

VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA INDIKATORA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

By Violeta Dimić

UNIVERZITET SINGIDUNUM BEOGRAD
DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE



Doktorske studije

**VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA INDIKATORA
OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE
DOKTORSKA DISERTACIJA**

MENTOR:
prof. dr Petar Spalević

KANDIDAT:
mr Violeta Dimić

Beograd, 2020.

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije:

Prof. dr Petar Spalević, redovni profesor

uža naučna oblast – Telekomunikacije i informacioni sistemi
– Računarstvo i informatika

Univerzitet Singidunum, Beograd

Prof. dr Mladen Veinović, redovan profesor

uža naučna oblast – Računarstvo i informatika

Univerzitet Singidunum, Beograd

Prof. dr Negovan Stamenković, redovan profesor

uža naučna oblast – Informaciono-komunikacione tehnologije

Univerzitet u Prištini, sa privremenim sedištem
u Kosovskoj Mitrovici

Datum odbrane: _____

Zahvalnica

Koristim ovu priliku da se srdačno zahvalim svom mentoru, prof. dr Petru Spaleviću, na svesrdnoj i profesionalnoj podršci u izradi doktorske disertacije. Bilo mi je izuzetno zadovoljstvo da sarađujem sa ovim vrhunskim stručnjakom i da steknem nova saznanja u radu sa njim. Prof. dr Petar Spalević je odličan saradnik i mentor, sa ličnim osobinama koje poseduju ugledni i visoko priznati profesori širom sveta, te smatram da je rad sa njim na ovoj disertaciji bila posebna privilegija.

Zahvaljujem se članovima Komisije, prof. dr Mladenu Veinoviću i prof. dr Negovanu Stamenkoviću, koji su svojim savetima, komentarima i sugestijama doprineli kvalitetu rada.

Posebno se zahvaljujem prof. dr Mimici Milošević i prof. Dr Dušanu Miloševiću, koji su imali veoma važnu ulogu u motivaciji za izradu doktorske disertacije i podršci na ostvarivanju rezultata prikazanih u njoj.

Na kraju, naravno, beskrajno se zahvaljujem svojoj porodici, suprugu Ljubodragu i svojoj deci Dimitriju, Nataliji, Nastasiji i svojim roditeljima Branislavi i Radomiru, koji su me iskreno i svakodnevno podržavali za sve vreme trajanja naučno-istraživačkog rada.

“Sve dok postoji motivacija, novi krug izgaranja se sa lakoćom pokreće. Ali ako njen izvor presuši, produktivnost nema čime da se napaja. Dok se fizička iscrpljenost i mentalni zamor brzo obnavljaju, gubitak motivacije se ne nadoknađuje tako lako.”

BLOG TALASSI

VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA INDIKATORA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

REZIME

Jedan od najvećih problema sveta danas je pitanje energije. Između energije i klimatskih promena postoji složen dvosmeran odnos. Zaustavljanje klimatskih promena predstavlja stratešku priliku za razvijanje i ulaganje u savremenu infrastrukturu kao i priliku za integrisani pristup razvoju i planiranju pametnih gradova. **Obnovljivi izvori energije i savremene tehnologije postaju sve značajniji segment u svim poljima** jer smanjuju ukupnu energetske potrošnju i imaju pozitivan uticaj na životnu sredinu. Pristupajući sa stanovišta mogućnosti rešavanja problema, došlo se na ideju da se sprovede istraživanje u pravcu uočavanja relevantnih faktora za primenu obnovljivih izvora energije i poboljšanja efikasnosti krajnje upotrebe istih. Istraživanjem tih mogućnosti kroz projekte, trebalo bi da se omogući adekvatan pristup energiji, smanji globalno zagrevanje i upravlja okolinom. Preduslov za takav postupak je temeljno razumevanje složenih sistema, primenom višekriterijumske analize, koja omogućava donosiocima odluka da pronađu ravnotežu između tehničkih i ekonomskih mogućnosti današnjih i dugoročnih razvojnih perspektiva.

