnu zajednicu) i ekološki značaj predloženih mera (zamena "prljavih" energenata, lokacija objekta unutar zone stanovanja itd.). Ovo je i kraj analize ukoliko se opština odluči da koristi sopstvena sredstva za investiciju. Ukoliko se investicija finansira putem kreditnog aranžmana, potrebno je izvršiti i analizu troškova i koristi projekta (tzv. C*ost-Benefit* analiza).

Energetska sertifikacija zgrada

Energetska sertifikacija zgrada se primenjuje u zemljama EU, dok je kod nas ovaj postupak još u pripremi. Direktiva 2002/91/EC Evropskog Parlamenta i Saveta o energetskoj efikasnosti zgrada, koja ima za cilj da promoviše poboljšanje energetske efikasnosti zgrada unutar zajednice, propisuje set zahteva u odnosu na energetsku efikasnost zgrada, među kojima je i energetska sertifikacija zgrada. "Sertifikat o energetskoj potrošnji zgrade" je sertifikat koji priznaju države članice ili pravno lice koje one imenuju i koji sadrži podatke o energetskoj efikasnosti zgrade izračunatoj prema usvojenoj metodologiji.

Države članice obezbeđuju uslove, kada se zgrade grade, prodaju ili izdaju, da se sertifikat o energetskoj efikasnosti dostavi vlasniku ili da ga vlasnik preda potencijalnom kupcu ili stanaru.

Sertifikat o energetskoj efikasnosti zgrada sadrži referentne vrednosti, kao što su važeći zakonski standardi i reperi (uporedne vrednosti) kako bi se omogućilo korisnicima da uporede i ocenjuju energetsku efikasnost zgrade. Sertifikat sadrži i preporuke za ekonomično poboljšanje energetske efikasnosti.

Cilj sertifikata je ograničen na pružanje informacija, a o bilo kakvim dejstvima ovih sertifikata u smislu zakonskih postupaka ili drugog, odlučivaće se u skladu sa nacionalnim propisima.

Sve zgrade sa ukupnom korisnom podnom površinom preko 1.000 m^2 koje koriste javna uprava i institucije koje pružaju javne usluge velikom broju osoba, treba da imaju postavljene na istaknutom i jasno vidljivom mestu energetske sertifikate koji nisu stariji od 10 godina (važnost sertifikata je 10 godina).

UNIVERZITET PRIVATNI AKREDITOVANI UNIVERZITET SINGIDUNUM



UVOĐENJE SISTEMA UPRAVLJANJA ENERGIJOM U INDUSTRIJI

Industrijska postrojenja koriste velike količine fosilnih goriva i ostalih sirovina koje se dobijaju iz prirodnih zemljinih resursa i pretvaraju ih u proizvode i korisnu energiju. Upotreba i transformacija primarne energije uvek za posledicu ima otpad, emisije i otpadne vode koji su izvori uticaja na sve medije u okruženju. ***Zagađenje okruženja*** uzrokovano delovanjem industrijskih postrojenja je područje koje u velikoj meri reguliše zakon. Poslovanje u ***skladu*** sa odredbama i standardima postavlja dodatne zahteve i iziskuje dodatne troškove.

Mudro upravljanje energijom i efikasno korišćenje prirodnih resursa dva su najvažnija preduslova za upravljanje okruženjem. Važno je u početku prepoznati da su uticaj na okruženje i zagađenje posledica upotrebe energije i obrade materijalnih resursa. Ukoliko se upotreba energije i materijala optimizuje, uticaj na okruženje koji je posledica njihove upotrebe će se na kraju smanjiti na najmanju moguću meru! Kada se ne koriste energija ili materijali, ne postoji uticaj na okruženje.

Efikasnost nije važna samo kao pokazatelj pažljivog postupanja prema prirodnim resursima, ona je takođe pokazatelj emisija koje se oslobađaju kako bi se proizvela jedinica proizvoda ili energije. Dobra praksa zaštite okruženja samo je dobro upravljanje. Problemi u upravljanju uticajima na okruženje često su simptomi neefikasnosti i nepotrebnog trošenja resursa. Postizanje najbolje pogonske prakse kroz primenu upravljanja energijom prvi je logičan korak u uvođenju sistemskog upravljanja uticajima na okruženje. Kada se eliminiše nepotrebna potrošnja energije, uticaj na okruženje već će biti smanjen na najmanju moguću meru a preostale uticaje treba rešiti odgovarajućim tehnikama uklanjanja otpada i umanjenja uticaja na okruženje.

U suprotnom slučaju, ukoliko firma odluči pre bilo kakvog razmatranja instalirati pogon za tretiranje ispusnih gasova kako bi se redukovale emisije SO_2 i NOx, te se tek naknadno uključi u projekte poboljšanja energetske efikasnosti koji će za rezultat imati značajno smanjenje potrošnje energije, posledica će biti preveliki pogon na koji je utrošeno mnogo više sredstava nego što je stvarno potrebno.

Upravljanje energijom je preduslov za upravljanje uticajima na okruženje, no ova dva sistema za upravljanje učinkom (engl. *performance*) komplementarni su jedan drugom. Opseg upravljanja energijom može se lako proširiti na područje uticaja na okruženje, bar u njegovim aspektima nadzora nad učinkom. Bavljenje s oba područja istovremeno može se nazvati **integrisano upravljanje energijom i uticajima na okruženje**.

Poboljšanje brige o okruženjeu ponekad stvara znatne troškove no istovremeno osigurava usklađenost sa zakonskim odredbama i pokazuje društvenu odgovornost. Iz iskustva mnogih firmi širom sveta, pokazuje se da je poboljšanje energetskog učinka najprofitabilnija investicija za firmu, što ćemo dokazati na izabranim primerima iz prakse. Poboljšanje energetskog učinka može biti pokretač poboljšanja zaštite okruženja a finansijske koristi poboljšanja energetskog učinka mogu kompenzovati neke troškove poboljšanja zaštite okruženja.

Upravljanje energijom i uticajima na okruženje u industriji vezano je uz nadzor nad energetskim učinkom i učinkom brige za okruženje u industrijskim postrojenjima sa svrhom postizanja postavljenih ciljeva firme putem smanjenja potrošnje energije te smanjivanja na najmanju moguću meru uticaja na okruženje zahvaljujući upotrebi i transformaciji energije, vode i ulaznih materijala. Baze za upravljanje energijom i uticajem na okruženje su slični, ako ne i isti. Stoga će u ovom poglavlju biti obrađeni istovremeno.

Definisanje pojmova

Upravo kao što se i ljudi i mesta upoznaju po prvi put, tako bismo i ovde trebali na odgovarajući način da obrazložimo šta pojam „**S**istem **U**pravljanja **E**nergijom i **U**ticajima na **O**kruženje“ (SUEUO) znači. Ovo je posebno važno budući SUEUO sadrži reči „sistem” i „upravljanje” koje su u današnje vreme veoma prisutne. No, čini se da gde god ih sretnemo, njihovo se značenje pomalo razlikuje.

Jedan od razloga nedovoljno jasnog značenja potiče od činjenice da sistemi upravljanja nisu nešto materijalno i lako prepoznatljivo unutar firme. Drugi razlog potiče od preterane upotrebe iste terminologije u različitim područjima. Vrlo često smo razgovarali s ljudima u industriji koji su pokušavali da shvate šta je zapravo sistem kvaliteta ili upravljanja uticajima na okruženje koji su oni tako intenzivno pokušavali razviti kako bi dobili sertifikate ISO 9000 ili 14000. Oni shvataju pitanja kvaliteta i okruženja no deo koji se odnosi na „sistem upravljanja” često je teško pojmiti. S druge strane, različiti proizvođači tvrde da je svestrano brojilo električne energije „uređaj za upravljanje energijom”, ili da je automatski ili računarski regulacioni sistem „Sistem upravljanja energijom”. To nije potpuno tačno, kako ćemo ovde i objasniti.

Najčešće, pojam „okruženje" znači okruženje određenog sistema. U ovom kontekstu, **„Okruženje"** znači prirodno okruženje firme ili organizacije na koje aktivnosti firme ili organizacije imaju uticaj ili ga zagađuju. Posledice industrijskih aktivnosti nazivamo **uticajem na okruženje**, tj. glavne medije u okruženju a to su vazduh, voda i zemlja.

Ako pretpostavimo da pojam ***„Energija"*** podrazumeva sve oblike toplote, električne energije, goriva, čvrstih goriva, gasa (NG, LPG), vode (ohlađene, tople, obrađene, industrijske), pare, vazduha (komprimovani, hladan, topao) i ne iziskuje dodatna objašnjenja u ovom trenutku, možemo se usredsrediti na „Sistem upravljanja". Počećemo s terminom „Sistem".

Sistem

Formalno, sistem se može posmatrati kao skup funkcionalnih komponenti koje zajedničkim delovanjem postižu cilj ili izvršavaju zadatak u okviru zadatih granica. Svaki sistem sučeljava se sa okruženjem koje ga okružuje. S te tačke gledišta, gotovo sve može se kvalifikovati za naziv „sistem" – i stoga je upotreba ovog termina tako česta.

Ukoliko sistem treba regulisati, glavno svojstvo je povratna veza – informacija o odstupanjima izlaznih vrednosti u odnosu na ciljane, koja se vraća kao ulaz u sistem. Ova informacija mora se bazirati na merenjima. Ulazi u sistem mogu se regulisati na bazi povratne veze kako bi se sistem regulisao i održavao zadovoljvajući učinak.

Firme se takođe mogu posmatrati kao sistemi koje je napravio čovek, sačinjene od koordiniranih procesa i povezanih delova koji rade povezani jedan s drugim, a kojim upravljaju ljudi, s ciljem postizanja glavnih poslovnih ciljeva firme i brojnih drugih ciljeva (organizacijskih i individualnih).

Takav sistem – firma ili poslovni sistem – uvek je u dinamičkoj interakciji sa svojim okruženjem, što je određeno stalnim prilivom resursa u sistem, i izlaznih tokova, namernih ili slučajnih, u okruženje.

U vrlo širokom smislu, resursi firme mogu se podeliti u 4 kategorije:

1. **Prirodni resursi -** Materijali, energija, zemlja ...
2. **Resursi koje je napravio čovek-** Tehnologija, mašine, zgrade ...napravio čovek
3. **Ljudski resursi -** Ljudi
4. **Sposobnosti -** Organizacijski postupci i **znanje** koje određuje sposobnost firme da deluje tj. pruža usluge ili isporučuje proizvode.

Regulisanje takvog sistema jasno je izvan domena uobičajene automatske kontrole sistema zbog povećane složenosti, neizvesnosti koje uzrokuju uticaji iz okruženja te zbog ljudskog faktora koji se mora uzeti u obzir.

Ovaj nas problem dovodi do koncepta „upravljanja".

Menadžment/upravljanje/gazdovanje

Osnivač filozofije menadžmenta, Henry Fayol, navodi glavne zadatke menadžmenta ili postupaka koji su danas još uvek aktuelni. (tabela 1.).

Tabela 1. Glavni zadaci menadženta

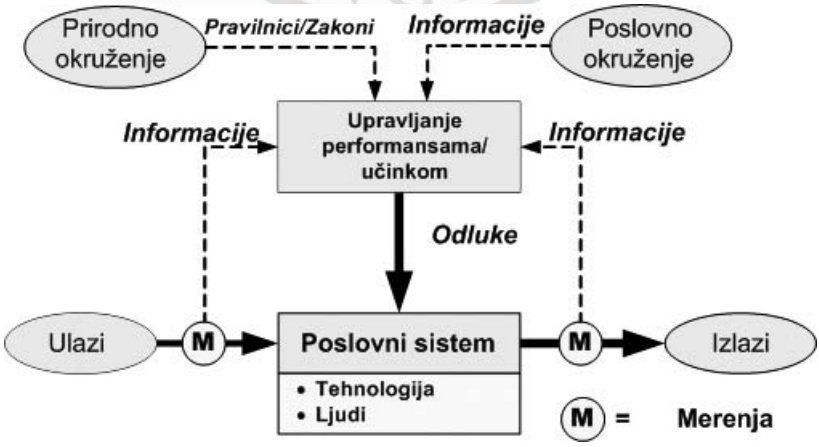
1	**Planiranje**	Odlučivanje o načinu upotrebe resursa kako bi se postigli zadati ciljevi.
2	**Koordinacija**	Komunikacija između funkcionalnih celina firme.
3	**Organizacija**	Organizovanje ljudi kako bi se maksimalno iskoristio njihov potencijal.
4	**Osiguravanje ljudskih resursa**	Zapošljavanje, motivisanje i razvijanje ljudskih resursa kao najvrednijeg resursa firme.
5	**Kontrola**	Nadziranje, podrška, komunikacija, otivacija i vođenje ljudi kako bi postigli očekivane rezultate
6	**Budžetiranje**	Planiranje i osiguravanje finansijskih sredstva za rad firme.
7	**Izveštavanje**	Omogućavanje toka informacija i kontrola sprovođenja načela.

Na operativnom nivou, menadžment se bavi optimizovanjem i kontrolisanjem upotrebe resursa firme kako bi se postigli određeni ciljevi. Najvažniji resursi su obrazovani, iskusni i snalažljivi ljudi te sposobnosti firme i svest o tome kako koristiti svoje kapacitete – tzv. *know-how*!

Stoga, proces menadžmenta nije samo orijentisan na zadatke nego, što je još važnije – na ljude! Efikasan proces menadžmenta mora se zasnivati na analizi podataka i informacija iz poslovnog sistema. Upravljanje prema činjenicama je koncept upravljanja koji bi trebao prevagnuti nad konceptom upravljanja prema subjektivnom mišljenju.

Ključni cilj bilo kojeg upravljačkog procesa je upravljanje različitim aspektima ***učinka*** firme.

Ulazni podatak za proces upravljanja je **informacija** a izlazni podaci su **odluke**. Ovaj koncept ilustrovan je na slici 1.



Slika 1. Pregled procesa upravljanja efikasnošću

Učinak

Kritično pitanje svake poslovne funkcije ili operacije je ***učinak***.

Svaka firma ima svoj učinak u postizanju ciljeva i zadovoljavanju klijenata. Zajednička pitanja koja se postavljaju menadžerima u njihovom nastojanju da poboljšaju poslovni učinak su:

- Koliko je naš učinak dobar?
- Kakav je učinak našeg rada u postizanju poslovnih ciljeva i zadovoljavanju klijenata?
- Kakvi smo u poređenju s konkurencijom?
- Šta možemo da učinimo kako bismo popravili učinak našeg poslovanja?
- Kako možemo nadzirati napredovanje i prepoznati područja visokog ili niskog učinka?

Pre nego što nastavimo dalje, proverimo na šta se odnosi reč „učinak".

Učinak se može definisati kao sposobnost izvršenja zadatka ili operacijeu skladu s ***specificiranim standardom***. Standard se može definisati kao mere, ciljevi ili putokazi za ocenu odstupanja stvarne efikasnosti u poređenju s postavljenim zahtevima kao baza ***menadžerskog upravljanja***.

Ukupna poslovna efikasnost zavisi od efikasne dodele i upotrebe resursa za proizvodnju određenog izlaza iz proizvodnog sistema uz ***najmanje troškove*** i željeni kvalitet. Tradicionalno, poslovna se efikasnost meri novcem a izražava brojnim finansijskim odnosima, no osnovni indikator/pokazatelj poslovog učinka je PROFITABILNOST.

U opštem smislu, merenje efikasnosti podrazumeva sistemno prikupljanje podataka o poslovnim aktivnostima na svim nivoima i iz svih funkcija firme:

- Poslovno planiranje
- Finansijsko planiranje
- Planiranje prodaje/marketinga
- Zahtevi distribucije
- Planiranje kapaciteta
- Glavni raspored proizvodnje
- Planiranje materijalnih resursa
- Nabavka
- Upravljanje zalihama
- Upravljanje materijalima
- Nadzor nad proizvodnjom
- Raspoređivanje poslova u pogonu
- Usklađenost s regulativom i dozvole
- Određivanje cena proizvoda itd.

Profitabilnost firme proizlazi iz spremnosti i sposobnosti firme da se poboljša, te iz sposobnosti svojih zaposlenih! Stoga, ljudi na svakom nivou moraju imati ***informacije*** koje će im omogućiti da vide izvan svojih lokalnih funkcija te razumeju kako njihove individualne aktivnosti povećavaju ili smanjuju profitabilnost.

Informacije

Nužno je imati odgovarajuće informacije na bazi kojih se zasnivaju odluke menadžmenta. Menadžeri moraju biti upoznati s učinkom zaposlenih te o tome koliko će uspešno firma poslovati ako oni budu na odgovarajući način kontrolisali i poboljšavali poslovanje.

Informacije se ne smeju zameniti s podacima. Podaci se često prikupljaju *ad hoc*, bez obzira na potrebe korisnika. Niz brojeva ne prenosi previše značenja bez obrazloženja. Kako bi postali korisni, podaci se moraju pretvoriti u informacije na način da se analiziraju i predoče u obliku koji odgovara određenom tipu korisnika.

Prikupljanje podataka mora se koordinirati. Podatke iz jednog izvora trebali bi deliti svi oni koji su zainteresovani za taj deo poslovanja, kako bi se izbeglo da iste podatke odvojeno prikuplja više korisnika. Menadžeri bi trebalo da mogu da delegiraju vrednovanje podataka ostalim zaposlenima koji će odlučiti šta je važno za određenu svrhu, tzatim ko će ovu informaciju predstaviti na način razumljiv drugima.

Upravljanje informacijama pretpostavlja razvijanje sredstava za prikupljanje, rukovanje i distribuciju pravih informacija pravim ljudima. Prava informacija je relevantna, tačna, pravovremena te predstavljena u odgovarajućem obliku. Informaciona tehnologija (IT) mora da pruži efikasnu infrastrukturu za upravljanje informacijama saglasno potrebama upravljanja efikasnošću. Međutim, zadovoljavanje poslovnih potreba uz pomoć tehnologije nije način na koji je informaciona tehnologija tradicionalno delovala; najčešće je bilo obrnuto. Sve do kraja '90-ih, poslovni korisnici informacione tehnologije radili su po principu „kupi po svaku cenu", na kraju raspolažući s kompleksnim informatičkim sistemima, s brojnim aplikacijama koje zajedno ne funkcionišu ili nisu u mogućnosti da dele iste podatke. Danas se IT ne treba smatrati nečim posebnim ili popularnim nego ga jednostavno treba tretirati kao normalan element firme koji unapređuje učinak u skladu sa stvarnim potrebama firme. Firme žele preći s korišćenja samostojećih softverskih „ostrva" na korišćenje aplikacija koje mogu raditi jedna s drugom. ***Unapređenje učinka je proces koji vode ljudi a podržava informaciona tehnologija!***

Rešenja bazirana na internetskoj tehnologiji pružaju informacionoj tehnologiji infrastrukturu koja pomaže u komunikaciji i diseminaciji informacija na jasan, konzistentan i smislen način velikom broju korisnika bez obzira na to gde se oni nalaze. Web servisi omogućuju slanje i primanje podatka preko interneta iz bilo koje aplikacije u sistem u određeno vrijeme. Nije potreban poseban hardver niti komunikacijske linije a funkcionišu samo uz delić nekadašnjeg troška. Budući da je sadržaj stalno dostupan, korisnici ga mogu pregledati, ažurirati i biti s njim u interakciji u vreme i na mestu na kom žele. To je efikasno rešenje za velike ili raštrkane organizacije koje im omogućuje konzistentno i

standardizovano nadziranje efikasnosti svih poslovnih jedinica, bez obzira na to gde se one nalaze, kao i da komuniciraju strateške poruke jasno, smanje troškove i podrže učenje unutar organizacije.

Pokazatelji učinka

Uloga pokazatelja učinka (PU) je da pojasni i pojednostavi razumevanje kompleksnih sistema. Pokazatelj ili skup pokazatelja učinka pomaže kod određivanja trenutne pozicije u poređenju s postavljenim ciljevima.

Pokazatelji učinka performanse kvantifikuju informacije o trendu ili pojavi na način koji promoviše razumevanje problema, kako onih koji rade u postrojenju tako i onih koji donose odluke. Pokazatelji učinka performanse omogućuju merenje i praćenje napredovanja prema ciljevima na poredIv, konzistentan i lako razumljiv način.

Proces izbora PU mora obavezno početi od preciznog razumevanja procesa koji se obrađuje kao zadataka koje nadzor nad tim procesom treba da postigne. Cilj pokazatelja učinka je da omogući nadzor i evaluaciju primenjenih mera za poboljšanje pokazatelja energetskog učinka i pokazatelja brige o okruženju.

Međutim, sama informacija pokazatelja učinka ne rešava problem. Ono što je potrebno je znanje kako tumačiti pokazatelje i kako povezati uzroke s posledicama, koje su bilo dobri bilo loši slučajevi učinka.

Znanje

Znanje je danas prepoznato kao jedini održivi izvor konkurentne prednosti. Kao i kod ostalih povezanih pojmova: istina, vera i mudrost, ne postoji jednoznačna definicija znanja oko koje bi se naučnici usaglasili. Možemo predložiti definiciju, koja glasi da je **znanje razvijeno razumevanje** o predmetu, zasnovano na činjenicama i dobijeno kroz edukaciju i iskustvo.

Sticanje znanja uključuje kompleksne kognitivne procese: percepciju, saznavanje, komunikaciju, asocijacije, emocije i rezonovanje. Pojam znanje takođe se koristi za opis sigurnog razumevanja predmeta, s mogućnošću njegovog korišćenja za konkretnu svrhu. Znanje je cilj obrazovanja a rezultat iskustva. Deo znanja koji je lakše definisati uključuje akumulaciju i asimilaciju višestrukih delova informacija, koji osiguravaju strukturu u obliku odnosa između informacija te internalizaciju ili personifikaciju koju znanje donosi izvana u ljudski um.

Važan deo znanja je saznavanje tj. proces razvijanja i stvaranja znanja. Znanje se stiče na mnogo različitih načina učenja a njihova je glavna podela na:

- ***Kinestetičko (iskustveno) učenje*** – zasnovano na praktičnom radu i uključivanju u aktivnosti.
- ***Vizuelno učenje*** – zasnovano na posmatranju i gledanju onoga što se uči.
- ***Auditivno učenje*** - zasnovano na uputstvima/informacijama.

Znanje je osnova upravljanja na bazi činjenica nasuprot „upravljanju baziranom na mišljenju". Činjenice su ***nepoznate*** dok se ne utvrde kroz nameran proces analiziranja relevantnih informacija, koji omogućuje donošenje informisanih odluka i značajno smanjuje rizik od subjektivnih odluka. Najsnažniji alat koji menadžeri mogu koristiti za otkrivanje činjenica je – ***pitanje***! Menadžeri moraju pitati sebe i one kojima upravljaju ***„Zašto"?*** Zašto se dogodio takav događaj ili uzorak? Šta to znači? Šta ga je prouzrokovalo? Menadžeri bi takođe trebalo da podstiču zaposlene da sami sebe pitaju „Zašto?"

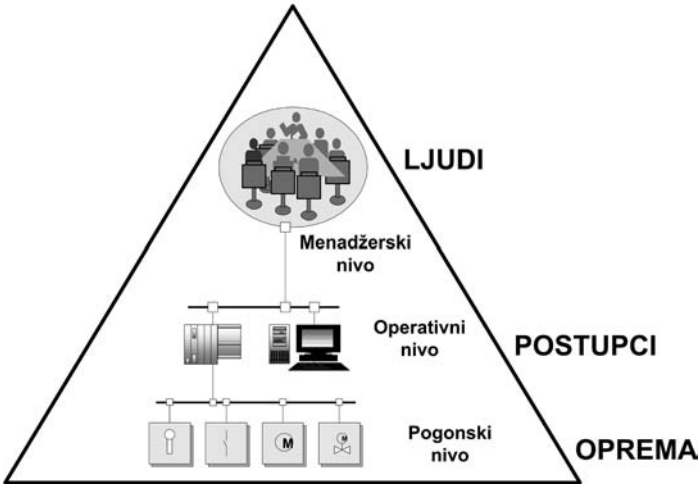
Zaposleni bi trebalo aktivno da nastoje da otkriju smisao podataka i informacija kako bi razvili vlastito razumevanje događanja u procesu i kombinaciju parametara koji imaju uticaja a koji su rezultirali utvrđenim uzorkom podataka ili neočekivanim događajem.

Odluke i delovanje trebali bi se zasnivati na analizi činjeničnih i merenih podataka i informacija. Analiza se zasniva na znanju i razumevanju poslovnog procesa, sistema i rezultata i tehnologija. Informisane odluke, kada se primenjuju, poboljšavaju poslovne rezultate i učinak procesa, sistema, komunikacija i odgovornosti.