Tema istražuje metode i alate koji podržavaju rešavanje problema u oblasti analize razvoja energetske funkcionalne i informaciono-tehnološke infrastrukture grada. Matematičke metode višekriterijumske analize, koje se primenjuju u ovoj disertaciji u procesu odlučivanja, su analitički hijerarhijski proces i fazi analitički hijerarhijski proces. Donosioci odluka su eksperti iz elektrotehničkih, računarskih i građevinarskih nauka u tehničko-tehnološkom naučnom polju, koji ocenjuju identifikovane indikatore. Time se uspostavlja okvir koji podržava polise, poput energetske, ekonomske, socijalne, polise zaštite životne sredine, koje će uz održivu ravnotežu prirodnih resursa i niže nivoa zagađenja omogućiti da održivi energetski sistem izađe iz zakona, propisa i akcionih planova o obnovljivim izvorima u pravcu efikasnije ekonomije i boljeg društvenog života.

Predmet istraživanja u disertaciji je modeliranje projekata obnovljivih izvora energije, rangiranjem podkriterijuma u okviru svake grupe kriterijuma: faktori okruženja, faktori organizaciono-upravljačke strukture i indikatori kvaliteta. Nadalje, su istraživanja usmerena na energetske efikasnu infrastrukturu razvoja pametnih gradova, sa aspekta novih tehnologija,

obnovljivih vidova energije u odnosu na klimatsko područje, novih i postojećih zgrada. Prateća komponenta je razvijanje svesti u obrazovnom sistemu kroz mere edukacije mladih.

Inventivnost i novativnost neophodni su u sprovođenju koncepta pametnog grada za uvođenje systemske integracije obnovljivih i IKT-a na svim nivoima lokalne vlasti kao nosioca održivog razvoja urbane sredine. Kroz smanjenje gubitaka energije, humaniji odnos prema životnoj sredini, a posebno kroz upravljanje i mobilnost, moramo omogućiti stalnu evaluaciju svih sistema koji bi trebalo da budu integrisani u jedinstveni globalni koncept pametnog grada.

Metodologija istraživanja je zasnovana na pristupu i analizi odabranih entiteta u urbanom okruženju za održivi razvoj u Srbiji. Fleksibilnost sistema planiranja mreže, (re)konstrukcije zgrada, solarne energije, klimatskih promena i niskih emisija, kao i sistema vode i otpada, predstavlja krajnju održivu strategiju u okviru koncepta pametnog grada. Fokus je na isplativoj primeni savremenih tehnologija, kao i optimalnom razvoju modela infrastrukture, u oblasti lokalno dostupnih potencijala solarne energije. Analize pokazuju da se nacionalni energetske sistemi mogu transformisati kako bi se uskladili sa ciljem prilagođavanja klimatskim promenama. Zbog inherentne inercije energetskog sistema, sve odluke koje se donose u energetskom sektoru imaju dugoročne uticaje.

¹⁶ Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije s najvećim potencijalom energetskih ušteda. Danas, u situaciji ekonomske krize i smanjene građevinske delatnosti, energetska obnova još više dobija na značaju. Bilo da se radi o novoj gradnji ili rekonstrukciji i dobrom poznavanju termičkih svojstava građevinskih materijala neki su od preduslova za projektovanje energetski efikasnih zgrada. Materijali i rešenja za poboljšanje termoizolacije, dobijaju sve veću pažnju zbog tendencije usmerene ka održivim zgradama. Smanjenje potrošnje energije i emisija SO₂, razvoj i implementacija održivih građevinskih tehnologija, sistema i materijala za nove i postojeće zgrade, biće ključni u rešavanju izazova prelaska na zgrade gotovo nulte potrošnje energije u godinama koje dolaze. Potrebno je sagledati veliki broj raznovrsnih kriterijuma i faktora, i njihovim vrednovanjem rangirati rešenja koja će ispuniti potrebne zahteve za unapređenje energetske efikasnosti. Prelazak na energetski efikasne modele, zahteva praćenje rezultata, sprovođenje mera i aktivnosti u pravcu ključnih indikatora, kao i razvoj svesti i edukaciju stanovništva pogotovu mladih u obrazovnom sistemu.

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY INDICATORS

ABSTRACT

32 One of the biggest problems in the world today is the issue of energy. There is a complex two-way relationship between energy and climate change. Stopping climate change is a strategic opportunity to develop and invest in modern infrastructure as well as an opportunity for an integrated approach to smart city development and planning. Renewable energy sources and modern technologies are becoming an increasingly important segment in all fields because they reduce overall energy consumption and have a positive impact on the environment. Approaching from the point of view of problem-solving possibilities, the idea was to conduct research in the direction of identifying relevant factors for the application of renewable energy sources and improving the efficiency of their end use. By exploring these opportunities through projects, adequate access to energy, global warming and environmental management should be provided. A prerequisite for 24 such a process is a thorough understanding of complex systems, using multi-criteria analysis, which allows decision makers to find a balance between the technical and economic possibilities of today's and long-term development perspectives.

The topic explores methods and tools that support solving problems in the field of analysis of the development of energy-functional and information-technological infrastructure of the city. The mathematical methods of multicriteria analysis, which are applied in this dissertation in the decision - making process, are the analytical hierarchical process and the phase analytical hierarchical process. Decision makers are experts from electrical, computer and construction sciences in the technical-technological scientific field, who evaluate the identified indicators. This establishes a framework that supports policies, such as energy, economic, social, environmental policies, which, with a sustainable balance of natural resources and lower levels of pollution, will enable a sustainable energy system to move out of renewable laws, regulations and action plans more efficiently. economy and a better social life.

The subject of research in the dissertation is the modeling of RES projects, ranking sub-criteria within each group of criteria: environmental factors, factors of organizational and management structure and quality indicators. Furthermore, research is focused on EE infrastructure of smart city development, from the aspect of new technologies, renewable energy in relation to the climate zone, new and existing buildings. The accompanying component is the

development of awareness in the education system through measures of education of young people.

Inventiveness and innovation are necessary in the implementation of the smart city concept for the introduction of systemic integration of RES and ICT at all levels of local government as a carrier of sustainable development of the urban environment. Through the reduction of energy losses, a more humane attitude towards the environment, and especially through management and mobility, we must enable a continuous evaluation of all systems that should be integrated into a single global concept of a smart city.

The research methodology is based on the approach and analysis of selected entities in the urban environment for sustainable development in Serbia. The flexibility of the network planning system, (re) construction of buildings, solar energy, climate change and low emissions, as well as water and waste systems, is the ultimate sustainable strategy within the smart city concept. The focus is on the cost-effective application of modern technologies, as well as the optimal development of infrastructure models, in the area of locally available solar energy potentials. Analyses show that national energy systems can be transformed to adapt to the goal of adapting to climate change. Due to the inherent inertia of the energy system, all decisions made in the energy sector have long-term impacts.

Buildings are the largest single energy consumer with the greatest potential for energy savings. Today, in a situation of economic crisis and reduced construction activity, energy renewal has become even more important. Whether it is a new construction or reconstruction and a good knowledge of the thermal properties of building materials is one of the prerequisites for designing energy efficient buildings. Materials and solutions for improving thermal insulation are gaining more and more attention due to the tendency towards sustainable buildings. Reducing energy consumption and CO₂ emissions, developing and implementing sustainable construction technologies, systems and materials for new and existing buildings, will be key to addressing the challenge of moving to near-zero energy buildings in the years to come. It is necessary to consider a large number of various criteria and factors, and evaluate them by ranking solutions that will meet the necessary requirements for improving energy efficiency. The transition to energy efficient models requires monitoring of results, implementation of measures and activities in the direction of key indicators, as well as the development of awareness and education of the population, especially young people in the education system.