Sistem upravljanja

Ako spojimo „upravljanje", „učinak", „informacije", „znanje" i „sistem" s „ljudima", doći ćemo do ***„Sistema upravljanja"***. Svaka firma, odeljenje ili osoba ima sistem koji koristi za ***upravljanje*** događajima i drugim ljudima čak i kada je to „sistem bez sistema". Svrha sistema, formalno i neformalno, je da utvrdi strategije koje konzistentno omogućuju postizanje poslovnih ciljeva.

Sistem upravljanja je organizacijska struktura koju podržava ***znanje*** koje objedinjuje ljude, postupke i tehnologiju (informacionu, komunikacionu i mernu opremu, npr. infrastrukturu za prikupljanje i obradu podataka) kako bi se kontrolisala i optimizovala upotreba resursa i učinak firme (slika 2).



Slika 2.: Koncept sistema upravljanja

Ljudi zauzimaju glavnu ulogu u procesima upravljanja i proizvodnje i njihova vlastita efikasnost od kritične je važnosti za ukupnu efikasnost firme. Menadžeri su ljudi, a oni upravljaju drugim ljudima – osobljem i radnom snagom, koji zatim upravljaju mašinama i pružaju usluge.

Naravno, sistem upravljanja može imati različite ciljeve: ***upravljati proizvodnjom, marketingom, finansijama, kvalitetom, okruženjem energijom itd.*** Dobar sistem upravljanja je ***alat*** koji podržava unapređenje veština, nagrađuje ispravne akcije, izgrađuje integritet kompetentne radne snage te stvara i zadržava znanje!

Uticaji na okruženje

Uticaji na okruženje mogu se definisati kao bilo koja promena u okruženju, bilo negativna bilo pozitivna, koja je delimično ili u potpunosti rezultat aktivnosti, proizvoda ili usluga neke firme.

Uticaji na okruženje od industrijskih delovanja mogu se kategorizovati na sledeći način:

- Emisije u atmosferu uključujući gasove staklene bašte
- Otpad koji se ispušta u vode
- Čvrsti i ostali otpad
- Zagađenje zemlje i podzemnih voda
- Upotreba vode, sirovina, energije i ostalih prirodnih resursa
- Buka, miris, prašina, vibracije i vizuelni uticaji
- Uticaji na specifične delove okruženja i ekosistema.

Ovo bi trebalo da uključi i uticaje koji su posledica uobičajenih i neuobičajenih uslova, incidenata, nezgoda i hitnih slučajeva. Značajni uticaji na okruženje, uključujući i gasove staklene bašte i upotrebu resursa moraju se popisati i kvantifikovati i na taj način stvoriti **inventar upotrebe resursa, emisija, otpadnih voda i otpada**, kao bazu upravljanja okruženjem.

Energetski učinak

Energetski učinak tehničkog uređaja koji pretvara energiju iz jednog tipa u drugi definiše se kao ***efikasnost*** i izražava se bezdimenzionalnim ***odnosom ulaza i izlaza***.

Energetski učinak određene aktivnosti izražava se odnosom energetskih jedinica i kvantifikovanih rezultata ili aspekata ove aktivnosti.

Iz poslovne perspektive, energija je troškovna stavka koja ponekad može iznositi do 25% (ili više, zavisno od delatnosti) ukupnih troškova proizvodnje. Troškovi za energiju najčešće su najveći troškovi proizvodnje u kojima još uvek postoji značajan prostor za poboljšanje. Osnovna polazišna jednačina u kojoj se energija izražava kroz troškove koje izaziva, udružuje poslovni i energetski učinak:



Ako možemo da redukujemo bilo koju od troškovnih stavki, ***profit*** – ključno merilo ukupne poslovne efikasnosti – će se poboljšati.

Učinak brige za okruženje

Učinak brige za okruženje može se definisati na mnogo načina. Može se izraziti kroz:

- Kvantifikovane godišnje emisije u vazduh i vodu,
- Godišnje količine odbačenog otpada,
- Količinu recikliranog otpada,
- Broj neželjenih ispusta ili nezgoda,
- Obaveštenja o prekršajima ili kaznama.
- Troškove usklađivanja sa zakonskom regulativom vezanom uz okruženje.
- Broj nagrada za brigu o okruženju,
- Učestvovanje u dobrovoljnim programima zaštite okruženja, itd.

Ciljevi brige za okruženje mogu biti samo:

- ***Orijentisani na usklađenost s regulativom*** – kako bi se zadovoljili obavezni zakonski propisi; No, mogu biti i:
- ***Orijentisani na poboljšanje*** – kako bi se bolje upravljalo pogonskim učinkom, umesto običnog merenja uticaja na okruženje, s ciljem ocenjivanja rizika i suočavanja s osnovnim uzrocima problema u okruženju i kako bi se smanjili troškovi usklađivanja s regulativom o zaštiti okruženja.

Učinak iskorišćenja materijala

Jedno od najzanemarenijih područja u upravljanju učinkom je materijalna produktivnost, ili učinak iskorišćenja materijala. Produktivnost je najvažniji ekonomski pokazatelj za razumevanje i predviđanje ekonomskog napretka i poslovne konkurentnosti. Poboljšanje produktivnosti povećava konkurentnu snagu firmi i ekonomija na međunarodnom tržištu (vidi Okvir 1.).

Okvir 1. O produktivnosti

Uopšteno, produktivnost je mera efikasnosti korišćenja resursa za proizvodnju dobara i usluga za tržište. Meri se izračunavanjem odnosa ulaznih i izlaznih indeksa. Produktivnost radne snage podrazumeva efikasnosti radne snage, dok ukupna produktivnost označava korišćenje svih faktora proizvodnje, kao što je kapital, radna snaga, sirovine i energija.

Opšti faktori koji doprinose promenama produktivnosti su:

- *Tehnološki progres*
- *Obrazovanje i obuka*
- *Ekonomija veličine*
- *Poboljšana raspodela resursa*
- *Pravno-ljudsko okruženje*

Interni faktori koji utiču na variranje produktivnosti su:

- *Izlaz: mešavina materijala, raznolikost, kvalitet*
- *Faktori proizvodnje:*
  - *Intenzitet tehnologije, starost postrojenja ili mašina*
  - *Obim pogona*
  - *Dizajn*
  - *Motivacija i veština radne snage*
  - *Sirovine i delovi*
- *Iskorišćenost kapaciteta*
- *Organizacija funkcija i zadataka*
- *Praksa upravljanja efikasnošću*

Spoljašnji faktori uključuju potražnju, ulazne cene, pravila konkurentnosti, vlasničke odnose, sindikalnu politiku, zakone i propise itd.

Najčešća pitanja koja se postavljaju vezano uz materijalnu produktivnost su: Koliko ukupnih troškova otpada na ulazni materijal? Koliko efikasno se koriste resursi?

Kakve su mogućnosti za:

- Smanjenje gubitaka sirovina,
- Smanjenje količine uporabljenih sirovina,
- Smanjenje upotrebe ambalažnog materijala i otpada,
- Recikliranje otpada.
- Koji su godišnji troškovi obrade i odlaganja otpadnih materijala?

Odgovori na ova pitanja su retko odmah dostupni. Troškovi sirovina mogu se popeti do 30-80% proizvodnih troškova a nisu neuobičajeni gubici od 5-25%. Trošak otpada je često više nego četiri puta veći nego što se obično misli. Stvarni troškovi mogu se utvrditi samo kontinuiranim merenjem i evaluacijom učinka iskorišćenja materijala.

Upravljanje okruženjem

Upravljanje okruženjem trebalo bi da uzme u obzir relevantnu zakonsku regulativu, propise i standarde a za cilj ima usklađivanje s odgovarajućom regulativom, praćenje i smanjivanje zagađenja i uticaja na okruženje vezanih uz upotrebu resursa u industriji. Evolucija upravljanja okruženjem menja fokus s pitanja usklađenosti sa zakonskom regulativom prema riziku zbog potencijalnih odgovornosti povezanih s procesnim promenama i svakodnevnim operacijama. Poslovna vrednost upravljanja okruženjem proizlazi iz manjeg zagađenja okruženja, smanjenog rizika od nesreća i smanjenog troška usklađivanja sa zakonskom regulativom.

Iznenađujuće je videti koliko mnogo firmi, nakon što analiziraju svoje ***troškove uticaja na okruženje***, otkriju da su ovi troškovi čak celi red veličine veći nego što je firma u početku pretpostavljala. Ovi troškovi proizlaze iz:

- Kapitalnih i operativnih troškova za opremu za kontrolu zagađenja;
- Naknada za odlaganje otpada;
- Edukacije vezane uz zaštitu okruženja;
- Nadzor, evidentiranje, izveštavanje i sl.

Upravljanje okruženjem je proces primene politike brige o okruženju, ciljeva i očekivanja. Utvrđuje se sistem za nadzor brige o okruženju industrijskih postrojenja i primenjuju se postupci za kontinuirana poboljšanja brige za okruženje, smanjenje postojećih i izbegavanje budućih troškova vezanih uz usklađivanje sa zakonskom regulativom.

Kao što ova definicija pokazuje, tehnologije za poboljšano upravljanje okruženjem i inženjerska rešenja za usklađenje sa zakonskom regulativom su izvan opsega ove knjige no na kraju su date korisne reference za daljnje čitanje.

Upravljanje energijom

Upravljanje energijom podrazumeva efikasno korišćenje energije, vode i ostalih materijalnih resursa, svođenjem otpada na najmanju moguću meru u postupcima proizvodnje i kontinuirano poboljšanje učinka upotrebe resursa firme.

Upravljanje energijom konkretno povezuje i stavlja u odnos upotrebu energije i rezultate proizvodnje, s ciljem postizanja traženoge nivoa rezultata uz minimalnu upotrebu energije i ostalih resursa. ***Upravljanje energijom*** podrazumeva primenu energetske politike, ciljeva i očekivanja, uspostavljanje sistema nadzora nad energetskim učinkom i primenu postupaka za kontinuirana poboljšanja energetskog učinka.

Poboljšanja energetskog učinka direktno će se odraziti na povećanje profitabilnosti poslovanja. Jednostavan primer pokazuje taj potencijal:

AKO	troškovi za energiju iznose 20% svih proizvodnih troškova.
I AKO	bruto profit iznosi 15% svih proizvodnih troškova
I AKO	se postigne 10% poboljšanja energetskog učinka.
ONDA	je rezultat 2% smanjenje proizvodnih troškova. **Što je ekvivalentno 13.33% povećanja profita!** (pod pretpostavkom da svi ostali faktori ostaju konstantni)

Ovo povećanje profita dogodiće se bez povećanja obima prodaje, što je bolniji način povećanja profita! Vredi istražiti, zar ne? Posebno znajući da kad se usredsredimo na poboljšanje energetskog učinka kao sporednu korist, istovremeno postižemo poboljšanja učinka u drugim kategorijama troškova!

Energija je trošak – a upravljanje energijom je i upravljanje troškovima. Stoga, poboljšanja energetskog učinka predstavlja ***poboljšanje profitabilnosti*** ukupnog poslovanja! Zbog toga se i ***najviši nivo menadžmenta*** takođe mora zainteresovati i uključiti u program upravljanja energijom.

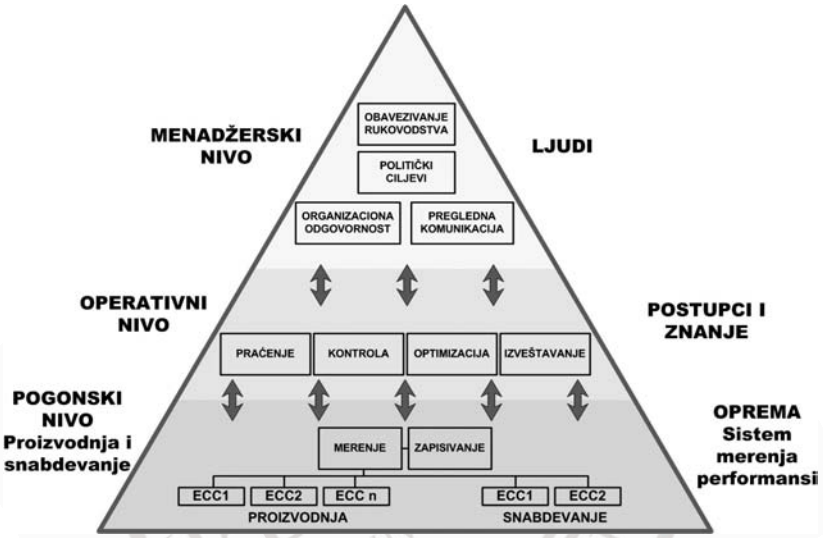
Ovo se ovde naglašava i biće ponovljeno kasnije jer iskustvo pokazuje da je opredeljenje na najvišem nivou upravljanja ključno za uspešan program upravljanja energijom. Kako bi se upravljanje energijom učinilo dovoljno važnom temom za menadžere na najvišem nivou, treba koristiti razumljivu argumentaciju u prilog upravljanju energijom kao relevantan i pozitivan doprinos ukupnim poslovnim rezultatima.

Sistem upravljanja energijom i uticajima na okruženje

Nakon što smo posebno definisali upravljanje energijom i brigu za okruženje, možemo nastaviti i uvesti pojam upravljanja energijom i uticajima na okruženje (UEUO) i predložiti definiciju Sistema za upravljanje energijom i uticajima na okruženje (SUEUO).

UEUO je integrisani pristup upravljanja koji zahvata energetski učinak i učinak brige o okruženju nekog postrojenja. Stoga, kada se navodi pojam „Upravljanje energijom i uticajima na okruženje" (UEUO), on se uvek odnosi na energetski učinak i učinak upravljanja uticajima na okruženje procesa koji koristi energiju i ostale resurse, kao i učinak ljudi koji upravljaju procesom. Zapravo, svako upravljanje energijom i uticajima na okruženje mora se fokusirati na ljude i način na koji oni rade i održavaju mašine i procese kao ključni faktor za optimizaciju energetskog učinka i učinka upravljanja okruženjeem. Za velike firme, proizvodne aktivnosti treba da se razdvoje na područja sa specifičnim procesnim pogonom ili zadacima sa prepoznatljivim ulaznim resursima, aktivnostima i izlaznim rezultatima. Poboljšanje učinka biće rezultat primene optimizovanih pogonskih postupaka na nivou radnog mesta.

Kada su proizvodni postupci složeni, za određivanje učinka i upravljanje uz kontinuirani nadzor i odgovaranje na povratne informacije, uz podršku tačnog merenja podataka o energiji, proizvodnji i uticaju na okruženje, biće potrebna visok nivo znanja i odgovarajući pogonski podaci. Stoga, primena UEUO zahteva sistem merenja učinka i uključivanje ljudi s naprednim veštinama procenjivanja i sposobnošću donošenja odluka podržanih potrebnim informacijama. Ove ključne komponente – ljudi, postupci evaluacije učinka i merenje učinka kao i informaciona oprema – zajedno s potrebnim znanjem – baza su koncepta UEUO (slika 3.).



Slika 3.: Sistem upravljanja energijom i uticajima na okruženje – domen i koncept

Sada može da se da kratka definicija koncepta Sistema upravljanja energijom i uticajima na okruženje (SUEUO) na način na koji će on biti razrađen ovde kao okvir za poboljšanje energetske efikasnosti i brige za okruženje koji povezuje:

- Ljude s veštinama i dodeljenim odgovornostima;
- Sistem za merenje učinka;
- Pokazatelje učinka;
- Evaluaciju učinka baziranu na direktnim merenjima;
- Postupke za nadzor učinka.

Upravljanje energijom i uticajima na okruženje (UEUO) fokusira se na jasno određeni ciljani učinak i zadatke vezane kako uz radnu efikasnost ljudi tako i uz učinak povezanih procesa. Sistem za upravljanje energijom i uticajima na okruženje je alat za postizanje ovih ciljeva i izvršenje zadataka kroz sistem merenja, nadzora i evaluacije energetskog učinka i brige za okruženje. Na kraju, može se ponuditi definiciju Sistema za upravljanje energijom i uticajima na okruženje kao:

Specijalizovani sistem znanja s baznom organizacijskom strukturom i strukturom sprovođenja koja obuhvata međusobno povezane elemente kao što su:

- Ljudi s veštinama i dodeljenim odgovornostima;
- Deklarisana načela s jasnim ciljevima i zadacima;
- Definisane postupke i praksu sprovođenja;
- Utvrđen sistem merenja radi nadziranja učinka;
- Akcijski plan kontinuiranog poboljšanja;
- Sistem izveštavanja radi provere napretka i izveštavanja o rezultatima;

s ciljem postizanja kontinuiranih poboljšanja energetsog učinka i brige za okruženje.

Zbog svoje svrhe, termini UEUO i SUEUO slični su utoliko što se oba fokusiraju na kontinuirano poboljšanje učinka, pa će se ovde naizmenično upotrebljavati. Osnovna razlika između termina je u tome što se UEUO uglavnom odnosi na koncept upravljanja, na program ili pristup dok je SUEUO alat ili specifičan projekt sprovođenja kojim se postižu ciljevi UEUO-a.

Ciljevi upravljanja energijom i uticajima na okruženje

Energija u svim svojim oblicima – električna energija, lož ulje, čvrsta goriva, gas (prirodni gas, LPG) voda (ohlađena, vruća, obrađena, industrijska) para, vazduh (komprimovani, hladan, vruć) – tipični je medij koji prelazi granice odeljenja i funkcija unutar firme, jer se koristi svuda! Koriste ga **ljudi** i mašine kojima upravljaju ljudi. Isto tako, učinak upotrebe energije tiče se svakoga u firmi. Istovremeno, aktivnosti svih ljudi u firmi imaju više ili manje značajan uticaj na okruženje, zavisno od mesta rada i vrsti proizvodne operacije.

Upravljanje energijom treba da se bavi ***isplativošću*** distribucije energije i njene upotrebe u proizvodnom procesu, tako i efikasnost transformacije, proizvodnje, pretvaranja i distribucije energije u ***postojećem postrojenju***. Upravljanje uticajima na okruženje podrazumeva usklađenost sa zakonskim propisima, smanjenje uticaja na okruženje povezanih s proizvodnim operacijama na najmanju meru i smanjenje emisija, otpadnih voda i otpada. I upravljanje energijom i uticajima na okruženje povezano je s učinkom upotrebe sirovina i smanjenjem otpada na najmanju meru budući da svako nepotrebno stvaranje otpada znači istovremeno i povećanu potrošnju energije i povećano zagađenje okruženja.

Cilj upravljanja energijom i okruženjem je ***kontinuirano poboljšanje energetskog učinka i brige o okruženju*** u celom postrojenju s glavnim ciljem smanjenja operativnih troškova, smanjenja otpada na najmanju moguću meru kao i smanjenja uticaja firme na okruženje.

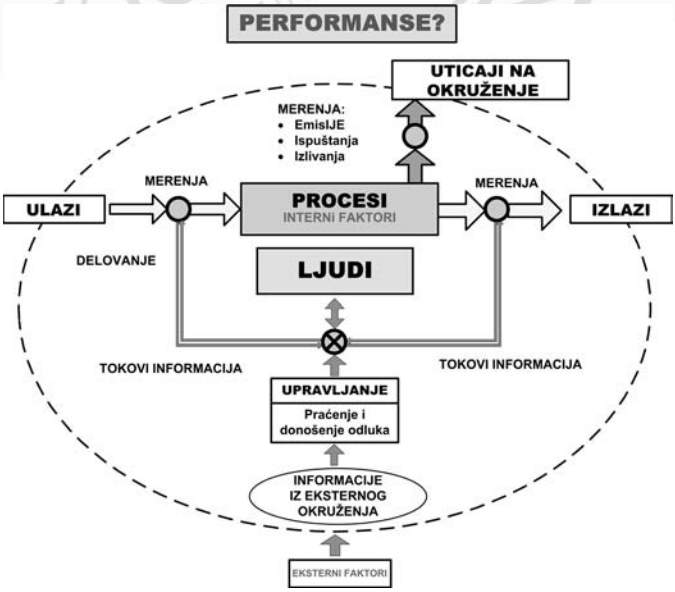
Kako bi se postigli ovi ciljevi, UEUO mora imati dobru tehničku podlogu, ali isto tako, što je možda još važnije, jaku podršku menadžmenta. Energija se koristi na svakom mestu u firmi a ljudsko ponašanje utiče na energetski učinak i utiče na okruženje, stoga je ***bavljenje ljudima*** od ključne važnosti za dugoročno i kontinuirano poboljšavanje učinka.

Dinamika upravljanja energijom i uticajima na okruženje

Postojeće postrojenje projektovano je na bazi određenih parametara koji se gotovo neizbežno menjaju do trena kada se pušta u pogonu. Tokom životnog veka postrojenja, učinak mašina će opadati zbog trošenja ili neodgovarajućeg održavanja. Stoga uvek postoje varijacije u učinku zbog suštinski dinamične prirode industrijskih operacija (slika. 4.). Obim i vrsta narudžbi se menjaju, menja se intenzitet proizvodnje, menja se kvalitet sirovina a ponašanje ljudi izvor je neprestane nesigurnosti. Čak i najiskusniji i najodaniji radnici mogu varirati u ponašanju, mogu se dogoditi problemi u pogonu i promene u okruženjeu koje utiču na učinak pogona.

Izazov je upravljati postrojenjem na najbolji mogući način u zadatom okruženju koje se menja. Kritični faktori za uspeh biće dostupnost pouzdanih i relevantnih podataka. Ključna promenljiva/varijabla ocene učinka je ***proizvodni rezultat***. Ne možemo govoriti o energetskom učinku i uticajima na okruženje kao apsolutnoj kategoriji bez obzira na proizvodni rezultat. Različiti proizvodni rezultati ili različiti tipovi proizvoda zahtevaju različite količine energije i trebali bi za posledicu da imaju različite količine emisija, otpadnih voda i otpada.

Stoga se podaci o energetskom učinku i uticajima na okruženje moraju kontinuirano prikupljati, zajedno s podacima o proizvodnom rezultatu za pojedine proizvode i proizvodne pogone. Obično su dostupni zbirni mesečni podaci o uticaju energije, proizvodnje i okruženja, ali ovi podaci nisu dovoljni za informisanu evaluaciju učinka zbog uticaja ljudskog faktora. Na primer, iz ovih se podataka ne može zaključiti kako ljudi upravljaju mašinama.



Slika 4.: Dinamički model sistema industrijskog pogona

Opsežan sistem za merenje učinka koji će pružiti potrebne nesintetizovane dnevne podatke o operativnim aspektima osnovni je alat za nadzor i evaluaciju učinka i ljudi i mašina na radnom mestu i donošenju odluka o merama poboljšanja.

Ovo takođe jasno ukazuje na potrebu da se dodeli ***odgovornost*** za energetski učinak i brigu za okruženje decentralizovanu do radnih mesta koja su tačke upotrebe energije, uz ***fokusiranost*** na radni učinak ljudi u svakom poslovnom segmentu koji troši energiju.

Ako odgovornost za energetski učinak i brigu za okruženje nije eksplicitno dodeljena određenoj osobi, iluzorno je očekivati poboljšanje učinka. Ova nas činjenica vraća na ljude kao ključni faktor poboljšanja energetskog učinka i uticaja na okruženjene.

Ljudski aspekti upravljanja energijom i okruženjem

Glavni cilj UEUO je poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženje. Kako bi se postiglo poboljšanje učinkai, ljudi moraju ***promeniti*** svoj ***stav*** prema upotrebi energije i poboljšati pogonsku praksu i procedure. Ovo je doista težak deo – ***menjati ponašanje ljudi!***

Zaposleni moraju osećati delimično vlasništvo (odgovornost) nad problemima energetskog učinka i brige za okruženje – nikakav nadzor, merenje ili investicija u tehnologiju ne može odraditi ovaj posao bez pomoći i dodira ljudske ruke. Kada se razmatra upravljanje energijom i uticajima na okruženje, većina ljudi prvo pomisli na informacije (podaci, nadzor, merenje, analiza, donošenje odluka) koje prate procedure i oprema. Nažalost, čak i uz sofisticiranu opremu i tačne informacije, ako se ljudi ne uvere u promenu svog celokupnog stava prema upotrebi energije, široka područja svakodnevne neefikasnosti će se još uvek zadržati. Mašinama i procesima će se upravljati bez obzira prema energetskoj efikasnosti, optimizacijski postupci i uređaji će se zaobići, merni instrumenti biće netačno očitavani, svetla će se ostavljati uključena, slavine otvorene, a vrata i prozori otvoreni i kad je prostor klimatizovan/grejan a posledica će biti opadanje učinka brige za okruženje.

Informacija ostaje inertan podatak osim ukoliko se ne obrađuje i na bazi nje ne deluju ljudi. Investicija u mašine ostaje beživotan deo hardvera osim ukoliko njime ne upravljaju ljudi, inteligentno i pažljivo. Stoga je za efikasno upravljanje energijom i uticajima na okruženje potrebno uključiti treću dimenziju – ljudski faktor – u kojoj je glavni izazov promeniti stav ljudi prema upotrebi energije. Ovo važi za bilo koji drugi cilj vezan uz upravljanje učinkom. Obično je ovo najteži zadatak za menadžere jer oni istovremeno moraju menjati i sami sebe. Menadžerima treba praktično rukovodstvo koje će im pomoći da upravljaju procesom sprovođenja UEUO od uvođenja do uspešne primene.