SADRŽAJ

1. OSNOVNA RAZMATRANJA	10
1.1. Sadržaj doktorske disertacije.....	10
1.2. Hipoteze, cilj i metode istraživanja.....	11
1.2.1 Hipoteze	12
1.2.2 Cilj istraživanja	12
1.2.3 Primena metoda istraživanja	13
1.3 Očekivani naučni doprinos	15
2. ISTRAŽIVANJA I PREGLED LITERATURE	17
2.1 Projekti obnovljivih izvora energije, energetska efikasnost i održivi razvoj	21
2.1.1 Projekti obnovljivih izvora energije: potencijali Nišavskog okruga	23
2.2 Nove tehnologije kao važan segment budućeg razvoja gradova	25
2.3 Obnovljivi izvori energije kao važan segment budućeg razvoja gradova	28
2.3.1 Solarna energija kao važan segment infrastrukture pametnog grada	30
2.4 Postojeće i nove energetske efikasne zgrade kao važan segment infrastrukture pametnog grada.....	32
2.4.1 Savremeni materijali za energetske efikasne zgrade.....	34
2.5 Razvijanje svesti i uvođenje OIE u obrazovni sistem	35
3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	38
3.1 Kriterijumi i podkriterijumi performansi projekta obnovljivih izvora energije	39
3.2 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta informacionih tehnologija	42
3.3 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta solarne energije	45
3.4 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta postojećih i novih zgrada	48
3.4.1 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta savremenih materijala	51
3.5 Kompetencije za uvođenje obnovljivih izvora energije u obrazovni sistem.....	53
4. RAZVOJ MODELA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA	56
4.1 Metodi višekriterijumskog odlučivanja.....	56

4.1.1	Analitički hijerarhijski proces	56
4.1.2	Fazi analitički hijerarhijski proces	59
4.2	Primena višekriterijumske analize.....	63
4.2.1	Koncept projekata obnovljivih izvora energije	64
4.2.1.1	Primena AHP metode sa aspekta projekata obnovljivih izvora energije.....	65
4.2.1.2	Primena FAHP metode sa aspekta projekata obnovljivih izvora energije	71
4.2.2	Koncept infrastrukture pametnog grada sa aspekta informacionih tehnologija	77
4.2.3	Koncept infrastrukture pametnog grada sa aspekta korišćenja solarne energije	83
4.2.4	Koncept infrastrukture pametnog grada sa aspekta postojećih i novih zgrada.....	88
4.2.4.1	AHP metoda u planiranju i arhitektonskom projektovanju novih zgrada	90
4.2.4.2	Primena FAHP metode u planiranju i projektovanju novih zgrada.....	95
4.2.4.3	Primena AHP metode na postojeće zgrade	103
4.2.4.4	Primena AHP metode na savremene materijale za energetske efikasne zgrade	110
4.2.5	Koncept obrazovnog profila Elektrotehničar obnovljivih izvora energije	111
5	DISKUSIJA.....	113
5.1	Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu projekata obnovljivih izvora energije	114
5.2	Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu pametnih gradova sa aspekta informacionih tehnologija 116	
5.3	Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu pametnih gradova sa aspekta solarne energije	119
5.4	Aktivnosti i mere usmerene ka razvoju pametnih gradova sa aspekta energetske efikasnosti zgrada 121	
5.5	Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu uvođenja obnovljivih izvora energije u obrazovni sistem 123	
6	ZAKLJUČAK.....	125
7	LITERATURA.....	129
8	DODATAK	143

1. OSNOVNA RAZMATRANJA

1.1. Sadržaj doktorske disertacije

U ovoj doktorskoj disertaciji je uočen i predstavljen problem, izvršeno struktuiranje tog problema kroz metodologiju istraživanja, razvijen model, prikazani rezultati primene metoda višekriterijumskog odlučivanja i predložene aktivnosti i mere za akcioni plan.

Uvodna razmatranja sadrže informacije o energetske i ekološke politici, globalnom problemu zaustavljanja posledica klimatskih promena i statusu pametnih gradova. Ovo je predmet istraživanja većeg broja instituta i univerziteta u Evropi i svetu, a model takvog sistema u Srbiji biće napredak za zemlje Zapadnog Balkana.

Energetska efikasnost (EE) i obnovljivi izvori energije (OIE) su dva alata uz pomoć kojih se u lokalnoj zajednici može postići energetska održivost kroz dostupne cene energije i prosperitet društvenog razvoja, bez narušavanja ekološke ravnoteže. Svetsku statistiku možemo preneti na Srbiju u kontekstu rastućih potreba sve veće populacije, razmatrajući pitanja klimatskih okvira i energetskih subvencija uz povećanje obima korišćenja čiste energije. Definisana je potreba za izradu OIE projekata, koji kao takvi moraju biti sagledani kroz kriterijume i podkriterijume u pravcu urbanizacije, zaustavljanja klimatskih promena uzrokovanih globalnim zagrevanjem i obezbeđivanja ekonomsko-finansijskih mogućnosti. Istraživanje će se zasnivati na prikupljenim podacima o OIE, koji su danas u upotrebi, podacima o novim tehnologijama i njihovoj ulozi u razvoju pametnih gradova, a samim tim i o savremenoj urbanoj i arhitektonskoj praksi, koja je aktivno usmerena na EE i izgradnju ekološki prihvatljivih zgrada. Podaci o zakonskim regulativama, propisima i protokolima u svetu, zemljama Evropske Unije, kao i u Srbiji, usmeravaće ka merama koje bi trebalo sprovesti u našoj zemlji.