Promena

U ovom kontekstu, ***promena*** znači kvalitativni novi način ponašanja prema energiji i okruženju. Kao takva, ona uvek podrazumeva delimično restrukturiranje utvrđenih navika

i rutina. UEUO zahteva razvijanje novog modela ponašanja – kako na nivou pojedinca tako i na nivou organizacije. Saglasno tome, promena se shvata kao inovacija socijalnih, komunikacionih i organizacijskih svojstava koja potpomažu primenu UEUO tehnika.

Sprovođenje GEUO može se posmatrati kao sprovođenje projekta ***promene***. Kako bi se postigla transformacija, tj. poboljšao energetski učinak i briga za okruženje, ljudi moraju biti spremni i znati kako da sprovedu promenu. ***Spremnost*** ima tri dimenzije:

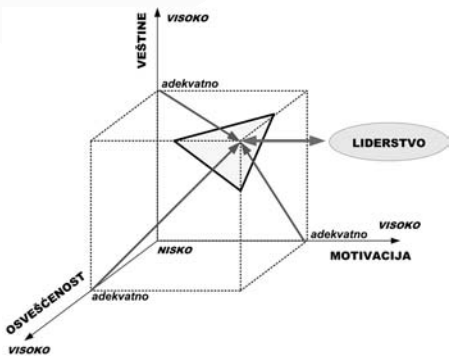
- Osvešćenost
- Motivisanost i
- Veštine

Osvešćenost znači da ljudi, od upravljačkog vrha sve do radionica, poznaju vrste energije, vrste uticaja na okruženje koje su posledica njihovih aktivnosti, troškove za energiju kao i gde su potencijali za uštedu energije.

Motivacija je važna radi pokretanja ljudi na promenu stava prema energiji i korišćenju materijala kako bi se smanjili troškovi za energiju kroz efikasniji rad i odgovornije upravljanje mašinama i ostalim načinima korišćenja energije pod uslovom da imaju odgovarajuće veštine i kompetencije.

Ovi preduslovi promene – ***Veštine – Osvešćenost – Motivacija*** mogu se prikazati zajedno u dijagramu (Slika 1.5). Ako bilo koji od ovih faktora nedostaje ili je neadekvatno razvijen, potrebno je osmisliti i sprovesti program obuke. Još je jedan vitalan element uspeha promene – ***rukovodstvo!*** Bez rukovodstva će svaki projekt promene, uključujući i UEUO izgubiti svoj smer i na kraju neće uspeti. Vođe na svim nivoima organizacije moraju osigurati da se planovi rapidno aktiviraju, radije nego da se teži savršenosti i preciznim analizama. Vođe bi trebalo da inspirišu i motivišu ljude, kao i da im pruže alate i znanja za postizanje ciljeva poboljšanja energetskog učinka i brige za okruženje. Kako bi to učinili, vođe će se često i sami morati menjati kako bi postali spremni i vodili osoblje ka poboljšanju efikasnosti.

Kada se približimo označenom području u VOM kocki (slika 5.), tj. kada veštine, osvešćenost i motivacija su visoki, a vođe na kormilu UEUO broda, proces promene će se početi događati a energetski učinak i briga za okruženje može se početi poboljšavati. Ali, bez obzira na to, dug je put do uspeha.



Slika 5.: Preduslovi promene

Aspekti promene

Naše je iskustvo pokazalo da postoje raznoliki podsticaji, slučajni događaji, lični kontakti i podsticajni faktori, koji stvaraju različite okvire za promenu u svakoj firmi s kojom smo radili. Ovi faktori kreću se od kulture zemlje u kojima firme posluju, organizacione strukture, društvenih odnosa do stila donošenja odluka i upravljanja, nivoae veština i kompetencija te, naravno, spremnosti i motivacije za promenu.

U svakom takvom slučaju, naša je uloga bila jasna: mi smo spoljašnji partner i spoljašnji menadžer promene, koji podržava interne interesne strane u postizanju ciljeva promene. Svaka grupa ili pojedinačna interesna strana imaju vlastite motivacije i teškoće i prepreke pred promenama, koje se moraju na odgovarajući način identifikovati i razumeti kako bi se moglo krenuti napred.

Ne zagovaramo da je spoljašnji partner obavezan jer svakako su sve to bile firme koje su u stanju same sprovesti proces promena. No, ponekad spoljašnji partneri mogu pružiti prvi podsticaj za projekte poboljšanja energetske efikasnosti i brige za okruženje, ili pomoći legitimisati i „pogurati" predložene projekte za poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženjene u firmi, posebno u slučajevima u kojima ključni interni faktori ne pripadaju upravljačkom vrhu.

Najvažnije interne interesne strane su uvek na nivou vrhovnog menadžmenta. To su donosioci odluka, i bez njihove uključenosti i odluka koje oni moraju doneti, proces promene ne može se niti pokrenuti, a kamoli uspešno završiti. Njihova motivacija povezana je uz smanjenje troškova, novčanu uštedu, inovaciju, kontinuirani razvoj i naravno, poboljšanu profitabilnost firme. Spoljašnji faktori, kao što je zakonski okvir, „zeleni imidž", društvena odgovornosti ili jednostavno naređenja iz uprave igraju ulogu pokretačkog događaja, te pažnju vrhovnog menadžmenta usmeravaju ka pitanjima energije i okruženja.

Kritičnu ulogu u procesu promene uvek ima takozvani „menadžer promene" tj. osoba(e) koju drugi prepoznaju kao ključnog protagonistu i podupirača promene. Ovakva osoba obično ima tehničko predznanje i dobro razumevanje proizvodnje, aspekata energije i okruženja unutar firme te interes da prepoznaju područja u kojima firma može uštedeti vreme i novac.

Sledeću važnu ulogu imaju „nosioci promene", osobe koje postanu odgovorne za pitanja energije i okruženja (u ovom kontekstu odgovorne za promenu) u svakoj funkcionalnoj jedinici firme. Rad s energijom/okruženjem za njih predstavlja način postizanja ekonomske koristi za firmu i način ostvarivanja ličnog priznanja.

Uspeh procesa promene zavisi od opredeljenja internog menadžera i nosioca promene. Obično njihovo znanje i sposobnost nije usklađena s onim koje ima donosilac odluke. Ponekad je čak tehničkom osoblju teško doći do onih koji donose odluke. Ako je ovo slučaj, tada spoljašnji partneri mogu biti pozvani kako bi pružili podršku na način da osnaže njihove poruke i delovanje prema upravljačkom vrhu.

Ono što se takođe pokazalo važnim je rano postizanje vidljivih rezultata, npr. uštede energije koje se mogu potvrditi, smanjenje emisija ili otpada i sl. Takav uspeh će podići

samopouzdanje nosilaca promene, povećati njihovo priznanje i obično, pružiti jaču podršku i posebno dobru volju od menadžmenta

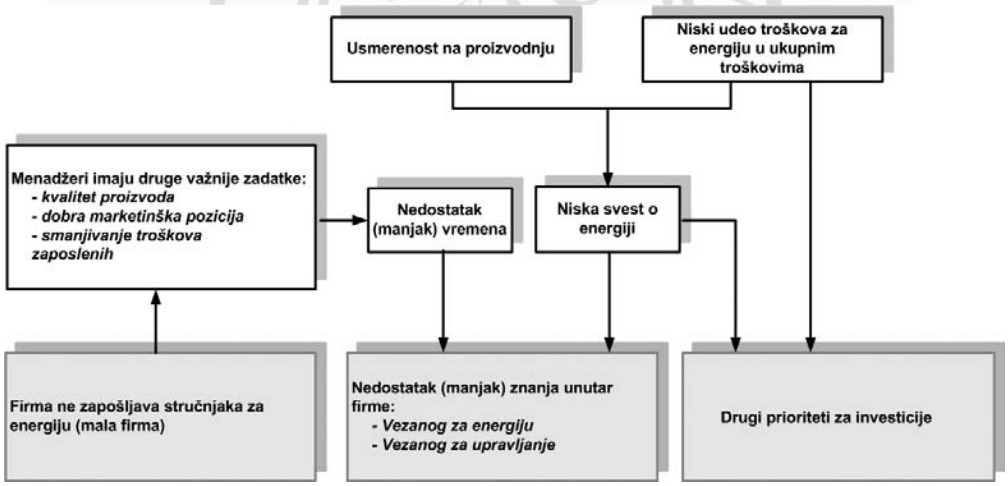
Poboljšanja učinka moraju se dobro ilustrovati i dokumentovati kako bi bili razumljivi onima unutar firme koji nisu stručnjaci kao i svim zaposlenima. Ovo pomaže u uklanjanju uobičajenih barijera kada se suočava s nekim aspektima promene koji će biti opisani u narednom tekstu.

Barijere koje treba ukloniti

Mnogo je uočenih barijera za poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženje. Neke od ovih barijera mogu se pripisati:

- neznanju;
- strahu of promena;
- neodređenosti predmeta;
- želji da se sačuva *status quo*.

Dodatne najčešće uobičajene barijere mogu se sažeti kako je prikazano na dijagramu na slici 6. Može biti i ostalih barijera kojima se ovde nećemo baviti, no u praksi, ukoliko se adekvatno kroz program obuke adresiraju okolnosti vezane uz okolnosti veštine-osvešćenost-motivacija, a vođe preuzmu odgovornost, barijere će se postepeno topiti.



Slika 6.: Neke barijere poboljšanju energetskog učinka i brige za okruženje

Nesvesnost mogućnosti

Još jedna barijera upravljanju energijom i uticajima na okruženje izražava se kao: „Ne znamo šta možemo učiniti". Ovo može biti tačno kratkoročno no može se mnogo učiniti kako bi se našle prave mogućnosti.

Jedan način je angažovati stručnjaka koji će identifikovati i kvantifikovati mogućnosti sprovođenja ***energetskog pregleda i uticaja na okruženje***. Premda će ovo očigledno izazvati neke troškove, može se otkriti veliki broj mogućnosti za efikasniju potrošnju energije i poboljšanja uticaja na okruženje.

Umesto ovoga, bez ikakvog troška možete se pitati: „Gde, zašto i kada se energija troši?" „Koliko možemo uštedeti?" „Šta bi trebalo da promenimo kako bi uštedeli još više?" „Gde su izvori uticaja na okruženje?" „Možemo li smanjiti količinu otpada koji proizvodimo?" i tako dalje. Odgovori na ovakva pitanja često mnogo otkrivaju i uvek otkriju mogućnosti bez troška ili uz mali trošak za poboljšanja, koja je moguće brzo primeniti.

Demotivišući aspekti

Premda troškovi za resurse, uključujući i one za energiju, mogu zaokupljati misli menadžera, oni u svakom slučaju nisu glavna briga zaposlenih. Više je razloga za to:

- Većina ljudi ima tendenciju skoncentrirati se na aktuelni posao više nego na sredstva ili resurse koji se koriste. Energija je posebno „nevidljiv" resurs i uzima se zdravo za gotovo.
- Većina ljudi možda povremeno misli na pitanja energije i okruženja ali svakodnevne se aktivnosti ponavljaju, čine se nesvesno i prilično su dosadne: predstavljaju monotonu rutinu.
- Većina ljudi ne gleda troškove za energiju na isti način na radnom mestu kao što to čine u vlastitim domovima budući da sami ne plaćaju te troškove.
- Ljudi imaju tendenciju da ne primete direktnu povezanost između njihovih aktivnosti i učinka uticaja na okruženje.
- Ovi su faktori pravi izazov za menadžment. Kako savladati nedostatak interesa i motivacije a istovremeno se suočiti sa sve važnijim pitanjima vezanim uz energetski učinak i uticaje na okruženje?

Motivisanje ljudi

Ukoliko se gornji razlozi mogu klasifikovati kao „demotivišući" faktori, danas postoji relativno nov „motivišući" faktor – ***globalna briga o klimatskim promenama***. Raste opšta svesnost o energiji kao resursu koji nestaje, sve više košta. Takođe raste znanje o klimatskim promenama koja su rezultat proizvodnje energije i upotrebe sirovina.

Motivacija i stoga spremnost na saradnju s menadžmentom se čini se povećava:

- Ako se ljudima pruži prilika ličnog uključivanja u donošenje odluka o aktivnostima koje će uticati na njih i njihov učinak;
- Ako se ljudi na odgovarajući način informišu o realnosti, problemima i razlozima za odluke;
- Ako se ljudima da odgovornost da odlučuju o najefikasnijem načinu na koji će izvršiti svoj vlastiti posao;

- Ako se ljudima pruži priznanje za njihov lični doprinos;
- Ako ljudi veruju da su njihovi menadžeri zaista zainteresovani za njih kao pojedince;
- Ako se ljudima da podsticaj i nagrada (uz redovnu naknadu) za dodatne napore – ne samo one koje za njih imaju materijalnu nego i emotivnu vrednost;
- Ako ljudi osim toga razumeju posledice neuspeha za njih lično.

Kada se stvarno sprovodi UEUO projekt, najveći izazovi mogu se očekivati u proizvodnim odeljenjima u kojima se obično ne izveštava o energetskom učinku i uticajima na okruženje, za razliku od komunalnih odeljenja u kojima je energija glavni predmet izveštavanja.

Kada se uspostavi i profunkcioniše odgovarajući sistem za merenje energetskog učinka i uticaja na okruženje, on može otkriti neke ne baš pozitivne informacije zbog kojih ljudi mogu zauzeti odbrambeni stav. Stoga će UEUO projekt verovatno zahtevati više promena i više motivacijskih aktivnosti u proizvodnim odeljenjima. Bavljenje zaposlenima u ovim odeljenjima na mudar način i rukovodstvo koje ima entuzijazma u ovom delu vaše organizacije od velike je važnosti.

Ovo nas vraća na pitanje ***rukovodstva*** koje smo već uveli nešto ranije, kao ključnog elementa uspešnog UEUO projekta.

Liderstvo

Svi znamo da je dobro upravljanje više od planiranja i administriranja. Ono takođe zahteva vođstvo i ***efikasnu interakciju s ljudskim bićima.***

Kako bi uspeo, GEUO projekt mora imati prvaka(e) ili vođu(e) koji će neumoljivo tražiti mogućnosti za poboljšanja energetskog učinka i brige za okruženje. Ovi pojedinci moraju doista verovati u potrebe i mogućnosti poboljšanja učinka i moraju imati dovoljno ličnog i profesionalnog autoriteta kako bi ih zaposleni poštovali, slušali i pratili kao vođe. No, oni istovremeno moraju biti svesni toga šta je vođstvo u smislu uloge i kakav bi trebao biti njihov stil upravljanja kako bi uspešno mobilisali ljude da ih slede. Okvir 2. pruža kratak pregled ***uloge i odgovornosti vođe***.

Ako menadžeri žele činiti više od samog praćenja načela motivacije i zaista žele izvući najbolje od ljudi, moraće postati svesniji svog menadžerskog stila. Menadžeri, posebno menadžeri energije i okruženja, moraju biti u stanju stvoriti stvarnu svest o vrednostima resursa i potrebi poboljšanja energetskog učinka i brige za okruženje i izbegavanja nepotrebnog otpada. Ovo ne znači samo izdavanje jednostranih instrukcija. Ovo podrazumeva ***interaktivan dijalog*** tj. ***dvosmernu komunikaciju.***

Dvosmerna komunikacija ne svodi se samo na:

Zahtevanje	**nego se ljudi i pitaju;**
Nametanje	**nego se dobija i saglasnost o ciljevima;**
Merenje podataka	**nego se pruža i povratna informacija;**
Naređivanje	**nego se i motiviše pomoću podsticaja.**

Dobre vođe takođe znaju kako da privuku dobre ljude i kako da uspostave snažne i raznolike timove vođa s jasno definisanim ulogama i odanošću zajedničkim ciljevima. Oni grade kulture koje inspirišu i motivišu i pružaju alate i učenje kako bi svojim ljudima pomogli da uspeju.

Vođe moraju biti odlučne. Moraju osigurati da su njihove strategije pravilno usmerene, da ih odmah upućuju na akciju, radije nego da iziskuju savršenstvo ili precizne analize. Oni moraju mobilisati brzo i uz fleksibilnost kako bi njihove strategije evoluirale tokom vremena.

Efikasno sprovođenje UEUO zasniva se na radu koji se odvija preko funkcionalnih granica; stoga zahteva stvaranje međusobno funkcionalnih timova i vođa koje mogu navesti različite talente da rade zajedno. Ovo mora početi na vrhu organizacije. Stoga, kako bi uverili zaposlene u važnost UEUO projekta i pružili pravo vođstvo, cela upravljačka struktura se mora uključiti u projekt i to kako sledi:

1. **TIM VRHOVNOG MENADŽMENTA**
   - Direktor firme
   - Finansijski direktor
   - Direktor ljudskih resursa
   - Proizvodni direktori
   - Direktori energetike
   - UEUO Direktori
   - Koordinator za podizanje svesti i motivaciju
2. **OPERATIVNI TIM:**
   - Menadžeri UEUO-a
   - Direktori kvaliteta
   - Vođe timova – direktni rukovodioci, supervizori (timovi u odeljenjima)
   - Čitači brojila i/ili PC operateri
   - Koordinator za podizanje svesti i motivaciju
3. **TIMOVI ZA POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI:**
   - Vođe timova
   - Nadzornik smene
   - Rukovaoci mašina

Okvir 2.: O liderstvu – uloge i odgovornosti vođa

I. ULOGE

I.1 Izgradnja i održavanje tima

Ljudi očekuju od svojih vođa da im pomognu da izvrše svoje zadatke i izgrade timsku sinergiju.

I.2 Razvijanje pojedinca

Takođe očekuju da je vođa prijemčiv i da odgovara na njihove individualne potrebe i pomaže im da se razvjui i poboljšaju.

I.3 Izvršenje zadatka

Vođa ima jasnu odgovornost za postizanje zadatka s dodeljenim timom te, ukoliko se zadatak ne izvrši,odgovoran je isključivo vođa.

II. ODGOVORNOSTI

II.1 Definisanje zadatka

Vođe moraju svojim ljudima davati zadatke koji su:

- *Jasni;*
- *Konkretni;*
- *Vremenski ograničeni;*
- *Realni;*
- *Koje je moguće vrednovati;*

Zadatak mora preneti jasan smisao smera, tj. zašto je zadat i šta je potrebno kako bi se izvršio.

II.2 Planiranje

Planiranje znači izgradnju mentalnog mosta od mesta na kojem se nalazimo u ovom trenutku do mesta na kojem želimo biti kada postignemo zadati zadatak ili cilj. Ukratko, planiranje daje odgovor na pitane „ko čini šta, kada i kako".

II.3 Informisanje

Funkcija prenošenja ciljeva i planova timu, najčešće na ličnom sastanku. Sestrinska funkcija komuniciranju je slušanje! Ono je isto tako važno, ako ne i važnije.

II.4 Kontrolisanje

Kontrolisanje je funkcija koja osigurava da se svi timski napori i energija usmere ka rezultatu postizanja ciljeva. Ponekad su timovi neefikasni kao stari bojleri no vođe ih moraju motivisati i od njihovog rada izvući maksimum.

II.5 Vrednovanje

Kad god ocenjujemo napredak ili nedostatak istog, vrednujemo svoje ljude. Jedno je sigurno: nijedan tim i nijedna osoba nije savršen(a).

Stoga se vrednovanje mora dogoditi u okruženju u kojem:

- *Su ciljevi jasni i realni;*
- *Postoji atmosfera otvorenosti – dvosmerna komunikacija;*
- *Postoji sposobnost suočavanja s neuspehom.*

II.6 Motivisanje

Uvek se puno priča o motivaciji. No, pre svega, vođe samo moraju biti motivisani, a zatim moraju dati jasne ciljeve osoblju, te i pružiti povratnu informaciju o napretku, ako ga ima, te davati pravedne nagrade i pružati priznanja. Ljudi moraju svoje vođe doživljavati kao primer. Vođe bi trebalo da ljudima pružaju inspiraciju.

II.6 Organizovanje

Sačinjavanje izvodivih planova i strukturiranje ljudi kako bi se omogućila dvosmerna komunijacija i timski rad. Organizovanje takođe uključuje meru kontrole i supervizije.

Organizovanje zahteva aktivnu i kontinuiranu pažnju od strane vođa. Budući da su ljudi u ovom smislu poput opreme (ako je ne održavamo i ne brinemo se za nju, oprema će se ubrzo istrošiti). Isto tako, ako ne organizujemo, motivišemo i ne nadgledamo timski rad, ljudi će izgubiti smisao smera i motivacije.

II. 7 Pružanje primera

Vođstvo primerom!

Ljudi na svakomj organizacionom nivou takođe su nosioci promene, a kada im se da odgovarajuća moć, inspiracija i vođstvo, ožive s vitalnošću, inteligencijom i izuzetnim potencijalom za profitabilnost koji može biti odlučujući faktor za uspeh ili neuspeh UEUO projekta.

Razmotrićemo kako postupno možemo napredovati počinjući od upravljačkog vrha.

Vidljivo opredeljenje za UEUO na nivou upravljačkog vrha

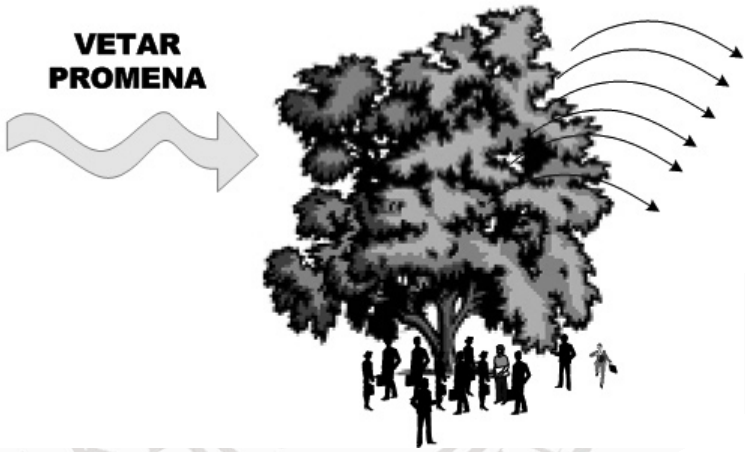
Svaki proces promene je bolan čak i kad su sve interesne strane čvrsto uključene. Za temu kakvo je upravljanje energijom i okruženjem, koja se u prvi mah ne čini kao najviši prioritet, ovo je još više slučaj. Prvi zadatak je učiniti upravljanje energijom i okruženjem važnom temom za upravljački vrh.

Ako se tokom započinjanja projekta ne može postići ***opredeljenje vrhovnog menadžemnta***, ova aktivnost zasigurno neće uspeti. Kako bi se postigla podrška vrhovnog menadžmenta, ključni unutrašnji i spoljašnji akteri moraju pripremiti odgovarajuće argumente i adekvatne prezentacije. Argumentacija za UEUO kao relevantnom i pozitivnom doprinosu poslovnom učinku mora kombinovati čisti ekonomski interes s dodatnim koristima, s fokusom na višedimenzionalne aspekte konkurentnosti firme, kao što su smanjenje troškova, usklađenost sa zakonskim propisima vezanim uz okruženje, poboljšanje kvaliteta, „zeleni" imidž itd.

Malo ljudi bi bilo odmah ispunjeno entuzijazmom za sprovođenje predloženih promena. Ovo je posebno slučaj onda kada nam promena donosi dodatnu odgovornost, kao

što je odgovornost vezana uz energetski učinak i brigu za okruženje. U takvim ćemo se situacijama vrlo verovatno suočiti s efektom „drveta na vetru" kao što je ilustrovano na slici 7. U ovoj je metafori drvo simbol organizacione hijerarhije. Kada vetrovi promene duvaju, najjače će biti uzdrman vrh, ali kako se krećemo niz drvo, niže grane (niži nivoi organizacije) su mirne, zaštićene i nedirnute olujom koja se događa na vrhu.

Kao što smo ranije naglasili, energija se koristi svuda u firmi i ponašanje svakog pojedinca utiče na energetski učinak i brigu za okruženje, stoga UEUO projekt mora uključiti sve kako bi se postigli najbolji mogući rezultati. Stoga se svi zaposleni moraju mobilisati kako bi preuzeli odgovarajuću odgovornost za energetski učinak i brigu za okruženje, na bazi njihove pozicije unutar organizacije. Ovo je moguće postići samo ako su zaposleni uvereni da je UEUO zaista od velike važnosti za firmu.



Slika 7.: Drvo na „vetru promene"

Ovo je još jedan razlog zbog kog je ***vidljivo opredeljenje*** upravljačkog vrha UEUO-u važna. Ako na vrhu ne postoji vidljivo opredeljenje, vrlo je malo verovatno da će se na nižim delovima hijerarhije firme uopšte razmišljati o promenama.