Matematičke metode višekriterijumskog odlučivanja, koje će se koristiti, su alat u procesu odlučivanja. U disertaciji će biti prikazani rezultati rangiranja primenom metoda: analitički hijerarhijski proces i fazi analitički hijerarhijski proces. Kako bi se ukazalo na značaj novih tehnologija i energetski razvoj u formiranju pametnih gradova, definisana je odgovarajuća

metodologija istraživanja kroz prepoznavanje i izdvajanje indikatora koji su ključni za koncept razvoja napredne infrastrukture grada. Za nalaženje optimalnog rešenja rangiran je i analiziran skup kriterijuma i podkriterijuma kojima se može razviti odgovarajući model za izradu OIE projekata i predložene su mere u cilju energetske efikasnosti i održivog razvoja grada. U okviru studije slučaja, analizom indikatora koji utiču na razvoj mrežne infrastrukture gradova u Srbiji sa aspekta primene OIE, uvedenih na osnovu ocena stručnjaka, doći ćemo do izdvajanja prioriternih indikatora za koje će biti predložene konkretne mere.

U okviru faze planiranja, izgradnje i održavanja infrastrukture pametnog grada razmotramo sledeće kriterijume: gradsku mrežu, zgrade, solarnu energiju, životnu sredinu, eksploataciju vode i odlaganje otpada. U ovom delu disertacije rangiraćemo kriterijume i podkriterijume koji utiču na izbor prioriternih indikatora u okviru pomenute grupa kriterijuma. Istraživanje se zasniva na mogućnostima unapređenja infrastrukture uvođenjem solarnih sistema u odnosu na klimatsko područje.

Rezultati analize ključnih indikatora performansi nam ukazuju na mogućnost smanjenja potrošnje energije, projektima novih EE zgrada ali i energetske sanacije postojećih zgrada. Metodologija istraživanja po pitanjima održivosti, energetske efikasnosti i mera za primenu novih tehnologija na tržištu daje prednost perspektivama fotonaponskih panela kod postojećih zgrada. Na kraju disertacije u dodatku, prikazan je primer dobre prakse proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sistema u STŠ „Mihajlo Pupin“ – Kula.

Za razliku od razvijenih zemalja, kod kojih je uspešna transformacija postojećih u pametne urbane celine u Srbiji se tek grade optimalne okolnosti kako bi se ideja o formiranju pametnih gradova uopšte začela. Naše istraživanje se zasniva na mogućnostima unapređenja infrastrukture uvođenjem relevantnih elemenata razvoja sa ekoloških i tehnološkog aspekata, odnosno održivih sistema koji su deo toga.

1.2. Hipoteze, cilj i metode istraživanja

1.2.1 Hipoteze

Hipotetički okvir se sastoji od opšte i posebne hipoteze. Pretpostavka je da je metoda višekriterijumske analize primenljiva u izboru indikatora za razvoj projekata OIE u cilju unapređenja energetske efikasnosti i održivog razvoja.

Opšta hipoteza u disertaciji od koje se krenulo u istraživanje je: „Razvoj OIE projekata u Srbiji unapređuje energetske efikasnosti i omogućuje održivi razvoj regiona“.

Posebne hipoteze proizilaze iz opšte: „Uvođenje savremenih tehnologija unapređenje infrastrukturu grada sa aspekta uštede energije, zaštite okoline i razvijanje svesti u obrazovnom sistemu“.