Odluke koje treba doneti

Vrlo pragmatičan razlog za aktivno uključenje upravljačkog vrha je broj odluka koje se moraju doneti na samom početku sprovođenja UEUO, kao što su:

- Prihvatanje politike energije i okruženja;
- Odobravanje akcijskog plana za upravljanje energijom i okruženjem;
- Dodela odgovornosti;
- Dodela budžeta;
- Odlučivanje o nagradama i podsticajima;

Energetska i politika zaštite okruženja treba da stimulišu i podrže timove za energetiku i zaštitu okruženja i društvene krugove, te druge strukture i oblike interne koordinacije kao što su sastanci, radne grupe itd. Formalne odgovornosti moraju se podržati odgovarajućim promenama u kulturi firme, slobodom delovanja, podrškom menadžmenta i dovoljnim resursima. Pokušaji da se nametnu organizacione ***promene*** bez podrške hijerarhije uključuju rizik da će se dogoditi samo površno prilagođenje.

Nova pravila ponašanja vezana uz pitanja energije i okruženja, nove odgovornosti, uključenost osoblja na širokoj osnovi, efikasne strukture komunikacije, kao i interne šeme nagrađivanja doprinose institucionalizaciji i jačanju aktivnosti UEUO-a unutar firme.

Odluke o ***nagradama i podsticajima*** su posebno osetljivo pitanje. Premda se može argumentovati da je kontinuirano poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženje u opisu posla svih zaposlenih, dodatni podsticaji će svakako pomoći da se prevlada prirodni otpor ljudi prema promeni. Neke firme su pokušale da nude finansijske nagrade ljudima ili grupama koje su uspele da smanje troškove za energiju no druge nevoljno nude finansijske podsticaje zbog moguće zloupotrebe šema ili negativnog uticaja na one koji se osećaju isključeni. Alternative direktnim finansijskom podsticajima su između ostalog:

- Priznanja;
- Sertifikati;
- Značka za ličnost energije/eko-okruženja meseca;
- Bonus za rekreacijske aktivnosti;
- Edukacijski fond za decu zaposlenih;
- Doprinos dobrotvornom fondu prema izboru i sl.

Odluke o nagradama i podsticajima mogu se podržati odlukom o kombinaciji aktivnosti motivacije i osvešćivanja kao što su:

- Izložba energije i zaštite okruženja
- Dan energije i zaštite okruženja
- Takmičenje pod motom energije i zaštite okruženja
- Studijsko putovanje

Način na koji se zaposleni inspirišu, osnažuju i nagrađuju za njihovu sposobnost prilagođenja za promenjene uslove je sredstvo pomoću kog se postižu ciljevi. Motivisanje i mobilisanje zaposlenih kako bi dobili entuzijazam za UEUO program u velikoj meri zavisi od ***eksplicitne i konkretne komunikacije*** o domenu promene npr. ***razlozima i ciljevima***. Važno je zaposlene redovno obaveštavati o napredovanju programa upravljanja energijom i uticajima na okruženje. Stoga o promenama i poboljšanjima učinka treba periodično izveštavati zaposlene. Drugi deo aktivnosti upravljanja energijom i okruženjem morao bi biti redovna komunikacija i odnosi s javnošću, koji će ljude osvestiti o onome šta se događa, zašto se događa i šta oni mogu učiniti kako bi pomogli. Uspeh projekta mora se dokumentovati i komunicirati te pružiti osećaj uspeha svim uključenim akterima. Povratna informacija o pozitivnom razvoju događaja doprinosi povećanoj motivisanosti za nastavkom.

Interna komunikacija je još jedno područje koje zahteva od vrhovnog menadžmenta da donese odluke o načinu, sredstvima i učestalosti kanalisanja informacija o aktivnostima programa upravljanju energijom i okruženjem, ciljevima i rezultatima. Od vrha prema niže i obrnuto. Ovo uključuje pitanja poput sledećih:

***O čemu treba komunicirati*:**

- Energetska i politika zaštite okruženja firme kao i njen akcijski plan
- Mesečne izveštaje o potrošnji energije
- Kvantifikovane uticaje na okruženje, s tim povezane ciljeve i poboljšanja
- Savete i znanja o energiji i okruženju
- Nagrade/podsticaje

Mogući komunikacioni kanali:

- ***Od vrha na niže*** (engl. *top-down*)
  - Formalne objave
  - Mesečna poruka menadžmenta
  - Interni sastanci osoblja
  - Kursevi
  - Oglasne table
  - Glasila, posteri, nalepnice, brošure
  - Video projekcije tokom pauze za ručak
  - Prenosiva biblioteka o energiji i okruženju
  - Interni radio.
- ***Od dna prema vrhu*** (engl. *bottom-up*)
  - Predlozi zaposlenih
  - Sedmični/mesečni izveštaji
  - Mogućnosti za poboljšanja učinka (MPU).

Profitabilnost organizacije proizlazi iz ***profitabilnosti zaposlenih*** **.** Ako zaposleni nemaju konkretna sredstva kako bi promenili, uskladili i poboljšali svoje navike – ista ona sredstva koja menadžment podrazumeva i koristi za poboljšanje vlastitih strategija – dogodiće se prekidi u komunikaciji.

Velike firme bi mogle imati koristi ako bi određenoj osobi, ***Koordinaror za nagrađivanje i motivaciju***, bilo zadato da se permanentno brine za internu komunikaciju o osvešćenosti i energetskom učinku i brizi za okruženje. Učinak se poboljšava a profit povećava onda kada radna snaga istinski vidi i može predvideti uzrok i posledicu delovanja svakog pojedinca.

Ako se o rezultatima komunicira i dobije priznanje i izvan firme, to bi poboljšalo motivisanost i pružilo sigurnost ključnim akterima da su na pravom putu. Takođe bi mogli dobiti inspiraciju od spoljašnjih kontakata i povezivanja s udruženjima iz područja energije i okruženja.

Vidljivost

Dodela odgovornosti za specifične rezultate je kritična tačka na putu prema uspehu. Definisanje svrhe i ciljeva, merenje postignuća tokom vremena osnovni su koraci u pretvaranju strategije poboljšanja učinka od sirovog koncepta ka detaljnom planu te konačno prema rezultatima. Ovo se neće dogoditi bez upornog i vidljivog opredeljenja od strane najvišeg menadžmenta.

Šta znači *„vidljivo opredeljenje"?* To znači da se upravljački vrh direktno i jasno povezuje s projektom UEUO na način da čini sve navedeno (i po mogućnosti i više od toga):

- Ne samo definisanje nego i izricanje ciljeva UEUO projekta,
- Omogućavanja i nadzor nad napredovanjem u postizanju ciljeva,
- Pružanje povratne informacije na izveštaje osoblja o energetskom učinku i uticajima na okruženje,
- Ohrabrivanje osoblja da daje predloge za poboljšanje učinka,
- Pružanje priznanja za postignuća,
- Redovno bavljenje temom uticaja na okruženje i zašite okruženja na dnevnom redu na sastancima uprave.

Sve ove tačke moraju se izvršavati kontinuirano kako bi se osigurala trajnost poboljšanja učinka. Kako to postići? To je upravo ono što čini Sistem upravljanja energijom i uticajima na okruženje, a što ćemo istražiti korak po korak kroz nastavak ove knjige.

Rad s ljudima vodi ka uspešnom UEUO projektu

Menadžeri

Procesi proizvodnje su mesta na kojima se stvara dodatna vrednost. Vrednost stvaraju ljudi koji su spojeni na bazi organizacionih struktura potrebnih za proces rada. **Menadžeri** su najvažnija grupa u vašoj firmi budući su oni „vezivno tkivo" koje ljude drži u timovima povezanim istim ciljevima. Ljudi unutar grupe i grupe između sebe uspostavljaju odnose. Stoga su organizacije odnosni sistemi i mogu postići visok učinak i trajno poboljšanje samo osnaživanjem i motivisanjem ljudi da tako čine.

Realizacija projekta UEUO ne može se posmatrati kao jedinstvena i isključivo tržišno vođena ekonomska odluka. Ona zahteva pokretanje i upravljanje povezanih društvenih procesa u firmi, koji uključuju različite unutrašnje i spoljašnje aktere. Uspeh firmi koje rade s UEUO zavisi od različitih unutrašnjih faktora kao što je korporativna kultura, tehničke sposobnosti ili socijalna integracija pitanja energije i okruženja. Međutim, budući da su firme kao društvene jedinice u međusobnoj interakciji sa svojim okruženjem, spoljašnjim uslovima, uključujući i načela i programe, one direktno ili indirektno utiču na proces primene tehnologija koje su energetski efikasne (EE) i prijateljski orijentisane prema okruženju ili na uspostavljanje EE ponašanja.

Menadžeri moraju integrisati veliki broj faktora kako bi unapredili sposobnost organizacije da prihvati promene i bude uspešna. Njihov fokus mora biti na zajedničkom cilju – poboljšanje učinka – koji zahteva odlučnost ljudi za učestvovanje i njihovo slaganje s tokom aktivnosti.

Firme se razlikuju pa svojstvima i zahtevima – tako da ne postoji „jednoobrazan" pristup koji može osigurati uspešan UEUO projekt. Ovo je posebno tačno kada su u pitanju ljudi budući da uspeh u radu s ljudima u velikoj meri zavisi od kulturnih i socijalnih aspekata, što su „meka" pitanja. Na samom početku procesa, firma se izlaže ključnim događajima, koji stimulišu ključnog igrača (menadžera promene) da razmišlja o projektu UEUO i inicira proces planiranja, odlučivanja i sprovođenja. Na to utiče postojeći kontekst lične motivacije, iskustva, znanja o energetskoj efikasnosti i upravljanju uticajima na okruženje kao i organizacionih uslova.

Firme predstavljaju društvene sisteme na koje utiču mreže internih i eksternih međupovezanosti i interakcija. Ključni akteri unutar ovih mreža – ***menadžeri koji pružaju vođstvo*** – su instrumenti za podsticanje, realizaciju i difuziju aktivnosti za poboljšanje energetske efikasnosti i okruženja. Kako bi menadžer bio uspešan menadžer mora biti dobar u upravljanju ljudima i odnosima unutar i izvan funkcionalnih grupa.

Radna snaga je živi organizam. Ako vođstvo želi izazvati dramatične promene u firmi, zaposleni treba da znaju kako da prate i kako ispravno da odgovore na događaje koji uzrokuju promenu. Menadžeri inspirišu na stalnost i jedinstvenu svrhu za trajno poboljšanje profitabilnosti organizacije. Sve interesne strane spremne su da pruže i prihvate vođstvo kada je to potrebno i pratiće uputstva kada su ciljevi, sredstva i rokovi jasni i kada se osećaju kompetentnim i sposobnim.

Zaposleni

Zaposleni sa svojim ulogama, interakcijama i (de)motivišućim faktorima su ključne dimenzije za realizaciju UEUO. Zaposleni su organiziovani u funkcionalne jedinice ili timove ali jedinica nije samo organizaciona kutija! ***Jedinice sačinjavaju ljudi – jedinica su ljudi!*** Kada pojedinac očajava da izvrši naizgled složen zadatak, jedinice ili timovi hrane, podržavaju i inspirišu jedan drugog. Izazov je za vođe timova da formiraju čvrsto povezanu jedinicu od ljudi koji imaju različite sposobnosti, ličnosti i načine rada. Tima mora da shvati kako se uspostavljaju standardi učinka i ciljevi. Oni ih moraju prihvatiti kao vodič za zajednički cilj i smer.

Svakom članu tima mora se dodeliti odgovarajuća uloga na bazi njihovih ili njenih veština. Ako veštine nisu odgovarajuće, potrebna je obuka. Redovni sastanci tima nužni su kako bi se izgradio timski duh, bolje razumevanje zadataka i postiglo da članovi tima efikasno rade zajedno na postizanju ciljeva. Početno oklevanje i nesigurnost mora se brzo prevladati i mora prevladati stav: Mi to možemo!" Timovima je možda potrebna spoljašnja podrška kako bi dostigli tu tačku i neko pozitivno pojačanje za njihovu efikasnost, ali kada se jednom sve složi, na pravom smo putu!

Naše je iskustvo da je izgradnja i postizanje ***„samopouzdanja***" ljudi ključni sastojak uspeha. Kada timovi rade u duhu saradnje, dele samopouzdanje i međusobno poštovanje, ovo im omogućuje da efikasno donose odluke s minimalno internih neslaganja, što će ih dovesti do postizanja uspostavljenih ciljeva. Kompetentni i motivisani zaposleni biće u stanju kompetentno da upravljaju svakodnevnim neizvesnostima, uvek poboljšavajući svoju sposobnost da to čine i merenjem učinka radnje s povratnom informacijom kako bi podesili sledeću, na taj način poboljšavajući svoje veštine i učeći kroz rad.

Iniciranje programa obuke osvešćivanja i motivisanja

Retko će biti slučaj da je firma u poziciji da započne veliki program poboljšanja učinka bez potrebe za dodatnim ***razvojem veština***. Češće će biti potreban interni ***program obuke*** kako bi se podigla svest, poboljšale individualne kvalifikacije i pružile potrebne veštine zaposlenima. Obuka je proces obučavanja i razvoja veština. Obuka se može izvoditi na formalan (kursevi) i neformalan (sastanci i radionice) način za različite ciljne grupe. Važan cilj obuke trebao bi biti razvoj stava „to je moguće učiniti" među zaposlenima. To će poboljšati njihovo samopouzdanje, tj. sposobnost da usvoje i sprovedu proces promene. Samopouzdanje za daljnje akcije povećava se boljim znanjem o energetskim i okružujućim aspektima proizvodnje i novim normama i načinima obrade pitanja energije i okruženja koji se postižu tokom sprovođenja.

Kvalifikacije i obrazovanje vezano uz energiju i okruženje povećavaju interni know-how i doprinose višoj motivaciji i samopouzdanju zaposlenih. Ovi pojedinačni procesi obuke i učenja predstavljaju ključan element za početni uspeh i kontinuirano delovanje.

Uprava/menadžment

Ni jedna skupina nije važnija za UEUO od menadžerskog tima, koji mora dodeliti resurse i pružiti podršku programu UEUO. Osim toga, oni često pružaju informacije i pomoć u samom procesu. Specifični načini rada s menadžerskim timom moraju se pažljivo planirati i izvršavati. Jedan pristup je sprovesti seriju pripremnih radonica i radionica pregleda napretka kako bi se program pokrenuo. „Radionica" je strukturiran sastanak s jasnim ciljevima, dnevnim redom, prezentacijama i diskusijama.

Uvodna radionica pod nazivom „Uloge i odgovornosti menadžera u UEUO" može pokrenuti proces s ciljem pojašnjavanja uloga i odgovornosti, kako bi se oblikovale ključne veštine i percepcija promene kao i unapredila podrška UEUO (Okvir 3.). Cilj je da menadžeri napuste radionicu s poboljšanom percepcijom uticaja UEUO na posao, relevantnot na njihovo područje odgovornosti i jasnije razumevanje uloge UEUO. Ako je ova radionica uspešna, menadžeri će imati obnovljeno opredeljenje da UEUO učine još delotvornijim u svojim odeljenjima.

Okvir 3.: Uloge i odgovornosti menadžmenta u UEUO

MENADŽERSKI TIM

- Jednom mesečno pregledaju izveštaje o energetskom učinku i uticajima na okruženje, koji pripremi operativni tim
- Osiguravaju da su akcijski planovi izrađeni
- Donose odluke i pripremaju budžet za sve aktivnosti koje se tiču UEUO.
  - *Nagrade/stimulacije*
  - *Aktivnosti osvešćivanja i motivacije*
  - *UEUO instrumentacija*

OPERATIVNI TIM

- Jednom sedmično pregleda izveštaje o energetskom učinku koje pripremaju odeljenjski timovi
- Pruža povratnu informaciju timovima za poboljšanje učinka
- Pruža tehničku podršku timovima za poboljšanje učinka
- Horizontalna i vertikalna komunikacija

MENADŽER UEUO-a

- Organizuje i upravlja sprovođenjem UEUO-a:
  - *Postavljanje mernih instrumenata, održavanje i umeravanje*
  - *Provera očitavanja mernih instrumenata i provere ispravnosti*
  - *Nadzor upisa podataka o učinku i procesiranja*
  - *Izveštavanje upravljačkog tima*
  - *Pružanje direktne povratne informacije operativnom timu o njihovom učinku*
  - *Pružanje tehničke podrške operativnom timu, ako je potrebno.*

VOĐE TIMOVA

- Odgovorni za energetski učinak i uticaje na okruženje u svojim područjima rada
- Organizuju obuku za podizanje svesti i motivaciju za njihovo osoblje
- Organizuju i motivišu svoje osoblje kako bi poboljšali energetski učinak i smanjili uticaje na okruženje nastavno na opštu obuku
- Komunikacija
- Vođstvo u njihovim područjima odgovornosti
- Aktivna istraživanja za mogućnostima smanjenja potrošnje energije i sirovina uz istovremeno održavanje kvaliteta i kvantiteta proizvodnje
- Preduzimanje korektivnih aktivnosti

KOORDINATOR PODIZANJA SVESTI I MOTIVACIJE

Odgovoran za koordinaciju i sprovođenje svih aktivnosti podizanja svesti i motivacije saglasno odobrenju menadžmenta

Broj potrebnih pripremnih radionica zavisi od toga do koje mere je razvijeno upravljanje energijom i okruženjem u firmi pre odluke o pokretanju značajnog programa za poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženje. Kako bi se ocenila dostignuća dotadašnje prakse upravljanja energijom i okruženjem, može se koristiti jednostavan upitnik.

Tehnički menadžeri i nadzornici

Kako se spuštamo niz hijerarhiju, obuka će poprimati sve više tehnički karakter te postajati prilagođenija potebama osoblja kako bi se premostio ***jaz kompetentnosti***. Kako bi se mogla pružiti odgovarajuća obuka, potrebno je izvršiti ***procenu potrebe za obukom***. Procena potrebe za obukom počinje određivanjem zahteva posla na određenoj poziciji, određivanjem nivoa odgovornosti i veštine ili znanja potrebnog za taj posao i upoređivanjem istog s ličnim iskustvom i profilom osobe. Ako je spoj jednog i drugog savršen, nema potrebe za obukom, ali kada postoji jaz između zahteva posla i postojećih kvalifikacija, identifikovaće se potreba za obukom. I u ovom slučaju, jednostavan upitnik može pomoći kod procene potrebe za obukom osoblja na različitim pozicijama u firmi.

Svrha ***obuke*** je da se osigura odgovarajuće znanje i veštine kod ljudi, kako bi oni bili svesni mogućnosti za poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženjem koje postoje u njihovoj okolini (Okvir 4.) i naučiti kako efikasno da koriste UEUO.

Okvir 4.: Primer jednodnevnog programa obuke za tehničko osoblje i nadzornike

Ciljevi:

- *Službeno uvesti i ažurirati energetsku i politiku zaštite okruženja*
- *Uvesti organizacijsku šemu UEUO*
- *Identifikovati uloge i odgovornosti menadžera i nadzornika*
- *Predložiti akcijski plan programa upravljanja energijom i uticajima na okruženje*

Predloženo trajanje: *09:00-16:00*

Popis tema:

- Kontekst aktivnosti
- Pregled energetske politike i politike zaštite okruženja firme
- Poboljšanje energetskog učinka i brige za okruženje
  - *Troškovi za energiju*
  - *Troškovi usklađivanja sa zakonskim propisima*
  - *Potencijal za uštedu energije*

- Zašto je ovo važno?

- Sistematičan pristup delotvornom upravljanju energijom i uticajima na okruženje
- Pregled organizacijske šeme UEUO
- Akcijski plan programa upravljanja energijom i uticajima na okruženje
  - Odrediti raspored i aktivnosti
  - Razmotriti dnevni red uvodne radionice za svo osoblje
  - Nagrade i stimulacije
  - Ostalo
- Uloge i odgovornosti
- Potrebna podrška

Osnovna poruka osoblju koje je uključeno u programe obuke je ta da je namena da ih učini delotvornijim na njihovim poslovima i omogući izvršavanje njihovih dužnosti. Istovremeno, vremenom će se smanjiti operativni troškovi firme na koji će se način dugoročno osigurati radna mesta svih zaposlenih.

Podizanje svesti i motivacija svih zaposlenih

Najznačajniji problem u postizanju ***promena u individualnom stavu*** prema energiji i okruženju je promena duboko ukorenjenih navika i praksi. Kad pokušavamo promeniti ove stavove, cilj mora biti učiniti energetsku efikasnost i brigu za okruženje integralnim delom svakodnevne prakse firme na način da svi postanu svesni potrebe za poboljšanjem učinka na njihovom radnom mestu.

Stoga, naše iskustvo čvrsto preporučuje organizaciju radionica za podizanje svesti i motivisanje za **SVE** zaposlene firme na samom početku sprovođenja programa upravljanja energijom i uticajima na okruženje. Podizanje svesti i motivacija istražuju pitanja „šta" i „zašto" u programu upravljanja energijom. Primer uvodnog kursa za podizanje svesti i motivaciju za svo osoblje prikazan je u Okviru 5.

Okvir 5.: Podizanje svesti i motivacija – Uvod za sve zaposlene

Ciljevi:

- *Službeno uvesti i objaviti firminu energetsku politiku i politiku zaštite okruženja*
- *Stvoriti razumevanje i svest o mogućnostima poboljšanja energetskog učinka i zaštite okruženja*

Predloženo trajanje: *0.5 dana*

Popis radionica:

- *Objašnjenje firmine energetske politike i politike zaštite okruženja*
- *Uvod u upravljanje energijom i okruženjem*

- *Šta je energija?*
- *Gde su izvori uticaja na okruženje?*
- *Koje različite vrste energije se koriste u našoj firmi?*
- *Koje su vrste uticaja na okruženje u našoj firmi?*
- *Koliki su troškovi usklađivanja sa zakonskim propisima?*
- *Koliki su troškovi za energiju?*
- *Kakav je potencijal za uštedu energije i smanjenje uticaja na okruženje?*
- *Šta se može uštedeti?*
- *Zašto štedeti energiju i štititi okruženje?*
- *Zašto su naši napori važni?*
- *Ko je odgovoran?*
- *Kako se mogu postići uštede energije?*
- *Kako se mogu smanjiti uticaji na okruženje?*
- *Šao ja mogu učiniti?*

Struktura kursa, kako je prikazano u Okviru 5., trebalo bi da posluži samo kao primer. Trajanje može biti i kraće, a sadržaj se može pokriti i u više od jednog radnog sastanka. No, vrlo je važno prilagoditi kurseve stvarnim uslovima energetike i uticaja na okruženje na radnom mestu određene grupe zaposlenih koji polaze obuku, tako da ljudi mogu neposredno povezati teme kursa s problemima s kojima se susreću u svakodnevnom radu. Na taj način, oni će prepoznati mogućnosti za poboljšanja energetskog učinka i uticaja na okruženje na svojim radnim mestima.

* Brainstorming *(„oluja mozgova") u grupama o uštedi energije i aktivnostima poboljšanja zaštite okruženja te* ***potrebna pomoć*** *na samim radnim mestima grupa;*

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



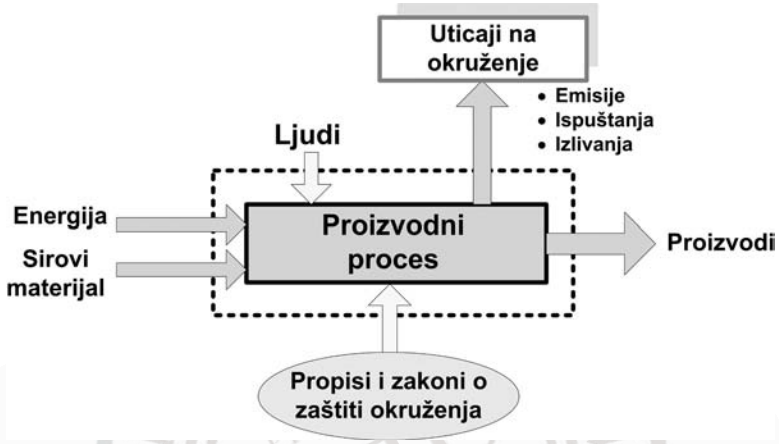
KONCEPT UPRAVLJANJA ENERGIJOM U INDUSTRIJI

Fabrike nisu izgrađene kako bi trošile energiju i zagađivale životnu sredinu nego da bi isporučivale proizvode i usluge. Energija je uvek potrebna za svaku operaciju u proizvodnom lancu. Zbog toga svoju pažnju usmeravamo na energetski učinak kroz ceo proizvodni lanac kao pokretača poboljšanja energetskog učinka i brige za životnom sredinom. Ako proizvodnja zahteva neke druge resurse, procesiranje ovih resursa i uticaji na životnu sredinu vezani uz njihovu upotrebu trebali bi biti povezani s obimom proizvodnje a učinak analiziran istom metodologijom koju primenjujemo kod analize energije.