Pojedinačne hipoteze koje su korišćene u disertaciji su:

1. Potrebe rastuće populacije stanovništva u gradovima, postaju sve veće, pa se moraju preduzeti mere za uštedu energiju i održavanje zdrave životne sredinu kako bi se izbegle katastrofalne klimatske promene.

2. Značajan odnos ekonomskih, finansijskih i političkih faktora tokom vremena i socijalnih i kulturnih troškova ukazuju na potrebu određivanja prioritetnih indikatora performanse projekta OIE.

3. OIE i IKT su prepoznati kao važni segmenti budućeg razvoja pametnih gradova pa shodno tome, potrebna su veća ulaganja u razvijanje svesti i edukaciju stanovništva pogotovu u obrazovnom sistemu.

4. Prioritetni i dominantni faktori unapređuju performanse arhitektonskih objekata, uzimajući u obzir aspekt energetske efikasnosti i uticaj na životnu sredinu, uz odgovarajuću ekonomsku isplativost.

1.2.2 Cilj istraživanja

Na osnovu analize postojeće situacije, postavićemo kriterijume za izradu OIE projekata za unapređivanje energetske efikasnosti i održivog razvoja u Srbiji. Na dalje se nadovezuju

istraživanja koja imaju za cilj energetske funkcionalne platforme grada, kroz koju se definišu mere za unapređenje njegove infrastrukture, sa aspekta planiranja mreže, zaštite okoline, uštede energije i predlažu pravce realizacije istih. Prateća komponenta je razvijanje svesti u obrazovnom sistemu kroz mere edukacije mladih.

Energetski sektor u Srbiji karakteriše niska EE, stare tehnologije, nizak nivo investicija, nizak udeo novih tehnologija i neracionalna potrošnja energije. Smanjenje potrošnje neobnovljivih izvora energije korišćenjem OIE omogućuje dalji razvoj naprednih gradova, uz uštedu energije i poboljšanja kvaliteta života. U radu implementaciju novih tehnologija možemo pratiti iz različitih pravaca u zavisnosti od postojećih potreba i izbora lokalne zajednice, klimatskih uslova, ekonomske situacije i vladine politike. Ovakav pristup može biti od koristi donosiocima odluka za izgradnju modela projekta kao i razvoj svesti i edukaciju stanovništva pogotovu mladih u obrazovnom sistemu.

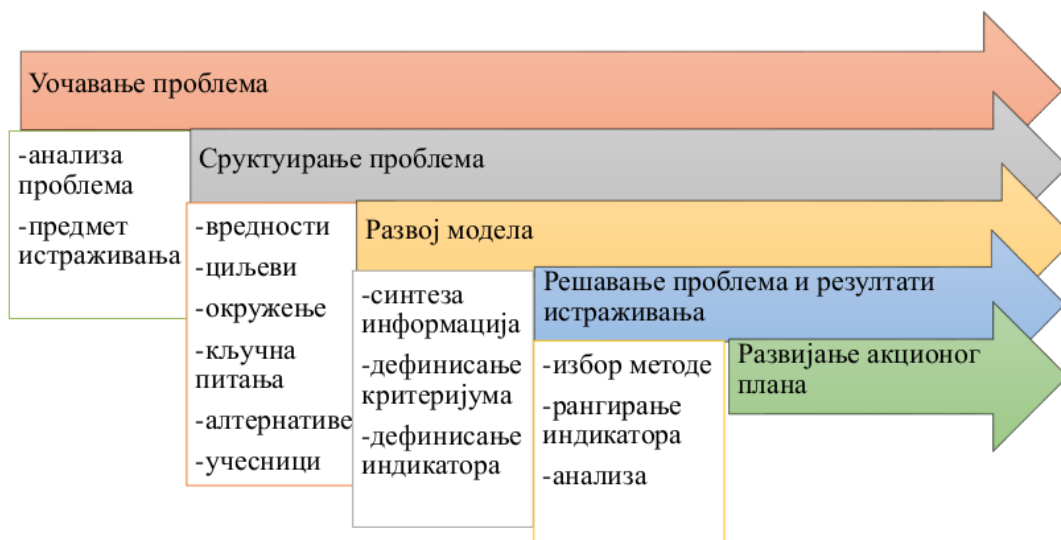
Smanjenje potrošnje energije i emisija CO₂, razvoj i implementacija održivih građevinskih tehnologija, sistema i materijala za nove i postojeće zgrade, biće ključni u rešavanju izazova prelaska na zgrade gotovo nulte potrošnje energije. Cilj istraživanja teži efikasnom korišćenju energije uz primenu mera za smanjenje potrošnje energije, kvalitetnijem boravku u zgradama, smanjenju troškova održavanja i produženju veka istih, odlaganju i iskoristivosti otpada za održivi razvoj. U nacionalnim akcionim planovima energetska efikasnost je u centru pažnje i predmet je brojnih istraživačko-razvojnih, demonstracionih, strateških, regulatorno-finansijsko-podsticajnih programa, izrade pravilnika i standarda. Implementacija OIE projekata, kao deo napredne gradske infrastrukture, predstavlja imperativ za smanjenje klimatskih promena, biće obezbeđena rangiranjem faktora okruženja, organizaciono-upravljačke strukture i indikatora kvaliteta u Srbiji. Integracijom IKT-a biće omogućena stalna procena svih sistema koji su deo jedinstvenog globalnog koncepta pametnog grada. Za slučaj primene solarnih sistema u Srbiji je sve manja razlika u investicionoj vrednosti, a sve veća energetska efikasnost.