Važno je naglasiti da su uticaji na životnu sredinu i zagađenje posledica upotrebe energije i obrade materijala. Kada se ne koristi energija ili materijali, nema uticaja na životnu sredinu. ***Ako se upotreba energije i materijala optimizuje, uticaji na životnu sredinu biće svedeni na najmanju moguću meru.*** Ono što još preostaje da se učini je izlazno tretiranje preostalih uticaja na životnu sredinu, budući će količine emisija, otpadnih voda i otpada biti smanjene na najmanju mogući meru kao posledica optimizovane upotrebe energije i materijala. Kad god se obrađuje neka sirovina, potrebna je energija, te stoga još jednom naglašavamo da je ***upravljanje energijom pokretač upravljanja uticajima na životnu sredinu.***

Proizvodni proces je kombinacija ljudi, opreme, sirovina, postupaka obrađivanja i ograničenja koje postavlja okruženje koji zajedničkim radom proizvode izlazne materijale. Proces je planirani niz aktivnosti kojima je potrebno neko vreme, prostor, stručnost i ulazni resursi, koji se pretvaraju u izlaznu vrednost veće vrednosti firmi od one koju su imali ulazni resursi. Stoga će svaki proces imati neke ulazne resurse – sirovine, energiju, radnu snagu, tehnologiju – i neke izlazne vrednosti tj. proizvode ili usluge. Proces je osnova svih pitanja uspešnosti a ljudi su ključne figure za postizanje dobre efikasnosti. Dinamika interakcija među svim ovim faktorima (slika 1.) odrediće energetski učinak i uticaje na okruženje promatranog procesa.

Proizvodni procesi su mesta na kojima se stvara dodatna vrednost. Obim proizvodnih izlaza određuje količinu energije i ostalih resursa koji su potrebni. Stoga, obim proizvodnje određuje tip i količine uticaja na okruženje. Tako je proizvodni proces mesto na kojem se ili postiže ili ne postiže dobar učinak. On je takođe izvor podataka koji se mogu koristiti kako bi se kvantifikovale interakcije između izlaznih vrednosti proizvodnje, potrošnje resursa, uticaja na okruolženje i rezultirajućeg energetskog učinka i uticaja na okruženje, koji su rezultat navedenog.



Slika 1.: Proizvodni proces – Osnova za razvoj sistema upravljanja energijom i okruženjem

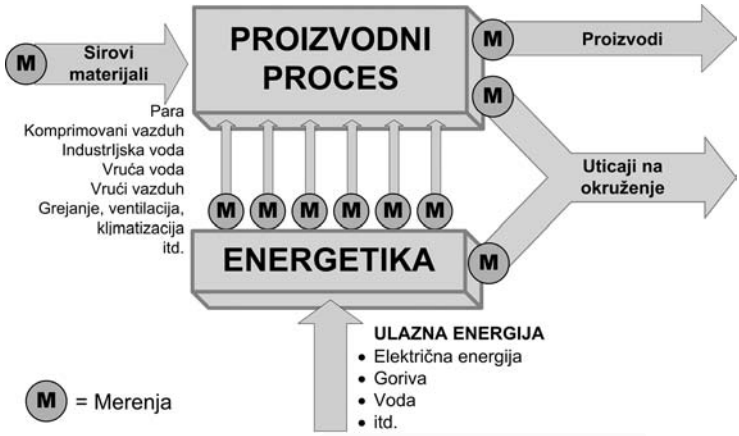
Razradićemo osnovne aspekte ovih interakcija kako bi omogućili bolje razumevanje potrebno za razvoj i uvođenje koncepta EEM.

Interakcije između energije i proizvodnje

Proizvodni procesi predstavljaju stranu potražnje u energetskom sistemu fabrike – stoga proizvodni procesi postavljaju zahteve za kvalitetom i kvantitetom energije. Energetski učinak i uticaji na okruženje moraju se vrednovati i poboljšati na dve strane:

> ***Proizvodnja*** *=> koliko efikasno se sirovina obrađuje do konačnog proizvoda, koliko efikasno se koristi energija kako bi se proizvela zadana količina proizvoda;*
>
> ***Energetika*** *=> koliko efikasno se ulazna energija pretvara u energente koji su potrebni za proizvodnju.*

Osnovna načela za optimizovanje energetskog učinka su kontinuirano praćenje energetskih tokova i povezivanje izmerene količine energije koja se koristi u procesu ili aktivnosti sa merenim izlaznim vrednostima procesa ili aktivnosti (slika 2.). Kao što smo već rekli, gde god i kad god se postignu poboljšanja energetskog učinka, istovremeno se poboljšava briga za okruženje (jer su uticaji manji).



Slika 2.: Osnovni odnos energije i proizvodnje

Suština upravljanja energijom i uticajima na okruženje je u ***redovnom merenju*** korišćene energije i ostalih resursa, njihovo povezivanje s proizvodnjom ili aktivnošću koja je potrošila tu količinu energije i resursa, izražavanje ovog odnosa u obliku ***pokazatelja učinka (PU)*** i poređenje PU s nekim standardom ili ciljnom efikasnošću.

Sledeći korak u razvijanju koncepta sistema upravljanja energijom i okruženjem je decentralizacija odgovornosti za energetski učinak i brigu za okruženje kroz proizvodni lanac i tokove energije te određivanje centara odgovornosti za troškove i energetski učinak i uticaje na okruženje. Budući da se troškovi za energiju mogu nedvosmisleno ustanoviti merenjem svake količine i vrste energije, centri odgovornosti koji su za iste odgovorni nazivaju se **energetski troškovni centri** (**ETC**) u kontekstu sistema.

Time se omogućuje dodela odgovornosti za efikasnost ETC-a odabranoj osobi ili timu ljudi. Dodeljivanje odgovornosti ljudima za konkretne rezultate je još jedna kritična tačka na putu ka uspehu.

Energetski troškovni centri

Moraju se ustanoviti važne fizičke komponente ili procesi i za energetske i za proizvodne sisteme koji imaju ulogu na stranama ponude i potražnje u operaciji proizvodnje. Obično se za tu svrhu koriste ***procesni dijagrami toka*** i ***jednopolni dijargami***.

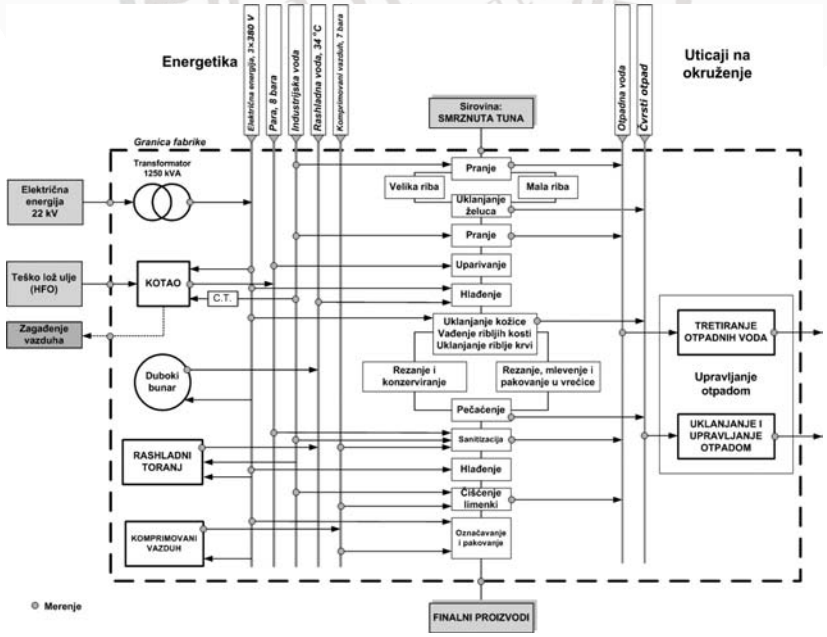
Jednopolni dijargami daju sliku celokupnog energeskog sistema postrojenja i pokazuju nominalne kapacitete, proizvodnju, distribuciju i potrošnju energije u oblicima specifičnim za trenutno stanje postrojenja. Pojednostavljeni jednopolni dijagram može se takođe nazvati i energetski dijagram toka.

Procesni dijagrami toka konsoliduju podatke iz trenutnih radnih procesa kako bi omogućili upravljanje proizvodnjom, beleže trenutne uslove rada i usmeravaju analizu logičnim smerom, počevši od ulaza sirovina, preko proizvodnih faza sve do konačnog pakovanja proizvoda. Takođe pokazuju redosled zadataka s povezanim ulaznim i izlaznim vrednostima, aktivnostima i mogućnostima za dodelu odgovornosti. Takvi dijagrami predstavljaju pojednostavljenu i strukturiranu vizuelnu sliku procesa koji stvaraju proizvodni lanac i prikazuju radni proces firme.

Na sledećoj slici dat je prikaz različitih tokova energije i materije, procesni dijagram toka primera postrojenja (fabrika konzervi tune) i njihovih povezanih operacija. Kada se dijagrami toka energije i procesa spoje, dobijamo važne informacije o tome gde, zašto i kakva vrsta energije se koristi. Ova šema može biti osnova za odluke o postavljanju energetskih troškovih centara.

Energetski troškovni centri (ETC) su poslovni segmenti (npr. odeljenja, pogoni, jedinice opreme (tehnološke linije) ili pojedinačne opreme) u kojima se aktivnosti ili obim proizvodnje mogu kvantifikovati i u kojima se troši značajna količina energije.

Ista šema (slika 3.) može se upotrebiti za identifikaciju izvora uticaja proizvodnih operacija na okruženje u područjima ili aktivnostima u kojima se koriste različiti resursi. Na primer, primer pokazan na slici 3. pokazuje energetske troškovne centre u kojima se stvaraju otpadne vode i čvrsti otpad kao i emisije u vazduh. Isprekidana crta prikazuje granicu fabrikee, tako da mesta na kojima strelice prelaze granicu pokazuju slučajeve neposrednih uticaja na spoljašnje okruženje.

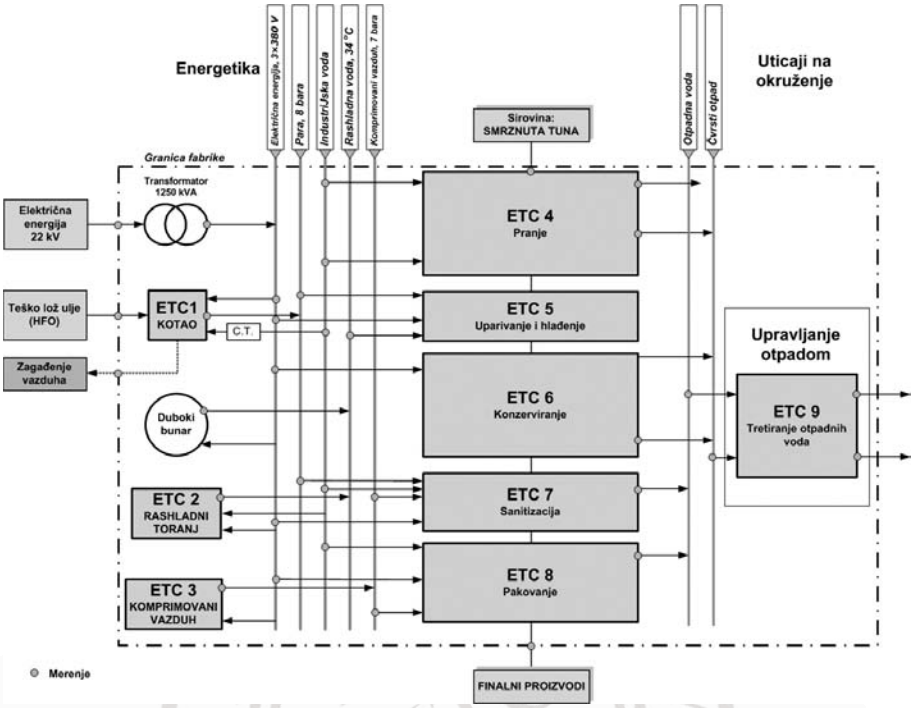


Slika 3.: Dijagrami toka procesa i energije u fabrici konzervi tune prikazuju ulazne vrednosti, izlazne vrednosti i interakcije s okruženjem

Nema čvrstih pravila o tome kako postaviti energetske troškovne centre. Energetski troškovni centar može biti bilo koje odeljenje, jedinica ili mašina koji koristi značajne količine energije ili stvara značajan uticaj na okruženje. U skladu sa neodređenosti reči „značajan“, ovaj postupak je sasvim proizvoljan. Međutim, postoji nekoliko kriterijuma koje treba uzeti u obzir kod određivanja energetskih troškovnih centara:

- Proces ili aktivnost koji zahteva energiju mora imati merljivu (po mogunosti jedinstvenu) izlaznu vrednost;
- Potrošnja energije i/ili uticaji na okruženje procesa mogu se neposredno meriti;
- Trošak merenja ne bi trebao iznositi više od 10-20% godišnjih troškova za usklađivanje energetike i okruženja vezanih uz određeni troškovni centar sa zakonskom regulativom;
- Odgovornost za energetski učinak i uticaje na okruženje u određenom području može se dodeliti osobi koja radi u tom području ili je za njega odgovorna;
- Može se izraziti standardizovani pokazatelj učinka;
- Mogu se ustanoviti realistični ciljevi poboljšanja učinka.

Vodeće načelo za postavljanje energetskih troškovnih centara je praćenje faza proizvodnih procesa kako je prikazano na procesnom dijagramu toka, te pokušati uspostaviti energetske troškovne centre na način da odgovaraju postojećim granicama kontrole količine proizvodnje. Na strani energetike, postavka je sasvim jednostavna – svaki energetski sistem može se posmatrati kao jedan energetski troškovni centar. Na primer, jedan energetski troškovni centar može biti kotlarnica, drugi kompresorska stanica a treći pogon za hlađenje. Slika 4. pokazuje stvarne energetske troškovne centre kako smo ih definisali u našem oglednom postrojenju. Vidljivo je da svaka faza proizvodnje ne predstavlja energetski troškovni centar što se može primetiti poređenjem slike 3. i slike 4.



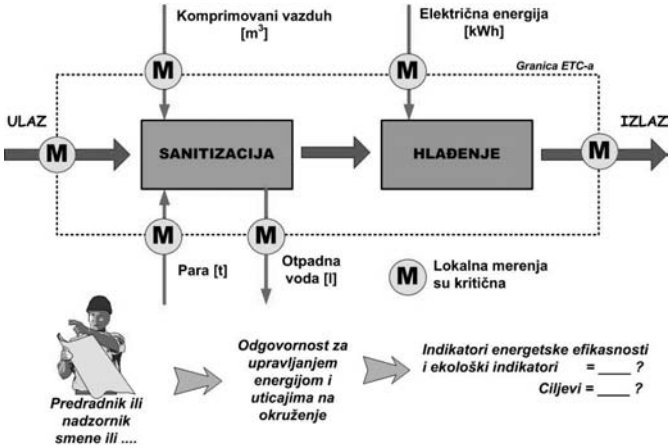
Slika 4.: Energetski troškovni centri u fabrici za proizvodnju konzervi tune

O uključivanju kancelarija, skladišta i sličnih prostora može se raspravljati. Premda ovi prostori možda nisu značajni potrošači energije ili značajan izvor uticaja na okruženje, radi doslednosti, i oni bi trebali biti identifikovani kao energetski troškovni centri a osobe koje tamo rade trebale bi biti odgovorne za pitanja energije i okruženja u ovim područjima, budući da se, kako smo prethodno objasnili, energetski učinak i uticaji na okruženje tiču svakoga u firmi.

Kao što slika 5. pokazuje, koncept energetskog troškovnog centra je okvir koji objedinjuje sve komponente sistema za upravljanje energijom i uticajima na okruženje:

- Ljudi;
- Merenje učinka;
- Pokazatelji učinka;
- Ciljni učinci.

Slika 5. naglašava značaj preciznog lokalnog merenja potrošnje energije i ispuštanja u okruženje na mestima na kojima se to može izvesti. Energetski učinak i uticaji na okruženje mogu se vrednovati samo na osnovu stvarnih podataka budući da je to jedini tačan odraz stvarnog učinka. Projektovane ili trenutne izmerene vrednosti potrošnje energije i uticaja na okruženje ne mogu biti osnova procene učinka.



Slika 5.: Zajednička svojstva koncepta energetskih troškovnih centara

Slika 5. takođe naglašava da mora postojati imenovana osoba povezana sa svakim energetskim troškovnim centrom zadužena za postizanje ***energetskog učinka*** i ***uticaja na okruženje*** tog energetskog centra u skladu sa zadatim ***ciljevima***.

Koncept energetskog troškovnog centra proširuje upravljačku odgovornost za energetski učinak i uticaje na okruženje za svaku funkcionalnu jedinicu ili poslovni segment. On se fokusira na mogućnosti poboljšanja energetskog učinka i brige za okruženje kroz bolju pogonsku praksu i praksu održavanja u određenim jedinicama.

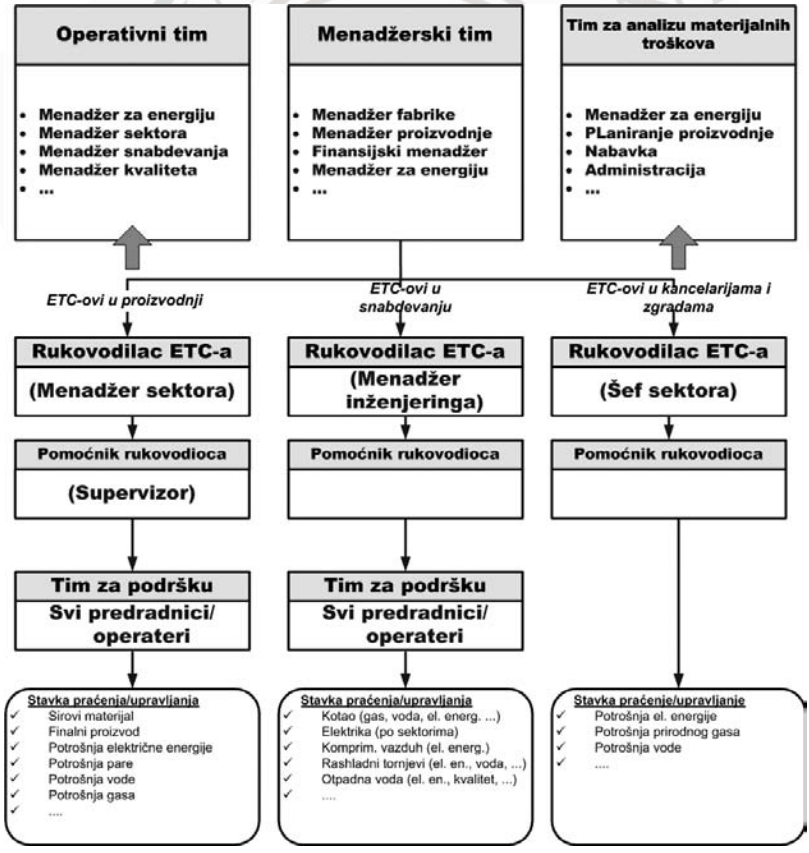
Dodela odgovornosti za energetski učinak i uticaje na okruženje

Za uspeh projekta upravljanja, od kritične je važnost ustanoviti lanac odgovornosti za energetski učinak i uticaje na okruženje, od radnih mesta u proizvodnji do višeg menadžmenta. Odgovornost za energetski učinak i uticaje na okruženje treba decentralizirati sve do nivoa energetskih troškovnih centara. Nije dovoljno dodeliti odgovornost za energetski učinak i uticaje na okruženje celog odeljenja rukovodiocu odeljenja proizvodnje. Direktni rukovodioci moraju imati odgovornost za efikasnost u vlastitom segmentu ili smeni ako ima više od jednog energetskog troškovnog centra u odeljenju ili više od jedne smene.

Kako bi naglasili važnost vođstva, najčešće one koji nose tu odgovornost smatramo vođama energetskih troškovnih centara. Oni će najčešće imati mali tim koji se sastoji od lokalnih članova tima dodeljenih u obliku operativnog tima energetskog troškovnog centra, odgovornih za sprovođenje korektivnih akcija. Ovaj tim imaće glavnu odgovornost za poboljšanje energetskog učinka i uticaja na okruženje na tački trošenja energije u njihovim zonama odgovornosti. Stoga, vođe energetskih troškovnih centara bi trebalo da prođu obuku ili konsultacije kako bi razvili ili nadgradili svoje veštine i bili u stanju da izvršavaju svoje dužnost u okviru sistema upravljanja energijom i uticajima na okruženje.

Postojeća organizacijska šema mora se poštovati kod dodele odgovornosti (slika 6.). Odgovornost za energetski učinak i uticaje na okruženje treba da bude dodeljeno ljudima koji rade na tačkama trošenja resursa. To znači da je energetski učinak i uticaj na okruženje na nivou proizvodnje odgovornost proizvodnog osoblja a ne osoblja zaduženog za energetiku ili kvalitet.

Slika 6. pokazuje da je svatko u firmi uključen u određenoj meri u upravljanje energijom i uticajima na okruženje. Menadžerski tim će pregledati izveštaje o energetskom učinku i uticajima na okruženje te akcijske planove za svaki mesec. Vođe energetskih troškovnih centara će imati sedmične sastanke sa svojim timovima za poboljšanje učinka (nadzornici, neposredni rukovodioci, operateri) a timovi za poboljšanje učinka će takođe imati i dnevnu odgovornost za nadgledanje, vrednovanje i poboljšanje energetskog učinka i smanjenja uticaja na okruženje. Za ovaj konkretan slučaj, stavke nadzora i upravljanja prikazane su na dnu slike 6. One će se naravno razlikovati od fabrike do fabrike. Organizacijska struktura bi se takođe mogla razlikovati od primera na slici 6. no što je manje promena u postojećoj organizaciji potrebno, to će sistem za upravljanje energijom i uticajima brže i lakše početi da deluje.



Slika 6. Organizaciona šema upravljanja energijom i uticajima na okruženje

Sistem merenja učinka

Poboljšanje učinka počinje s merenjima koja za cilj imaju kvantifikovanje prošle radnje kako bi se otkrio sadašnji učinak. Tek nakon što se učinak kvantifikuje, može započeti smislena rasprava o potencijalnim poboljšanjima. Osnovno načelo UEUO-a je to da se upotreba energije i ostalih resursa mora meriti redovno na tačkama trošenja i u povezanosti s aktivnostima koje troše energiju ili resurs. To je temelj za nadzor i poboljšanje energetskog učinka i uticaja na okruženje. Menadžeri energije i zaštite okruženja treba alat kojim mogu utvrditi da li su postignuti specifični ciljevi poboljšanja energetskog zaštite okruženja. Taj alat, postavljen saglasno specifičnim procesima ili njihovim delovima, pruža takav mehanizam i upozorava menadžere na probleme koji se javljaju na način da se mere, prikupljaju, obrađuju i strukturiraju podaci o učinku svih ključnih aktivnosti koje utiču na profit firme.

Stoga u UEUO treba inkorporirati ***sistem merenja učinka*** koji će pružiti ***direktnu*** i ***pravovremenu*** informaciju o ***stvarnoj*** potrošnji resursa na ***tački potrošnje,***, tako se mogu učiniti potrebna prilagođenja kako bi se postigao optimizovani ***energetski učinak i uticaji na okruženje***.

Mnoge firme proizvode velike količine podataka koji nemaju svrhu budući da nisu ili se ne mogu pretvoriti u korisne informacije. Podaci ili informacije su korisni samo ukoliko ih ljudi mogu povezati s učinkom procesa za koji su odgovorni te ako znaju kako njihovo delovanje može uticati na učinak. Delotvoran sistem merenja učinka počinje s definisanjem ***relevantnih*** podataka, koji bi u našem slučaju bili:

- Ulazne sirovine,
- Izlazna proizvodnja,
- Međuzalihe unutar procesa,
- Sati rada,
- Procesni parametri (pritisak, temperatura...),

Sve vrste potrošnje energije (električna energija [kWh], gorivo [litre, tone, m3], voda [m3], para [tone], komprimovani vazduh [litre ili m3]).

Ovo se zatim dopunjava definisanjem kako se podaci:

- Mere
- Beleže
- Potvrđuju
- Organizuju
- Katalogizuju
- Čuvaju
- Čine dostupnim i kako se
- Distribuiraju, budući da sve dok podaci nisu distribuirani korisniku, oni imaju

samo potencijalnu vrednost.

Sistem za merenje učinka potreban je kako bi se kvantifikovala efikasnost i učinak prošlih radnji kako bi se odredio sadašnji učinak. Kada ljudi znaju da se učinak meri, to će uticati na njihovo ponašanje i ohrabriti primenu firminih načela energetske efikasnosti i zaštite okruženja. Stoga sistem za merenje efikasnosti treba uključiti u informatičku infrastrukturu koja ga podržava te pružiti okvir za:

- Analizu podataka,
- Njihovu interpretaciju,
- Stvaranje znanja,
- Učenje,
- Komuniciranje rezultata i savladanih lekcija.