1.2.3 Primena metoda istraživanja

Tokom naučnog i istraživačkog rada, biće ispunjeni osnovni metodološki zahtevi – objektivnost, pouzdanost, opštost i sistematičnost.

U okviru izabrane problematike, definisanih ciljeva istraživanja i postavljenih naučnih hipoteza, analizama se dolazi do naučnih i stručnih zaključaka i iznalaženja mogućih rešenja. Disertacija će sadržati naučno-teorijska saznanja, višekriterijumske metode odlučivanja i numeričke rezultate, relevantnu literaturu i savremenu praksu, odnosno ocene eksperata.

Sakupljeni podaci i rezultati istraživanja iz oblasti OIE iz doktorskih disertacija i naučnih publikacija i izveštaja biće predstavljeni u analizi situacije u svetu, zemaljama Evrope i u Srbiji. Ovi rezultati biće upotrebljeni u cilju definisanja pravca istraživanja i razvoja OIE projekata u Srbiji.



Slika 1. Etape toka istraživanja u disertaciji

Primenom matematičkih metoda AHP (analitički hijerarhijski proces) i FAHP (fazi analitički hijerarhijski proces), rangiraće se kriterijumi, podkriterijumi i indikatori koncepta projekta OIE. Tema daje mogućnost razvoja energetske platforme sa aspekta planiranja mreže, uvođenja savremenih tehnologija, primene solarnih sistema i niskim emisijama gasova u Srbiji. Zbog dostupnosti solarne energije i novih tehnologija solarnih sistema, navedene su mere koja koje se mogu preduzeti za izradu ili adaptaciju energetski funkcionalnih elemenata infrastrukture.

Matematičkim metodama se omogućava, donosiocima odluke da sa aspekta energetske efikasnosti i uticaja na životnu sredinu, rangiraju indikatore u cilju pronalaženja optimalnog rešenja, kod postojeće i novoprojektovane infrastrukture grada. Kroz ovakav pristup biće analiziran veći broj kriterijuma i podkriterijuma kroz model izrade OIE projekata i studiju slučaja primenu solarnih sistema kako bi se povećao stepen energetske efikasnosti zgrada.

Na kraju disertacije, na osnovu analize ostvarenih rezultata, predložene su aktivnosti i mere za razvijanje akcionog plana u ovoj oblasti u Srbiji.

1.3 Očekivani naučni doprinos

Istraživanja nam ukazuju da, upotrebom saznanja i iskustva razvijenih zemlja u oblasti OIE, Srbija može ostvariti značajane rezultate u pravcu novih tehnologija i korišćenja potencijala solarne energije, a u cilju prilagođavanja globalnim promenama.

Brojni rezultati istraživanja sprovedenih u razvijenim evropskim zemljama su upotrebljeni kao polazna osnova za istraživanje koje je sprovedeno i izneto u ovoj disertaciji. Održivi kapaciteti obnovljive energije su važan podsticaj za metodologiju istraživanja koja rangira kriterijume i daje ključne indikatore projekta OIE. Razvoj proizvodnje obnovljive energije doprinje rešavanju mnogih kratkoročnih izazova s kojima se Srbija suočava.