Merenje učinka pružiće sredstva za praćenje pozicije i održavanje discipline i nadzora nad potrošnjom energije te aktivnosti i procesa koji utiču na okruženje. ***Poboljšanje učinka počinje s merenjima.*** Tek nakon što se učinak kvantifikuje može početi smislena rasprava o poboljšanjima.

Sistem za merenje efikasnosti sastoji se od:

- Mera uspešnosti (metrike)
- Postupaka za obradu podataka,
- Podrške infrastrukturi i
- Ljudi koji koriste i obrađuju podatke.

Mere uspešnosti

Mere uspešnosti moraju biti jednostavne i razumljive zaposlenima. Zaposleni moraju biti u stanju da utiču na mere uspešnosti svojim radom i razumeju kako će se njihov rad odraziti u merama uspešnosti. Mere uspešnosti se definišu na osnovu kategorije učinka koja se nadzire. Glavni je cilj UEUO u proizvodnom procesu poboljšanje efikasnosti upotrebe energije i zaštite okruženja u povezanosti s izlaznim vrednostima proizvodnje. Kod komunalnih usluga, cilj je poboljšati efikasnosti konverzije energije iz jednog u drugi oblik uz minimalan uticaj na okruženje. Međutim, različite kategorije učinka mogu se uključiti u isti sistem merenja učinka:

- Energija	*Poboljšanje efikasnosti proizvodnje i efikasnosti upotrebe;*
- Okruženje	*Smanjenje uticaja na okruženje*
- Materijalna produktivnost	*Smanjenje količine ulaznog materijala za traženu količinu izlaznih proizvoda i otpada,*
- Kvalitet	*Smanjenje otpada i popravnih radova*

Za svaku kategoriju efikasnosti, moraju se pokazatelji učinka definisati i utvrditi izvori podataka koji se mere.

Izvori podataka koji se mere

Pouzdanost podataka i njihova relevantnost su od najviše važnosti za nadziranje učinka. Neki će podaci dolaziti iz dnevnih pogonskih zapisnika, neki iz ručnih čitača a većina ostalih iz daljinskih čitača i automatskog beleženja. Međutim, konačni izvori podataka su u okviru proizvodnog procesa za koji se nadzire učinak.

Jedan izvor podataka može se koristiti za potrebe informacija o višestrukim ciljevima učinka. Za svrhu efikasnosti i ekonomike a kako bi se izbegla preklapanja i zabune, važno je na samom početku koncipiranja sistema merenja učinka (SMU) predvideti različite potencijalne korisnike podataka iz jedinstvenog izvora.

Postupci rukovanja podacima

Moraju se specificirati postupci rukovanja podacima kako bi se osigurala ***adekvatnost podataka***. U tom smislu, ***protokol za rukovanje podacima,*** prikazan u obliku primera u Okviru 1. može se pokazati korisnim. Osim pouzdanosti i relevantnosti, takođe je važna ***tačnost*** podataka. ***Postupak za verifikaciju podataka*** potrebno je uspostaviti kako bi osigurali tačnost zabeleženih vrednosti.

Verifikacija podataka

Dobro načelo provere podataka je dozvoliti mogućnost sumnje. Zapitajte se „može li ova vrednost stvarno biti tačna?" Ako sumnjate, onda se može izvršiti jednostavan postupak verifikacije na sledeći način:

1. ***Provera tačnosti očitavanja i beleženja:***

   Električna energija – uveriti se da su očitanja brojila pomnožena adekvatnim faktorom s obzirom na odnos strujnog transformatora

   Za električna brojila i vodomere, stvarna potrošnja je razlika između trenutnog očitavanja i prethodnog,

   Osigurati da se sva očitavanja rade u istim vremenskim intervalima,

   Ako se očitavanja rade u istim vremenskim intervalima, ona obično moraju imati isti broj cifara,

   Kod sabiranja i izražavanja mesečnih vrednosti, treba osigurati da su sva dnevna čitanja uključena u zbir.

2. ***Provera konzistentnosti:***

   Osigurajte da se iste vrednosti primenjuju za sve pokazatelje učinka (PU) koji ih koriste. Na primer, mesečna količina sirovina koje se obrađuju može se koristiti za više od jednog PU, ali ta ista vrednost mora biti ulazni podatak za sve ove pokazatelje učinka.

3. ***Provera jedinica:***

   Osigurajte da je iznos koji se unosi u evidenciju podataka iste jedinice kao i onaj prikazan na vrhu odgovarajuće kolone. Na primer, ako je jedinica na evidenciji podataka *tona/mesec,* ne unosite količinu u *kg* ili obrnuto.

4. ***Unakrsna provera:***

   Uporedite podatke. Na primer, odnos goriva i pare je prilično konstantan, pa ako postoji znatna promena u podacima goriva, treba proveriti da li su se vrednosti podataka o pari promenile na sličan način.

   Proveriti da li iznosi korišćenih sirovina odgovaraju proizvedenom krajnjem proizvodu.

   Uporediti brojke o potrošnji električne energije sa računa distribucije sa merenjima kWh unutar firme, sa brojila.

5. Provera verovatnoće (raspona):

   Svaka vrednost koja se vremenski prati pojavljuje se unutar određenog raspona vrednosti. Ako je nova zabeležena vrednost neočekivano visoka ili niska (izvan očekivanog raspona), to ukazuje na grešku.

S vremena na vreme (npr. polugodišnji intervali), sprovesti nezavisnu proveru celokupnog postupka upravljanja podacima.

Okvir 1. - Primer protokola za upravljanje podacima

PROTOKOL ZA UPRAVLJANJE PODACIMA

1. DNevno praćenje podataka

	Proizvodnja	*Potrošnja energije*	*Uticaj na okruženje*
Odgovorna osoba: (ručno i/ili automatski)			
Vreme zapisivanja:			
Izvor(i) podataka: (dNevni zapisnik ili broj instrumenta)			
Podaci poslati osobi za verifikaciju:			
Vreme slanja na verifikaciju:			

2. Verifikacija podataka

	Proizvodnja	*Potrošnja energije*	*Uticaj na okruženje*
Odgovorna osoba:			
Poslato natrag rukovodiocu ETC-a (vreme):			

3. Tumačenje podataka - komentari i preporuke

Odgovorna osoba (obično rukovodilac ETC-a): _____

Vreme: _____

4. Izveštavanje o energetskoj i ekološkoj efikasnosti

Odgovorna osoba (obično rukovodilac ETC-a): _____

Vremenski interval: _____

Poslati izveštaj (Obično menadžerskom timu): _____

5. Povratna informacija od menadžerskog tima

Poslati natrag sa komentarima, pitanjima ili odobrenjem:

Ko: _____

U kom vremenskom periodu: _____

Frekvencija merenja

Preterano često zapisivanje podataka može preopteretiti operatore zahtevima za analizu. Optimalna očitavanja mernih instrumenata u slučaju rada u 3 smene su na početku svake smene. Ova rutina omogućuje nepristranu proveru energetskog učinka i uticaja na okruženje za svaku smenu nezavisno.

Ako firma radi u jednoj ili dve smene dnevno, takođe je moguće vršiti očitavanja mernih instrumenata dva puta dnevno, na primer:

- na početku prve smene (npr. u 7:00) i
- na kraju prve ili druge smene (npr. u 22:00).

Dodatna vrednost takvih očitavanja mernih instrumenata (OMI) je da firme mogu dobiti pregled nad korišćenjem energije tokom radnih i neradnih sati (pod pretpostavkom dvosmenskog rada). Na primer, potrošnja energije tokom radnih sati (E_w) može se izraziti kao:

$$E_w = \{\text{OMI u 23:00 dan 1 - OMI u 7:00 dan 2}\}$$

dok se energija tokom neradnih sati (*Enw*) može izraziti kao:

$$E_{nw} = \{\text{ OMI u 7:00 dan 2 - OMI u 23:00 dan 1 }\}$$

E_{nw} se može pratiti odvojeno kako bi se moglo proveriti šta se događa tokom noći kada bi trebalo da rade samo osnovni pogoni.

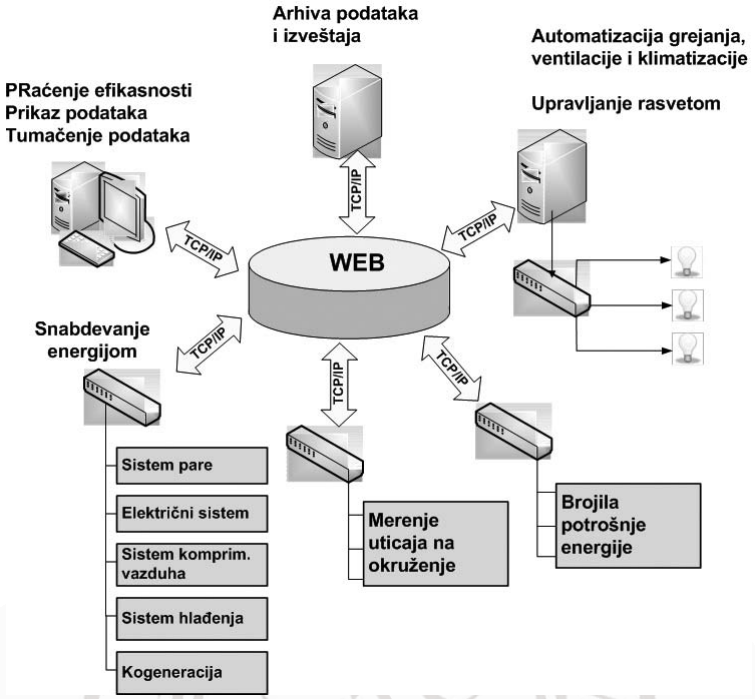
Sva očitavanja instrumenata moraju se odvijati istovremeno kako bi osigurali da korišćena energija odgovara količini proizvedenih proizvoda.

Infrastruktura za podršku

Kičma sistema merenja učinka su merni instrumenti i prikupljanje podataka, kao i procedure verifikacije i zapisivanja. Većina firmi/fabrika već ima definisane procedure za prikupljanje podataka iz proizvodnje i njihovo zapisivanje, što se takođe može koristiti za UEUO. Međutim, svi podaci o energiji i potrošnji drugih resursa na nivou ETC-a nisu nužno odmah dostupni. Jednom kada se definišu pokazatelji učinka, postaje jasno šta i gde treba da se meri. Obično će fabrika morati da postavi nešto dodatnih instrumenata pored postojećih kako bi sistem merenja učinka bio celovit.

Obim investicija za nove instrumente variraće od fabrike do fabrike zavisno od opsežnosti i sofisticiranosti postojećeg mernog sistema. Ako prikupljanje podataka treba da se obavlja s udaljene lokacije, kada se izbegava i ručno obavljanje očitavanja, potrebne investicije će se takođe povećati. S druge strane, udaljeno/daljinsko merenje i prikupljanje podataka će smanjiti potrebne ljudske resurse za ručno zapisivanje podataka i upravljanje njima a potencijal ljudske greške će se smanjiti.

Danas, kad su lokalne mreže (engl. *local area network*, LAN) stvarnost u većini fabrika a ***servisi bazirani na webu*** dodatno smanjuju trošak udaljenog upravljanja podacima, automatsko prikupljanje podataka će dokazati svoju vrednost a povećana investicija u većini firmi, isključujući samo one najmanje, biće opravdana. Primer sistema baziranog na webu dat je na slici 7.



Slika 7 Primer UEUO-a baziranog na webu

Konačno, bez obzira na lokaciju sistema za prikupljanje podataka, objasnićemo kritične faktore koji osiguravaju da su podaci adekvatni, pouzdani i tačni.

Pokazatelj sirovinskog učinka (PSU)

Pokazatelj/indikator učinka kvantifikuje informacije o trendu ili fenomenu na način koji popularišе razumevanje problema u učinku poslovne jedinice ili operatora i donosioca odluka.

Najjednostavniji način praćenja pokazatelja sirovinskog učinka je kroz pokazatelj sirovinskog učinka koji je već definisan kao odnos ulaza i izlaza u određenom vremenu (slika 8.).

$$PSU = \frac{\text{Količina proizvoda}}{\text{Količina sirovina}} \quad (1)$$

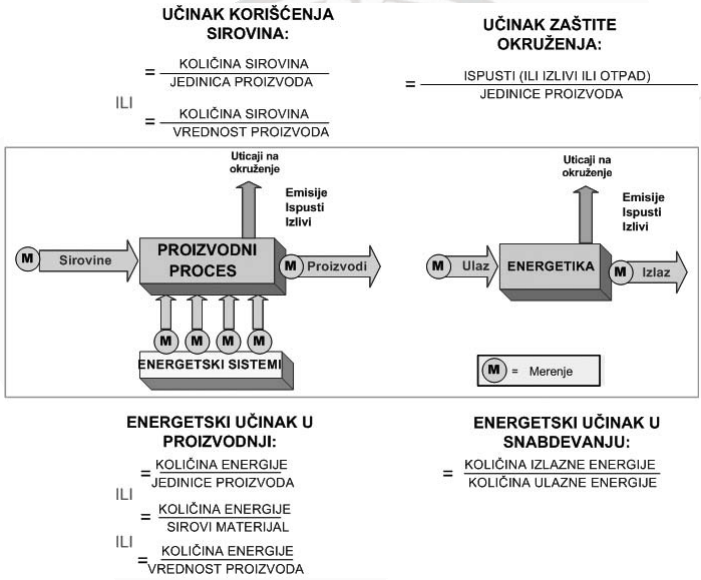
PSU se može dalje razložiti kako bi se razlikovale pojedine sirovine, uključujući aditive tamo gde postoje, koji su potrebni za proizvodnju određene količine proizvoda:

$$PSU_i = \frac{\text{Količina proizvoda}}{\text{Količina sirovina (aditiv)}} \quad (2)$$

gde indeks 'i' označava različite sirovine ili aditive korišćene u proizvodnji.

Pokazatelj energetskog učinka (PEU)

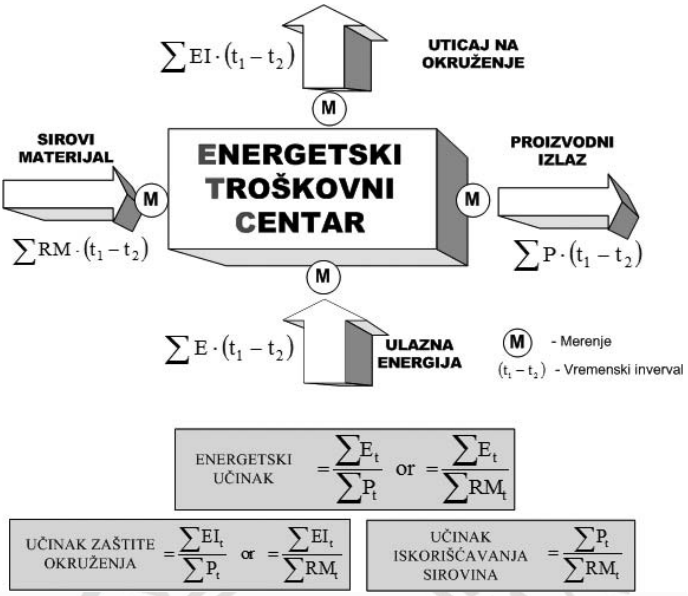
Pokazatelji učinka za ETC-ove u proizvodnji treba da se izraze kao odnos merene energije i količine resursa ili odgovarajućeg proizvodnog izlaza kroz definisani period vremena (slika 8.). Pokazatelji učinka moraju se definisati za svaki energetski troškovni centar (ETC). Mogu se definisati kao odnos energije i proizvodnje na izlazu, ili u odnosu na ulazne sirovine, ili čak vezati za novčanu vrednost proizvoda. To će zavisiti od tipa proizvoda i metodi regulisanja količine proizvodnje i može varirati od jednog do drugog ETC-a čak i unutar iste fabrike.



Slika 8.: Koncept pokazatelja učinka u proizvodnji i energetici

Pokazatelji učinka na strani energetike definišu se na poznati tehnički način odnosa izlaza i ulaza, čime se u osnovi izražava efikasnost energetskih transformacija iz jednog oblika u drugi.

Za svaki tip energije koji se koristi u ETC-u treba da se definiše odvojeni PU. Neki tipovi energije koji se češće koriste prikazani su na slici 2. Ako je korišćenje bilo kog tipa energije znatno, merenja treba obavljati direktno. „Značaj" se može utvrditi na bazi grubih ekonomskih kriterijuma da cena postavljanja mernog sistema treba da bude oko 10-20% godišnje cene razmatranog tipa energije.



Slika 9.: Mogućnosti za definisanje PU u odnosu na pojedine ETC-ove

Kada se pokazatelji učinka definišu i mere kako je prikazano na slici 9., pružaju osnovu za stvaranje dodatnih korisnih informacija:

- proračun bilansa energije i mase na nivou ETC-a;
- praćenje otpadnih sirovina, otpada i popravnih radova
- praćenje kvaliteta na nivou ETC-ova
- proračun svih direktnih troškova (ukoliko se mere) vezanih za posmatrane ETC-ove;
- praćenje produktivnosti zaposlenih u određenom ETC-u, čak i po smenama.

Međutim, ove analize će pružiti korisne rezultate samo ako su ulazni podaci adekvatni, pouzdani i relevantni.

Adekvatnost podataka

Čak i ako su tačni, mereni podaci mogu dovesti do pogrešnih zaključaka ako se previde neki drugi aspekti merenja učinka. Vrlo važan aspekt je vremenski interval tokom kog se mere energija i proizvodnja. Ovaj interval može se definisati kao smena, dan ili radna serija sa tačnim početkom i krajem. To je važno kako bi se osiguralo ***vremensko slaganje*** očitavanja i zapisa količina energije i proizvodnje. To znači da očitavanja količina energije i proizvodnje moraju biti sinhronizovana na početku i na kraju definisanog vremenskog intervala.

U osnovi, PU-ovi su odnosi merenih ulaznih resursa u proces, mašinu ili aktivnost i odgovarajućeg merenog izlaza iz procesa, mašine ili aktivnosti. Ove količine moraju da odgovaraju po vremenu i vrednostima. Samo ako su ovi uslovi ispunjeni, podaci se mogu kvalifikovati kao adekvatna baza za izražavanje pokazatelja učinka. Ove uslove zajednički nazivamo zahtevima za ***adekvatnost podataka***. Adekvatnost podataka ima dve komponente:

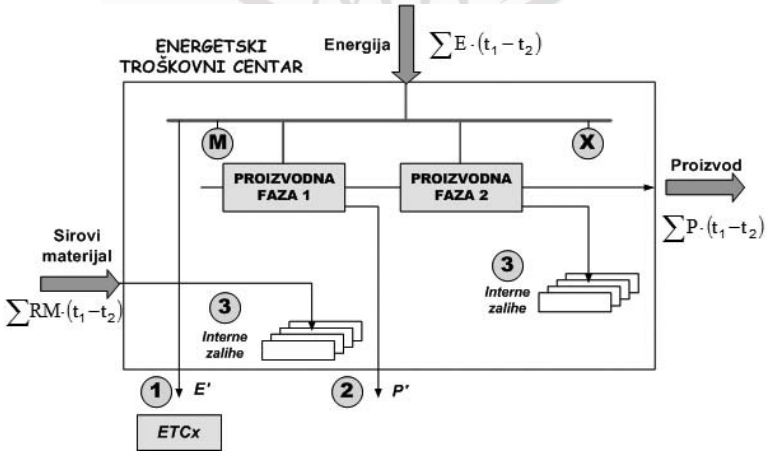
- Vremensko slaganje; i
- Vrednosno slaganja.

Vremensko slaganja znači da su količine merene u istom periodu vremena. ***Vrednosno slaganje*** znači da se merena količina energije koristi tačno i isključivo kako bi se proizvela merena količina izlaznih proizvoda tokom definisanog vremena. U suprotnom, pokazatelj učinka neće imati mnogo smisla.

Kritično je da merene količine proizvodnje i energije moraju pravilno odgovarati stvarnoj potrošnji/proizvodnji po pojedinim ETC-ovima zbirno na definisanom vremenskom intervalu. Samo kada se ovaj kriterijum dvostruko proveri i potvrdi, može početi procena učinka.

Ovo možda zvuči jednostavno i samorazumljivo ali je od kritične važnosti za suvisli sistem merenja učinka u kojem izvor podatka stvarno predstavlja zamišljeni pokazatelj učinka. Ako mereni podatak ne odražava stvarnu količinu energije ili proizvodnje vezanu za pojedini ETC, tj. ako ne postoji vrednosno slaganje, svaka daljnja analiza baziraće se na pogrešnim ulaznim podacima. Slika 10. prikazuje 3 najčešća potencijalna problema sa vrednosnim slaganjem, npr. izvor podataka i kontekst:

- Merena količina energije uključuje nešto potrošnje iz drugog ETC-a;
- Merena količina proizvodnje ne predstavlja stvarnu proizvodnju jer se deo uklanja u međufazi proizvodnje;
- Unutrašnje zalihe – ako se meri samo ulaz materijala ili izlaz proizvoda, postojanje potencijalnih unutrašnjih zaliha ne može se otkriti.



Slika 10.: Potencijalni problemi sa vrednosnim slaganjem merenih podataka

Ako su ispunjeni uslovi adekvatnosti podataka, PU će biti suvisla podloga za evaluaciju učinka.

Ciljani učinak

Jednom kada se pokazatelj definiše i meri, mora se interpretirati u odnosu na referentne vrednosti ili standard kako bi se utvrdilo da li je učinak zadovoljavajući ili ne. Stoga, za svaki PU se mora postaviti cilj i dodeliti menadžerska odgovornost za postizanje zadatog cilja. ***Ciljevi*** moraju biti zadati s pozicije ***znanja*** o reprezentativnim pogonskim uslovima, na koje može uticati jedan ili više od sledećih faktora:

- Trenutni i osnovni volumen proizvodnje
- Nazivni proizvodni kapacitet (kapacitet postrojenja) – moguća proizvodnja tokom dana, meseca ili godine definisana kao broj standardnih smena tokom dana, sati u smeni, radnih dana po godini pomnoženih s brojem proizvoda ili volumenom proizvodnje (komada, tona, litara, kilograma,…)
- Iskorišćenje kapaciteta – stvarna proizvodnja podeljena s nazivnim proizvodnim kapacitetom
- Proizvodni program

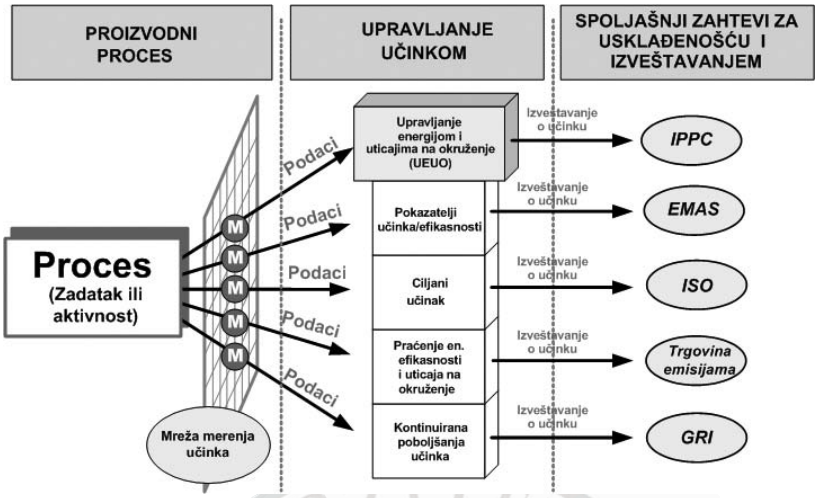
Ako se bilo koji od ovih faktora znatno menja tokom vremena, ciljeve treba redefinisati kako bi se to odrazilo na nove okolnosti. Svaki PU treba da uključi pogonsku definiciju koja propisuje smisao PU-a i pojašnjava ulogu PU-a u postizanju ciljanog učinka.

Pokazatelj uticaja na okruženje (PUO)

Proces odabira PUO počinje preciznim razumevanjem problema u okruženjeu i ciljeva koji se želi postići. Zašto želimo da merimo uticaj na okruženje? Odgovor je kombinacija ili sve od navedenog:

- Osigurati usklađenost sa svim relevantnim zakonodavnim i specifičnim zahtevima prema kojima je firma objavila javnu nameru ispunjavanja;
- Poboljšanje učinka i smanjivanje troškova usklađenosti;
- Bolje razumevanje rizika uticaja na okruženje i minimiziranje budućih troškova;
- Komuniciranje i izveštavanje učesnika o brizi za okruženje;
- Obvezno izveštavanje prema državnim ustanovama
- Pridržavanje principa kontinuiranog poboljšanja;
- Postizanje i održavanje certifikacije u skladu sa standardima upravljanja uticajima na okruženje.

U uvodu smo opisali neke od najčešćih dobrovoljnih i obaveznih programa upravljanja uticajima na okruženje, koji su ponovo sažeti na slici 11. Neki od zahteva koje ovi prorgami postavljaju su obavezni, drugi su dobrovoljni, ali u srži svih je, ponovo, proizvodni proces gde se troši energija i obrađuju sirovine. Proizvodni proces je mesto gde se relevantni podaci mere, a merene vrednosti će formirati pokazetelje učinka, kojima se može pratiti napredak prema zadatim ciljanim učincima.



Slika 11.: Odnos između merenja učinka, upravljanja učinkom i spoljašnjih zahteva za zaštitom okruženja

Odabrani ciljevi zaštite okruženja definisaće pokazatelje koje treba pratiti, čime će se potom identifikovati parametri koje je potrebno meriti ili izračunavati kao dodatak onima koji su već pokriveni merenjima pokazatelja energetskog učinka (tabela 1.). Tabela 1. se odnosi na naš primer fabrike za konzerviranje tune. Kolona 1 sadrži tip resursa koji treba meriti, kolona 2 ukazuje na to u kojim ETC-ovima treba obaviti merenja, dok kolona 3 prikazuje fizičke jedinice u kojima se merenja izražavaju. Kod definisanja pokazatelja učinka za dati cilj, treba paziti da se ne dupliraju potrebna merenja. Ako su potrebni izvori podataka pokriveni merenjima (na primer, potrošnja vode), merene vrednosti treba jednostavno kopirati za potrebe praćenja drugih pokazatelja nakon što je vrednost jednom izmerena.

Tabela 1.: Merenja pokazatelja energetskog učinka

Resurs	Zahtevi za energetski učinak i učinak korišćenja sirovina relevantni za ETC br#... i izvor podataka	Merne jedinice
Sirovine	ETC4, ETC5, ETC6, ETC7, ETC8	Masa
Teško lož ulje	ETC 1	Litra
Električna energija	ETC1, ETC2, ETC3, ETC5, ETC6, ETC7, ETC8	kWh
Para	ETC5, ETC7	Ton, MJ
Industrijska voda	ETC1, ETC2, ETC4,ETC8	m^3
Rashladna voda	ETC5, ETC8	t, m^3
Komprimovani vazduh	ETC7, ETC8	m^3

Najčešće, pokazatelji učinaka na okruženje koji zahtevaju dodatna merenja su među sledećima:

- Emisije u vazduh (kvantitet i kvalitet)
- GHG emisije (kvantitet i kvalitet)
- Izlivi i ispusti u kanalizaciju i vodovod (kvantitet i kvalitet)
- Čvrsti otpad poslat na odlagalište (kvantitet i kvalitet)
- Količina korišćene ili reciklirane ambalaže.

Ciljana publika za izveštavanje o uticajima na okruženje može stvoriti potrebe za daljnjim merenjima pokazatelja uticaja na okruženje. Ta publika mogu biti:

- Menadžment i zaposleni,
- Klijenti
- Javnost, nevladine i volonterske organizacije
- Regulatorne agencije
- Investitori, finansijske institucije, osiguravajuća društva,

i zavisno od njih može biti potrebno da se mere ili kvantifikuju neki drugi parametri. Važno je primetiti da merenja uticaja na okruženje mogu biti posebno skupa u nekim slučajevima. Stoga, mogu se koristiti altnernativni način kvantifikovanja pojedinih uticaja na okruženje, poput:

- proračuna masenog bilansa, ili
- informacije o isporučenim tvarima i spojevima prema informacijama proizvođača.

U svakom slučaju, bitno je osigurati da su podaci celoviti, tj. da je sve uračunato. Pokazatelji uticaja na okruženje (PUO) treba da se izraze kao odnos mase emisija, ispusta i otpada u odnosu na masu potrošenih resursa:

$$PUO = \frac{m\ [kg, emitovano]}{m\ [kg, proizvedeno]}$$

Može se koristiti i drugo gledište, zavisno od cilja praćenja, poput odnosa ispusta (OI), koji se definiše na sledeći način:

$$OI = \frac{[mg]}{m^3} \text{ ili } \frac{[mg]}{[ml]} \text{ ili ...}$$

Nastavićemo da istražujemo zahteve o usklađenošću sa pravilima zaštite okruženja prema individualnim programima koji su prikazani na slici 11.

Integrisano sprečavanje i nadzor zagađivanja

IPPC (engl. *Integrated Pollution Prevention Control*, IPPC) direktiva i slična regulativa određuje uslove dobijanja ekološke dozvole za industrijsko postrojenje, uključujući granične vrednosti emisija (GVE) i zahtev za izveštavanje o usklađenosti. Cilj je osigurati usklađenost s određenim standardima zaštite okruženja.

Tabela 2. sastavljena je od već određenih pokazatelja učinka i njima pridruženih merenja kako bi se ispunili zahtevi o upravljanju energijom i sirovinama prema sažetku u tabeli 1. i kako bi se odredili dodatni zahtevi za riboprerađivačku industriju kako bi ona bila u skladu s IPPC regulativom. Tabela 2. takođe pokazuje važnost ovih elemenata za naš primer fabrike konzervirane tune. Kolona 1 sadrži tipove korišćenih resursa ili emisija i ispusta koji se pojavljuju, kolona 2 opisuje odgovarajuće IPPC zahteve, kolona 3 ukazuje na relevantnost zahteva na pojedini ETC našeg primera, dok kolona 4 pokazuje koja merenja su nužna za usklađenost s IPPC Direktivom, uz ona koja su već postavljena za potrebe sistema merenja energetskog učinka.

Kao što se može videti, merenja energije, energetike i korišćenja vode već su postavljena a dodatna merenja odnose se na količinu i kvalitet emisija u vazduh, tekućih ispusta i odlaganja čvrstog otpada.

Tabela 2.: Dodatna merenja pokazatelja uticaja na okruženje za usklađenost s IPPC Direktivom

Resurs	Relevantni IPPC zahtevi			Relevantni ETC...	Dodatna merenja za usklađenost s IPPC-om pored već postavljenih merenja za praćenje energetskog učinka
Vazdušne emisije	UKUPNE EMISIJE = emisije na kraju cevi (normalni pogon) + difuzne i pobegle emisije (normalni pogon) + iznimne emisije			ETC1	Miris, Prašina, Organske tvari , CO2 , NO2 , SO2 , NH3
Korišćenje vode	**Riboprerada**	**Voda (m^3/t sirove ribe)**	**PHK (kg/t sirove ribe)**	ETC1, ETC2, ETC4, ETC5, ETC7, ETC8	PHK
	Sveža riba	4,8	5 – 36		
	Topljenje	9,8			
	Obrada škampa	23-32	100 – 130		
Otpadna voda	**Parametar**	Prosek (kg/m^3)	Raspon (kg/ m3)	ETC4 ETC7 ETC8	- Količina (m3/h), u tački ispusta u okruženje - Sastav – topivi organski materijal (PBK/PHK), ukupne nerazgradive čvrste tvari, nitriti, nitrati, amonijak, fosfati, otopljene čvrste tvari. - Frekvencija merenja: 24h ili manje, zavisno od slučaja.
	PBK [4]	10000	5000-20000		
	Masti	12000	2500-16000		
	Suva tvar	20000	5000-28000		
	Proteini	6000			
Čvrsti otpad	**Čvrsti otpad**		**% Čvrstog otpada u težini**	ETC4 ETC6	Masa čvrstog otpada (kg) Tip čvrstog otpada
	Odbačena riba		3		
	Glave, ostaci, repovi		20-40		
	Ljuske, koža, kosti		15-20		
	Otpaci		5		
Energetski resursi	Korišćena energija po jedinici proizvodnje ili po jedinici sirovog materijala			Svi ETCovi	NE
Energetika i usluge	Korišćenje vode, komprimovanog vazduha ili pare po jedinici proizvodnje ili po jedinici sirovog materijala			Svi ETCovi	NE
Ostalo	Potrošnja specifičnih materijala, npr. pakovanje po jedinici proizvodnje			-	Informacije o postupcima pakovanja

* PHK – potreba za hemijskim kiseonikom

** PBB – potreba za biološkim kiseonikom

Program upravljanja uticajima na okruženje i pregleda okruženja (EMAS)

Program upravljanja uticajima na okruženje i pregleda okruženja (engl. *Eco-Management and Audit Scheme* – EMAS) je dobrovoljni instrument Evropske unije, pod kojim se prepoznaju organizacije koje kontinuirano poboljšavaju svoju brigu za okruženje. Organizacije koje su registrovane unutar programa imaju svoj sistem upravljanja uticajima na okruženje o čemu šalju izveštaje, objavljujući nezavisno potvrđene izjave o uticajima na okruženje.

Tabela 3. ponovo je organizovana slično tabeli 2. osim što sada uključuje i dodatne potrebe za merenje uticaja na okruženje radi usklađivanja sa zahtevima programa. Pojam „dodatno" označava da ta merenja nisu već pokrivena unutar postavljenih za IPPC i za merenje energetskog učinka (kolona 4).

Tabela 3.: Dodatna merenja pokazatelja uticaja na okruženje za usklađenost s programom EMAS

Nastanak	EMAS zahtevi za izveštaj	Relevantni ETC	Pokriveno uz IPPC i merenja energetskog učinka	Dodatna merenja, potrebni podaci za izveštaj u skladu sa EMAS programom
Direktno	(a) Emisije u vazduh;	ETC1	DA	NE
	(b) Ispuštanja u vodu;	ETC 4,7,8	DA	NE
	(c) Izbegavanje, recikliranje, ponovno korišćenje, transport i odlaganje čvrstih i drugih otpadnih tvari, posebno opasni otpad; (d) Korišćenje i zagađenje zemlje;	ETC4 ETC6	NE	Informacije o postupcima recikliranja, itd. Informacije o upravljanju odlaganjem otpada
	(e) Korišćenje prirodnih resursa i sirovina (uključujući energiju)	Svi ETC-ovi	DA	NO
	(f) Lokalne pojava (buka, vibracije, mirisi, prašina, vizuelno zagađenje, itd.); (g) Transport (dobara, usluga i zaposlenih); (h) Rizici ekoloških incidenata i direktnih i mogućih posledica istih, kao i potencijalnih situacija za hitne intervencije; (i) Učinak na biološku raznolikost.	Svi ETC-ovi	Delimično	Informacije o postupcima za hitne slučajeve, Mere sprečavanja rizika, Potrošnja goriva za transport,
Indirektno	(a) Pitanja vezana za proizvod (dizajn, razvoj, pakovanje, transport, korišćenje i odlaganje/uklanjanje); (b) Sastav proizvodnih grupa; (c) Uticaji na okruženje podugovornih izvođača i isporučilaca.	-	Delimično	Informacije o podugovornim izvođačima i isporučiocima.

Standard upravljanja uticajima na okruženje ISO 14000

Standard upravljanja uticajima na okruženje ISO 14000 je dobrovoljni program koji pomaže firmama u minimiziranju negativnih uticaja na okruženje usled svojih aktivnosti, za usklađivanje sa važećim zakonima i drugom regulativom vezanom za zaštitu okruženjea, te stalnom poboljšanju brige za okruženje.

Tabela 4., slično tabelama 2. i 3., prikazuje sažetak potreba za dodatnim merenjima i izveštajima za usklađenost s ISO 14000, pod pretpostavkom da su merenja za energetski učinak, IPPC i EMAS i drugi zahtevi već ispunjeni i postoje.

Iz tabele 4. može se videti (kolona 6) da nisu potrebna dodatna merenja za usklađenost sa ISO 14000 ukoliko firma već ima postavljenu opremu za određivanje energetskog učinka uz dodatak onoga što je bilo potrebno nadograditi za potrebe ispunjavanja IPPC i EMAS programa. To znači da potrebni podaci već postoje i da je samo potrebno strukturirati izveštaj u skladu za zahtevima ISO standarda.

Tabela 4.: Dodatna merenja uticaja na okruženje za usklađenost s ISO 14000

Tip	Uslov/zahtev *(„može uključivati, ali nije ograničeno na")*	Relevantni ETC	Pokriveno IPPC-om	Pokriveno EMAS-om	Dodatna merenja za ISO 14000
Direktno	• Potrošnja energije	SVI ETC-ovi	DA	Da	NE
	• Korišćenje vode	ETC1 ETC2 ETC4 ETC5 ETC7 ETC8	DA	DA	NE
	• Gasovite emisije	ETC1	DA	DA	NE
	• Ispusti u vodu	ETC4 ETC7 ETC8	DA	DA	NE
	• Čvrsti ili neotopljeni otpad	ETC4 ETC6	DA	DA	NE
	• Rukovanje i skladištenje materijala • Uklanjanje otpada od ambalaže • Transport • Buka, mirisi i drugi iritanti • Oštećivanje prirodnih staništa i ekosistema • scenariji „najgoreg slučaja"		NE	DA	NE
Indirektno	• Učinak na proces podugovornog izvođača ili isporučioca • Učinak na poslovne interese druge firme • Učinak korišćenja i uklanjanja proizvoda		NE	DA	NE
Ostalo	• Pokretanje i gašenje mašina (peći i kotlova), itd…	Pokriveno Merenjem energetskog učinka	NE	NE	NE

Trgovanje emisijama

Trgovanje emisijama je pristup regulisanju zagađenja kroz tržište, stvaranjem ekonomskih podsticaja za postizanje smanjenja emisija i gasova staklene bašte. Prag za uključivanje „pogona sa sagorevanjem" (što je u kategoriji „energetske aktivnosti") je 20 MW nazivne ulazne toplotne snage. Drugim rečima, bilo koje postrojenje iznad 20 MW je obavezni učesnik programa. Firme koje ulaze u ovaj program moraju pratiti svoje emisije.

Tabela 5. upoređuje program trgovanja emisijama u EU (ETS) u odnosu na zahteve prethodno opisanih programa.

Tabela 5.: Zahtevi unutar programa trgovanja emisijama u Evropskoj Uniji

Kategorija	Zahtev	Relevantni ETC	Pokriveno u IPPC	Pokriveno u EMAS	Pokriveno u ISO	Dodatna merenja
Emisije u vazduh	Ugljen dioksid (CO2)	ETC1	DA	DA	DA	NE

Čak i ako firma nije unutar EU-ETS šeme ili neke slične, može se odlučiti na praćenje svojih emisija gasova staklene bašte. Time se čuva dokaz postignutih smanjenja emisija, koji se mogu uzeti u obzir kada se uvede obvezno smanjivanje emisija i u tu firmu. Takođe može omogućiti definisanje osnovnih emisija preko kojih se postavljaju budući zahtevi na smanjenje emisija.

Inicijativa za globalno izveštavanje

Inicijativa za globalno izveštavanje (engl. *Global Reporting Initiative* - GRI) namenjena je da učini izveštavanje o ekonomskom, društvenom i uticajima na okruženje – odnosno izveštavanje o održivosti, svim organizacijama rutinskim poslom uporedivim sa finansijskim izveštavanjem. Ovaj skup smernica, u obliku principa i pokazatelja – objavljuje se kao javno dobro i namenjen je za dobrovoljno korišćenje u organizacijama svih veličina, u svim sektorima, širom sveta.

U tabeli 6. prikazani su samo osnovni pokazatelji za poglavlje „Okruženje".

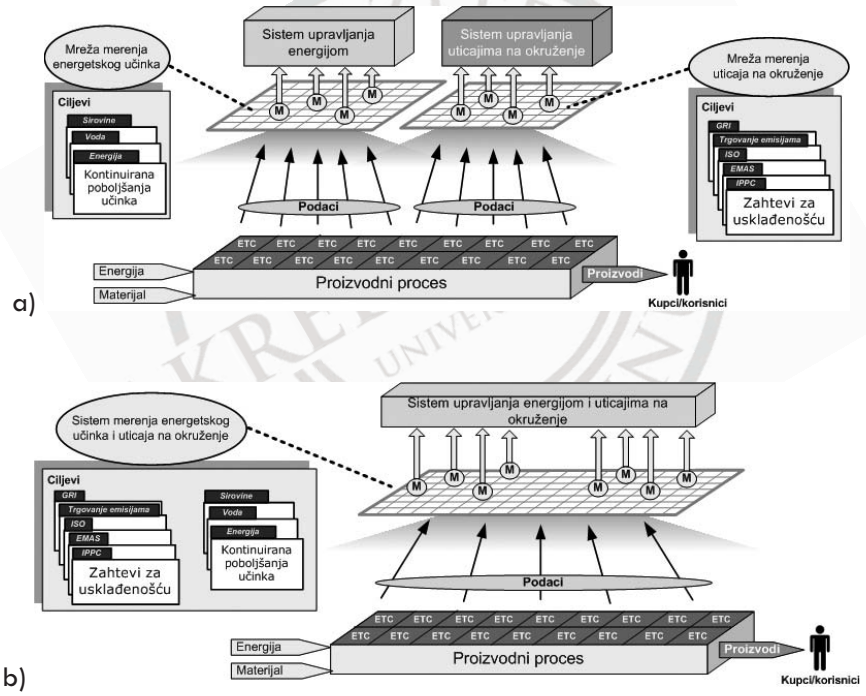
Tabela 6.: Zahtevi za izveštavanje o uticajima na okruženje programa GRI

Tip izveštaja	Tražene informacije	Relevantni ETC	Pokriva IPPC	Pokriva EMAS	Pokriva ISO	Dodatna merenja
Uticaj materijala na okruženje	• Korišćeni materijali po masi ili volumenu • Postotak korišćenih materijala koji su reciklirani ulazni materijali.	ETC4	DA	DA	DA	NE
Energija	• Direktna potrošnja energija primarnog izvora energije	Svi ETC-ovi	DA	DA	DA	NE
	• Indirektna potrošnja energija primarnog izvora					
Voda	• Ukupno povlačenje vode sa izvora	ETC1, ETC2, ETC4 ETC5, ETC7, ETC8	DA	DA	DA	NE
Biološka raznolikost	• Lokacija i veličina zemljišta u vlasništvu, u zakupu, pod upravljanjem ili zaštićeno područje i područje visoke vrednosti biološke raznolikosti izvan zaštićenih područja. • Opis značajnih uticaja aktivnosti, proizvoda i usluga na biološku raznolikost u zaštićenim područjima i područjima visoke vrednosti biološke raznolikosti izvan zaštićenih područja.	Informacije o procesu, pogonu i firminim procedurama	NE	DA	DA	NE
Emisije, ispusti i otpad	• Ukupne direktne i indirektne emisije gasova po težini • Druge relevantne emisije gasova po težini. • Emisije supstanci koje oštećuju ozon po težini. • Nox, Sox i druge značajne emisije gasova po tipu i težini	ETC1	DA	DA	DA	NE
	• Ukupna ispuštanja vode po kvalitetu i odredištu • Ukupni broj i volumen znatnih izlivanja.	ETC4, ETC7, ETC8	DA	DA	DA	NE
	• Ukupna težina otpada po tipu i metodi odlaganja.	ETC4, ETC7, ETC8	DA	DA	DA	NE
Proizvodi i usluge	• Inicijative za smanjenje uticaja na okruženje proizvoda i usluga, i obim smanjenja uticaja • Postotak prodatih proizvoda i njihova ambalaža koji su već vraćeni u kategoriji.	-	NE	NE	DA	NE

Efikasno korišćenje pokazatelja energetskog učinka i uticaja na okruženje

Upravljanje učinkom započinje merenjima i prikupljanjem podataka. Bez podataka za vrednovanje efikasnosti i učinka procesa, samo nadgledamo poslovnu jedinicu – ne upravljamo njome. Ako ne znamo koliko košta, koliko dugo je potrebno i kolika je količina našeg izlaznog proizvoda, šta možemo reći o učinku?

Slika 12. ponovo ilustruje da je osnova energetskog učinka i uticaja na okruženje proizvodni proces koji, zbog podele odgovornosti, se razlaže na energetske troškovne centre (ETC-ove). Svaki ETC apsobuje resurse kako bi proizveo uslugu ili proizvode, utičući tako na firmine poslovne rezultate. Učinak svakodnevnih aktivnosti može biti predmet rasprave i vrednovanja samo kada postoje čvrsti podaci! Stoga, sistem merenja učinka treba da pokrije poslovnu funkciju, jedinicu ili ETC, imajući na umu da treba izbeći preklapanje – tj. višestruka merenja za isti pokazatelj učinka.



Slika 12.: Integrisani sistem merenja energetskog učinka i uticaja na okruženje

Učinkom se može upravljati na bazi kvantitativnih podataka o svakodnevnim operacijama. Sistem merenja energetskog učinka i uticaja na okruženje mora biti pogat podacima, ali ne i biti sastavljen isključivo od podataka. Treba biti svestan opasnosti pristupa „podaci u svrhu podataka".

Tri su osnovna opravdana razloga za postavljanje merenja:

- Da bi se kvantifikovalo ono što treba kvantifikovati;
- Da bi se pratio napredak prema cilju;
- Da bi se objasnili uzroci dobrog ili lošeg učinka.

Postavljena merenja moraju ukazati na prepoznatljive instance nestandardnog učinka i pružiti dovoljno informacija za interpretiranje onoga što se i zašto dogodilo. Iz te perspektive, pokazatelji uticaja na okruženje (PUO) fokusiraju se na praćenje usklađenosti i troškove usklađenosti, dok se pokazatelji učinka (PU) fokusiraju na pogonski učinak i direktne uštede u troškovima kroz efikasnije korišćenje resursa ili kako se te ponekad naziva – kroz ***eko-efikasnost!*** Oba tipa pokazatelja, PUO i PU služe linijskom osoblju za ***ocenjivanje i poboljšavanje*** pogonske efikasnosti.

Koncept sistema upravljanja energijom i uticajima na okruženje

Projektovanje UEUO počinje sa decentralizovanjem odgovornosti za energiju i okruženje duž stvarnog procesa i energetskih tokova u firmi (vidi sliku 3. i sliku 4.). Centri odgovornosti koji tako nastaju nazivaju se energetski troškovni centri i ilustrovani su ranije pojednostavljenim prikazom na slici 5.

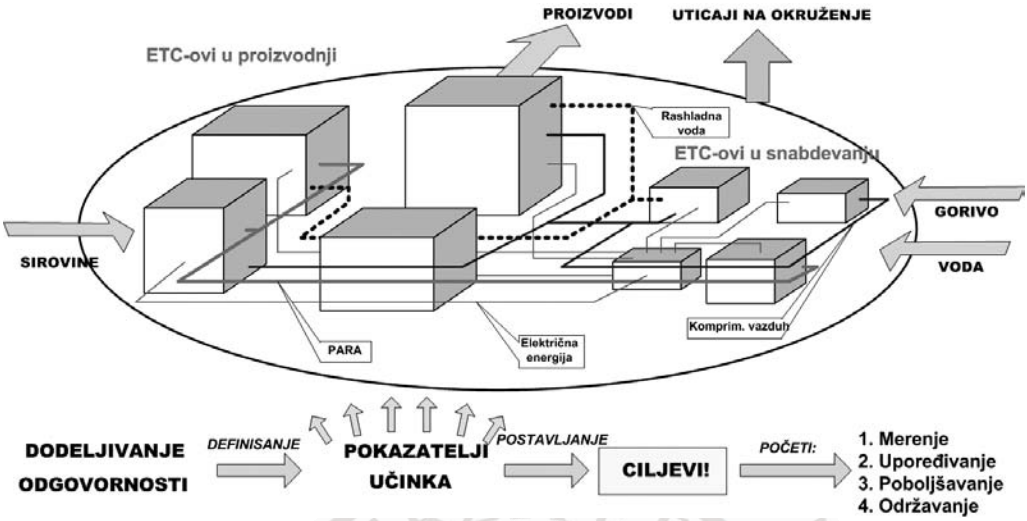
Za svaki centar odgovornosti ili energetski troškovni centar (ETC) treba definisati PU-ove, dodeliti odgovornosti, zadati ciljeve i postaviti sistem merenja učinka. Stoga, koncept UEUO (slika 13.) se zasniva na:

- Decentralizovanoj odgovornosti za uticaje na okruženje, korišćenje energije i troškove duž stvarnog procesa i energetskih tokova;
- Redovna merenja proizvodnih izlaza, resursa, energije utrošene za njihovu proizvodnju i posledični uticaji na okruženje, tamo gde ih ima;
- Proračun i evaluaciju pokazatelja učinka;
- Interpretaciju nivoa učinka u odnosu na zadate ciljeve;
- Implementaciju korektivnih aktivnosit u tački korišćenja.

Takav koncept pruža okvir za praćenje učinka i poboljšanja u svakom utvrđenom centru odgovornosti – energetskom troškovnom centru (ETC) – što je zadaak ljudi koji rade unutar granica centra. Glavna briga UEUO-a je kontinuirano poboljšanje energetskog UČINKA i uticaja na okruženje u celoj firmi.

ETC-ovi su baza uvođenja sistema upravljanja energijom i uticajima na okruženje. Sistem merenja učinka takođe će se uvesti na bazi koncepta ETC-ova i individualnih ciljeva za svaki pokazatelj učinka u sklopu ETC-a. Nakon što su ETC-ovi u firmi identifikovani (slika 4.) i dodeljene odgovornosti, definisane su osnovne crte UEUO i može se započeti sa detaljima i implementacijskim aspektima.

Prvo moramo biti svesni i treba da razumemo spoljašnji i unutrašnji ***kontekst*** UEUO. Brojni su faktori unutar same firme i okruženja firme koji će izazvati fluktuacije učinka. Izvori ovih faktora moraju biti jasno prepoznati a njihov potencijalni uticaj na učinak treba dobro razumeti.



Slika 13.: Koncept UEUO baziran na energetskim troškovnim centrima (ETC-ovima)

Kontekst upravljanja energijom i uticajima na okruženje

Česta greška projekata upravljanja energijom i uticajima na okruženje je preuski pristup problematici ili neprepoznavanje važnih faktora koji utiču na učinak. Često je fokus samo na strani energetike, specifičnim tehničkim rešenjima ili upravljanju pomoću računara. Važnost proizvodne strane firme i važnost ljudskog faktora često su podcenjeni. U takvim slučajevima, brojne prilike za poboljšanje učinka biće propuštene a ukupni rezultati osrednji.

Iz tog razloga, pre nastavka razmatranja o tome kako projektovati i implementirati UEUO, treba jasno razumeti spoljašnje i unutrašnje faktore koji utiču na energetski učinak i okruženje i vreme njihovog pojavljivanja. UEUO mora da pruži alate za otkrivanje varijacija, određivanje njihovog uzroka i minimizaciju posledica na učinak. Izvori ovih uticaja i varijacije treba prvo prepoznati, bez obzira da li firma može na te izvore da utiče ili ne.

UEUO mora biti projektovan tako da može dinamički da odgovara na promene u okolini kako bi se osiguralo da su troškovi za energiju, kao i ostali troškovi, na najnižem mogućem nivou kakve god varijacije unutrašnjih i spoljašnjih faktora bile. Specifično za energetski učinak, odnos između proizvodnje i potrošnje enrgije treba dobro razumeti jer se u proizvodnji koristi najviše energije. Nastavićemo s razmatranjem spoljašnjih faktora koji utiču na energetski učinak i okruženje.

Spoljašnji kontekst

Brojni su spoljašnji faktori koji su izvan našeg uticaja ali koji utiču na dnevne aktivnosti i sposobnost firme za maksimizaciju profita i postizanje drugih specifičnih poslovnih ciljeva. Slika 14. daje pojednostavljeni pregled glavnih spoljašnjih aspekata koji predstavljaju kontekst za implementaciju UEUO-a. Istaknuti su faktori koji su važni za energetski učinak i uticaje na okruženje firme. Relevantni aspekti su:

- Poslovno okruženje, koje se sastoji od tržišta, kupaca, konkurencije, rada;
- Uslova i ograničenja za kupovinu prirordnih resursa poput sirovina i energije;
- Klimatski uslovi;
- Pitanja zaštite okruženja koja proističu iz znatnih uticaja na okruženje industrijskih pogona i relevantne regulative, itd.;
- Društvene i političke promene;
- Tehnološki napredak.

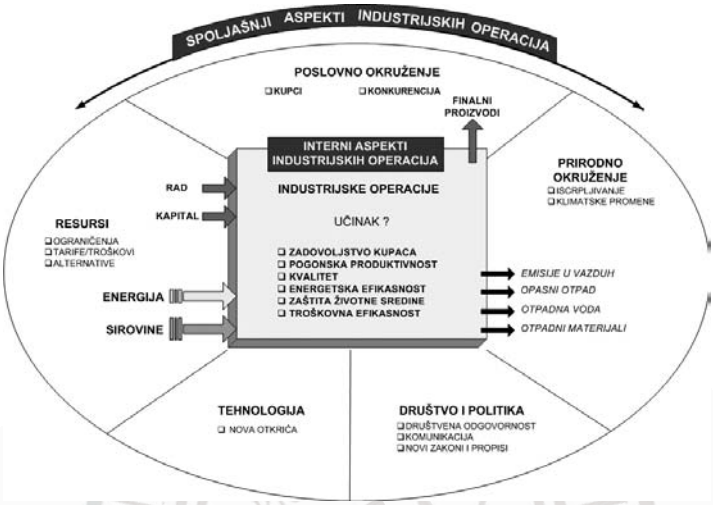
Ovde ćemo se fokusirati na identifikovanje ***spoljašnjih faktora*** koji mogu imati kritični uticaj na energetski učinak i uticaje na okruženje i ukupne troškove proizvodnje firme. Najvažniji spoljašnji faktori koji utiču na pogonski učinak firme su:

- ***Potražnja na tržištu*** – ako proizvodnja padne za 25%, planiranje i upravljanje proizvodnjom mora se prilagoditi kako bi se minimiziralo povećanje troškova za energiju i drugih pogonskih troškova u jedinici proizvoda. Na primer, nakon krize u Tajlandu 1997. godine, mnoge firme su osetile pad proizvodnje od 30% i više. Firme su nastavile da rade kao i pre, kada je proizvodnja bila na punom kapacitetu. Mnoge od njih nisu prilagodile ***planiranje proizvodnje i raspoređivanje iskorišćavanja opreme*** nižoj ukupnoj proizvodnji, pa kao posledica su jedinični troškovi proizvodnje povećani mnogo više nego što je to potrebno.
- ***Vreme*** – energija koja se koristi za grejanje ili hlađenje će se dodavati pored korišćenja energije za proizvodnju. To će takođe varirati kao rezultat sezonskih promena temperature i vlažnosti. Stoga, udeo potrošnje ukupne energije obzirom na vreme treba ustanoviti pre analiza energetskog učinka.
- ***Cene energije i tarifni sistemi*** – učinak cena ili tarifnih sistema uvek treba analizirati da bi osigurali da se energija kupuje uz minimalne troškove.
- ***Regulativa za zaštitu okruženjea*** – sve veći troškovi usklađenosti sa regulativom mogu opravdati promenu ulaznih procesnih parametara poput tipa goriva, sirovina, tehnologije tretiranja otpada, itd.

Tarifni sistem i regulativa za zaštitu okruženjea imaće tzv. jednokratni učinak, jer se ne menjaju stalno i često. Lakše se prilagoditi učincima njihovih promena. Tržišna potražnja za proizvodom ili tipovima proizvoda menja se tokom vremena, stoga treba da postoji ***među-funkcionalno razumevanje –*** između energetike, proizvodnje i prodaje o tome kako će ove varijacije uticati na ukupni učinak i stoga troškove proizvodnje.

Vremenski uslovii mogu imati znatan uticaj na ukupnu potrošnju energije (zavisno od

tipa industrije), pa ako je to slučaj treba napraviti odgovarajuće korekcije. Najčešća metoda korekcije temperature bazira se na stepen-danima grejanja ili hlađenja. Ova metoda zahteva prikupljanje podataka i o vremenu i o energiji, i koristi statistički model za prilagođenje uticaja vremena na ukupnu potrošnju energije.



Slika 14.: Spoljašnji aspekti industrijskog pogona

Unutrašnji kontekst

Slika 15. ističe glavne unutrašnje aspekte industrijskog pogona unutar već prikazane spoljašnje okoline. Ističe ***ljude***, čije su veštine i kompetencije kritične za učinak bilo koje poslovne funkcije. Sa stanovišta energetskog učinka, bilo koja firma može se posmatrati kao da ima dva dela:

- ***Proizvodnja*** kao ***energetska potražnja*** koja postavlja uslove za količinu i kvalitet energije i varijacije potrošnje u vremenu, tj. određuje ***profil potrošnje energije***
- ***Energetiku*** kao ***energetsko snabdevanje*** koja mora isporučiti energiju efikasno i onda kad je potrebna proizvodnji.

I strana potražnje i strana snabdevanja povezane su distributivnom mrežom, sa postavljenim mernim instrumentima i sistemima upravljanja i praćenja. Glavni unutrašnji faktori koji utiču na učinak mogu se grupisati na sledeći način:

=> Koordinacija proizvodnje i energetike;

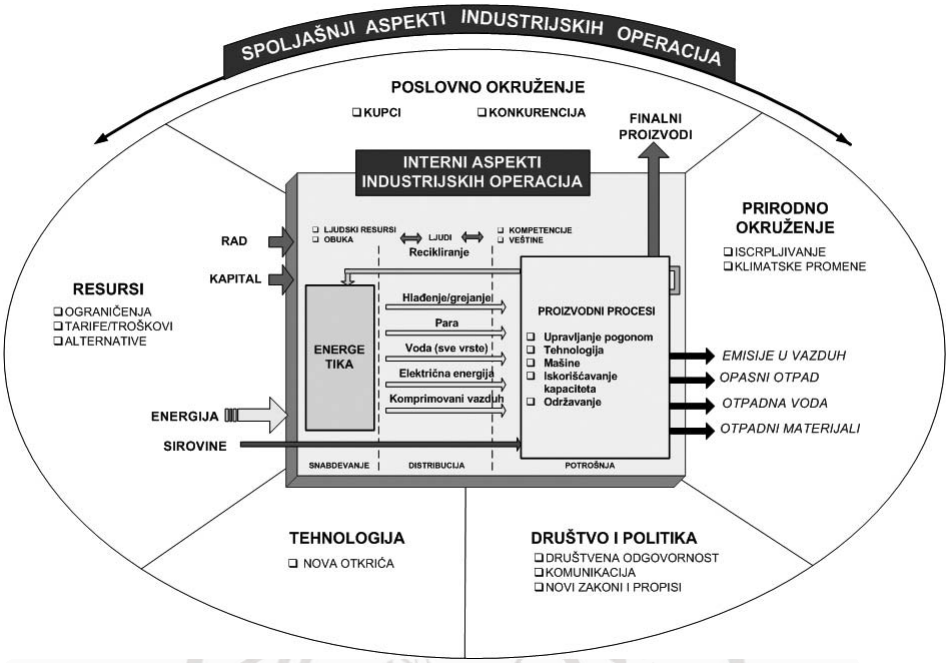
=> Praksa planiranja proizvodnje;

=> Praksa održavanja;

=> Proširenja zgrada ili dodatna oprema;

=> Primena asortimana proizvoda;

=> Promene specifikacija ulaznih materijala;



Slika 15.: Spoljašnji i unutrašnji aspekti industrijskog pogona

Koordinacija proizvodnje i energije u odeljenjima energetike u većini firmi predstavlja glavni izazov koordinacije i komunikacije. Većina firmi je fokusirana na proizvodnju i kao takve smatraju energetski učinak i uticaje na okruženje marginalnim pitanjima u odnosu na pitanja proizvodnog izlaza i kvaliteta. Ali iskustvo pokazuje da ima važnih razloga da ne rade odvojeno jer ne bi trebale operativno da rade odvojeno kao što su odvojeni organizacijski, nego upravo suprotno:

Odeljenja energetike i proizvodnje treba da blisko sarađuju u koordinaciji rada kako bi se postigli najniži troškovi za energiju i usklađenost sa zahtevima zaštite okruženja!

Zašto? Kada se energetski učinak u proizvodnji pažljivo ne prati, stvarna potrošnja i potrebni kapaciteti obično su veći nego što je potrebno, ponekad i puno veći. Jedan od razloga za to je činjenica da se energiju u proizvodnim odeljenjima često posmatra kao nužni pomoćni resur. Posledično, fokus proizvodnog odeljenja je na kvalitet i količinu proizvoda, dok energetski učinak procesa nije visoko na listi prioriteta. Štaviše, zanemarujući energetski učinak i uticaje na okruženje lakše je upravljati proizvodnjom. Pošto smo svi ljudi, volimo udobnost. Ali udobnost uvek ima svoju cenu!

Na primer, naša fabrika konzervirane tune (slika 3.) ima kotlarnicu sa 5 kotlova u pogonu, a samo dva bi bila dovoljna za prosečnu proizvodnju pare. Analiza je otkrila da se sterilizacija obavljala na način koji je rezultirao velikom potrebom za parom za vrlo kratki period, nekoliko puta dnevno. Posledica je bila prevelika investicija (previše kot-

lova), neefikasan pogon (većinom na delimičnom opterećenju) i preterano trošenje goriva, kao i velike emisije u vazduh. Pažljivijim ***planiranjem proizvodnje***, vršno opterećenje je smanjeno, rezultirajući time da su samo dva kotla bila dovoljna za snabdevanje svom potrebnom parom dok je fabrika radila na punom opterećenju.

Praksa održavanja može imati sličan uticaj na energetski učinak i uticaje na okruženje jer neodgovarajuće održavanje neizbežno izaziva veće troškove za energiju i veće nivoe zagađenja okruženja. Dalje, dodavanjem novih mašina, zamenom starih sa efikasnijim, dodavanje novih radionica ili zgrada – sve ima slični jednokratni učinak povećanja ili smanjenja uticaja na potrošnju energije. Ako se bilo šta od ovoga dogodi, podaci o osnovnoj proizvodnji i odgovarajući ciljani učinci treba da budu usklađeni s promenama. Ako postoje promene u ***proizvodnom asortimanu ili tipu ulaznih materijala***, takođe će biti uticaja na potrošnju energije. Takve promene treba pažljivo pratiti i beležiti kako bi se mogle uočiti devijacije u potražnji energije.

Jednokratne faktore lako je uočiti i korigovati njihov učinak prilagođavanjem osnovne potrošnje. Ali važno je shvatiti da su uvek ljudi ti koji upravljaju mašinama i primenjuju procedure planiranja i održavanja i da njihov stav, svest i sposobnosti imaju kritični uticaj na energetski učinak i brigu za okruženje.

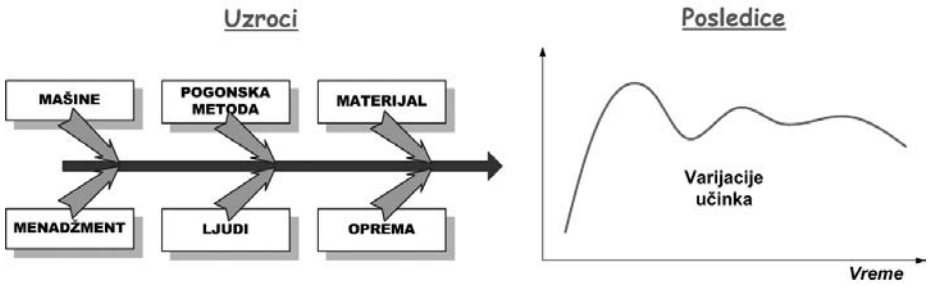
UEUO mora u obzir uzeti sledeće glavne kategorije unutrašnjih faktora, uključujući ljudski faktor, koji utiču na energetski učinak i uticaje na okruženje:



Brojni su individualni unutrašnji i spoljašnji faktori koji proizlaze iz ovih široko opisanih kategorija koji će uzrokovati varijacije u potrošnji energije ponekad i dnevno. Treba ih identifikovati i popisati za svaku fukcionalnu jedinicu firme.

Faktori koji utiču na energetski učinak i zaštitu okruženja

Učinak iskorišćenja energija će varirati zavisno od prisutnosti raznih unutrašnjih i spoljašnjih uticajnih faktora. Poboljšanje učinka uključuje preduzimanje radnji na uzrocima varijacija i donošenje pogonskih smernica za buduće sprečavanje neželjenih nivoa učinka. Razvoj ovih smernica zahteva znanje i razumevanje uzročno-posledičnih odnosa između varijacija učinka i faktora koji utiču na varijacije. Opšte kategorije ***uticajnih faktora*** sažete su na slici 16.



Slika 16.: Simbolični uzročno-posledični odnos uticajnih faktora i varijacija učinka

Razumevanje uzročno-posledičnih odnosa (slika 16.) važno je zbog interpretiranja mernih podataka i evaluacije učinka. Ovo je proces u kom treba intenzivno koristiti znanje i gde nema zamena za analitičko promišljanje ljudskog operatera. Za ***razvoj razumevanja uzročno posledičnih odnosa,*** dobro je napraviti popis pojedinih uticajnih faktora relevantnih za praćena područja. Broj uticajnih faktora može biti prilično veliki pa treba prepoznati one koji su stvarno bitni, na bazi dobrog uvida i razumevanja praćenog procesa ili aktivnosti. Obično, takva lista će se sastojati od jednog ili više generičkih faktora prikazanih u okviru 2. i okviru 3. Često će se pojaviti i kombinacija nekoliko faktora i uzrokovati pojedne devijacije nivoa učinka.

Samo ljudi koji rade na mašinama imaju iskustvo iz prve ruke o pogonskim događajima, i faktorima koji su se pojavili tokom devijacija. Možda će im trebati nešto podrške u početku za nadograđivanje svoje svesti u korisno znanje koje se potom može integrisati u UEUO, sa ciljem sprečavanja ponavljanja neželjenih nivoa učinka. To znanje oslanja se na razumevanju uzročno- posledičnih odnosa između uticajnih faktora i varijacija učinka. Međutim, ljudi koji rade na mašinama i u proizvodnim halama moraju bit jezgro timova za poboljšanje učinka, čiji zadatak će biti postizanje trajnih poboljšanja učinka.

Okvir 2.: Faktori koji utiču na energetski učinak i zaštitu okruženja

FAKTORI KOJI UTIČU NA ENERGETSKU EFIKASNOST I ZAŠTITU OKRUŽENJA

- ❑ **Proizvodni miks (asortiman)**
- ❑ **Promena proizvoda**
- ❑ **Vreme postavljanja**
- ❑ **Vreme ciklusa**
- ❑ **Frekvencija i veličina narudžbi za proizvod**
- ❑ **Frekvencija i veličina pošiljaka proizvoda**
- ❑ **Automatsko procesiranje i privremeno lagerovanje**
- ❑ **Nusproizvodi**
- ❑ **Škart**
- ❑ **Prerađeni proizvodi**
- ❑ **Obim proizvodnje, tj. iskorišćavanje kapaciteta**
- ❑ **Promena sirovina**
- ❑ **Nazivna i stvarna efikasnost mašina i opreme**
- ❑ **Kvarovi mašina i opreme**
- ❑ **Planirano održavanje**
- ❑ **Zauzeće prostora**
- ❑ **Klimatski uslovi (temperatura, vlažnost, etc.)**
- ❑ **Rad praznikom, etc.**

Okvir 3.: Ljudski uzrokovani faktori koji utiču na energetski učinak i zaštitu okruženja

FAKTORI IZAZVANI OD STRANE ČOVEKA KOJI UTIČU NA ENERGETSKU EFIKASNOST I ZAŠTITU OKRUŽENJA

- ❑ **Neplanirana promena postavljenih tačaka temperature, pritiska, protoka itd.**
- ❑ **Mašine van pogona.**
- ❑ **Predugo zadržavanje.**
- ❑ **Grejanje/hlađenje na više/niže temperature nego što je potrebno.**
- ❑ **Grejanje/hlađenje duže nego što je potrebno.**
- ❑ **Rad mašine tokom kvara i perioda između smena rukovaoca, itd.**
- ❑ **Delimično opterećenje proizvodne linije, itd.**

Od kritične je važnosti biti svestan svih faktora koji uzrokuju varijacije u potrošnji energije pre pokušaja analize stvarnih podataka o učinku. Iako je nemoguće precizno uzeti u obzir svaki potencijalni uticajni faktor, već i sama svest o posledicama koje uzrokuju kada su prisutni može sprečiti pogrešne interpretacije podataka o energetskom učinku i uticajima na okruženje.

Intuitivno, jasno je da potrošnja energije i uticaji na okruženje moraju snažno zavisiti od obima proizvodnje – što je veća proizvodnja, više je ispuštanja u okruženje, i koristi se više energije.

UNIVERZITET
PRIVATNI
AKREDITOVANI
UNIVERZITET
SINGIDUNUM



LITERATURA

1. Applied Industrial Energy and Environmental Management, IEEE Computer Society Press, Zoran Morvay, Dusan Gvozdenac, 2008.
2. BP Statistical Review of World Energy, June 2010.
3. CLIMATE CHANGE FUTURES, Health, Ecological and Economic Dimensions, The Center for Health and the Global Environment Harvard Medical School, 2006.
4. Dinamička svetlost i kvalitet života, B. Marković, S. Bošković, OSVETLJENJE 2003.
5. Ekonomika energetike, Š. Mandal i drugi, CID, Ekonomski fakultet u Beogradu, 2010.
6. Energetska efikasnost i briga o životnoj sredini, brošura kompanije SIEMENS
7. Encyclopedia of energy engineering and technology, edited by Barney L. Capehart, CRC Press, 2007.
8. Energy Simulation in Building Design, J. A. Clarke, BH, 2001.
9. Energy Systems Engineering - Evaluation and Implementation, Francis M. Vanek, Louis D. Albright, McGraw-Hill, 2008.
10. Integration of alternative sources of energy, Felix A. Farret, M. Godoy Simoes, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
11. Kogeneracija u Srbiji – zašto se okleva?, Miodrag Mesarović i Milan Ćalović, ELEKTRO-PRIVREDA, br. 2, 2009.
12. kWh, časopis Elektroprivrede Srbije, godišta 2003. do 2009.
13. LIBER PERPETUUM, knjiga o obnovljivim izvorima energije u Srbiji i Crnoj Gori, Autor: prof. M. Stojanović, V. Janković i dr., OEBS (OSCE), 2004.g. ISBN 86-903283-8-6
14. Meteorološki godišnjak – klimatološki podaci, Republički hidrometeorološki zavod, Republika Srbija
15. Obnovljivi izvori energije, Centar za ekologiju i održivi razvoj, Subotica, 2008.

16. Opšti kurs fizike, K. Friš, Naučna knjiga, Beograd, 1963.
17. Parametri svjetla u kontekstu javne rasvjete, Ranko Skansi, Zagreb, 2003.
18. Pasivna kuća, Građevinska direkcija Srbije, 2008.
19. Priručnik za termodinamiku, Đ. Kozić, B. Vasiljević, V. Bekavac, 2008.
20. Program ostvarivanja strategije razvoja energetike Republike Srbije od 2007. do 2012. godine, 2007. g.
21. REHAU SOLECT - SISTEMI ZA KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE, publikacija firme REHAU
22. Report to the Energy Watch Group, October 2007, EWG-Series No 3/2007
23. Smernice za poslovanje sa Evropskom unijom, Fond za evropske integracije i Privredna komora Beograda, Beograd, 2006.
24. Solar Energy Info-kit 2008, ENVIS Centre on Renewable Energy and Environment
25. Strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog, intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine, Beograd, 2008.
26. Strategija razvoja energetike Republike Srbije od 2007. do 2012. godine, Beograd, 2007.
27. Studija - POTENCIJALI I MOGUĆNOSTI BRIKETIRANJA I PELETIRANJA OTPADNE BIOMASE NA TERITORIJI POKRAJINE VOJVODINE, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine, Novi Sad, 2007.
28. Studija mogućnosti korišćenja komunalnog čvrstog otpada u energetske svrhe na teritoriji AP Vojvodine i Republike Srbije, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine, 2008.
29. Sustainable transport & mobility, Student handbook, Intelligent Energy Europe, 2009.
30. Tehničke publikacije i katalozi firme PHILIPS lighting
31. Tehnički priručnik – ventilacija stanova, firma VORTICE
32. Tehničko-ekonomska ocena korišćenja biomase za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, Ministarstvo nauke Republike Srbije, 2007. g.
33. Thermodynamics Demystified, Merle C. Potter, McGraw-Hill, 2009.
34, Uputstvo za izradu energetskih bilansa u opštinama, Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Beograd 2007.
35. Vodič kroz energetski efikasnu gradnju, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2005.
36. Wind at Work, By the European Wind Energy Association (EWEA), January 2009.
37. www.beodom.rs
38. www.biogas.rs
39. www.gradjevinarstvo.rs
40. www.ursa.rs
41. www.mre.gov.rs

Odlukom Senata Univerziteta "Singidunum", Beograd, broj 636/08 od 12.06.2008, ovaj udžbenik je odobren kao osnovno nastavno sredstvo na studijskim programima koji se realizuju na integrisanim studijama Univerziteta "Singidunum".

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

620.9(075.8)

МАРКОВИЋ, Драган С., 1956-
Procesna i energetska efikasnost / Dragan S. Marković. - 1. izd. - Beograd : Univerzitet Singidunum, 2010 (Loznica : Mladost grup). - VI, 514 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 250. - Bibliografija: str. 513-514.

ISBN 978-86-7912-281-0

а) Енергетска ефикасност

COBISS.SR-ID 177911308

© 2010.
Sva prava zadržana. Ni jedan deo ove publikacije ne može biti reprodukovan u bilo kom vidu i putem bilo kog medija, u delovima ili celini bez prethodne pismene saglasnosti izdavača.