U okviru teme se prvi put objavljuju dobijeni rezultati višekriterijumske analize za izradu OIE projekata i energetske funkcionalnu platformu koja treba da bude pristupačna osnova za upravljanje urbanom sredinom. Na osnovu prioriteta dobijenih rangiranjem indikatora, predlažićemo mere koje se implementiraju u model energetske platforme za infrastrukturu pametnog grada. Podaci koji mogu biti korisni, a odnose se na praktične probleme planiranje mreže, izgradnja/nadogradnja objekata, savremene tehnologije, klimatske promene i niske emisije, upravljanjem vodom i otpadom.

U cilju pronalaženja najboljeg rešenja za povećanje energetske efikasnosti zgrada, prvi put se objavljuju i rezultati rangiranje odgovarajućih indikatora, te se predložena metoda može uspešno primeniti u procesu donošenja odluka vezanih za oporavak energije i rekonstrukciju postojećih arhitektonskih objekata. Zajedno sa nacionalnim stručnjacima razvijamo scenarije u pravcu novih tehnologija i korišćenja potencijala solarne energije. Istraživanje pokazuje da primena krovnih fotonaponskih solarnih panela značajno doprinosi poboljšanju energetske efikasnosti kod postojećih zgrada. Energetski funkcionalna zgrada integrisanog solarnog sistema, odnosno fotonaponskih panela je urađena kroz studiju slučaja. u Srednjoj tehničkoj školi „Mihajlo Pupin“ – Kula u Srbiji.

Tema je aktuelna, a doprinos predloženog istraživanja je u uočavanju značaja OIE i primene solarne energije koja bi prema poslednjim predviđanjima do 2050. godine mogla da postane dominantan izvor energije i potreba savremenog društva za zaštitom okoline.

U skladu sa predmetom i ciljem teme, kao i metodologijom istraživanja, očekuje se da će rezultati dati doprinos razvoju Srbije u oblasti primene OIE, jer se potpisivanje vrlo značajnih regulativa i protokola tek očekuje. Predloženi metodi mogu se sa uspehom primeniti kod

donošenju odluka u razvoju OIE projekata, u oblasti urbanog razvoja i razvijanju ekološke svesti. Rezultati studije pružaju informacije koje se mogu koristiti za razvoj metodologije koju lokalne i republičke vlasti mogu pratiti prilikom određivanja kriterijuma napredne gradske logistike. Očekuje se da će se analizirani rezultati koristiti za dalja istraživanja.

Budućnost većine stanovništva je izvesno urbana - 70% će živeti u gradovima do 2050. – ali je neizvesno kako će izgledati grad sutrašnjice. Od suštinske važnosti je rana saradnja svih zainteresovanih strana iz industrije, vlade, regulatornih tela, urbanista, istraživačkih kompanija i građanskog društva. Snabdevanje energije u svetu je najrazličitije, pri čemu OIE imaju najveći rast, a smanjivanje uticaja klimatskih promena zahteva značajnu smanjenu emisiju na globalnom nivou. Zemlje u razvoju povećavaju nivo potražnje za energijom, a razvijene ekonomije ostaju na istom nivou.

U svetu, potrošnja energije ima mesto od posebnog značaja, pogotovo kada je reč o zemljama u razvoju, zato izbor najbolje energetske opcije predstavlja kompleksnu funkciju više promenljivih i predstavlja višekriterijumski problem odlučivanja. Ova disertacija je uključivala izgradnju modela donošenja odluka kako bi se optimizovala potrošnju energije u pojedinim regionima. Disertacija je ispitala uvođenje OIE kao i izbor najpogodnijeg izvora energije u pojedinim regionima Srbije na osnovu niza kriterijuma i podkriterijuma koji su bili podvrgnuti ponderisanju od strane eksperata. Razmatrane energetske opcije bile su ograničene na urbanu infrastrukturu i solarnu energiju. Alat poznat kao Analitički hijerarhijski proces (AHP) zajedno sa pridruženim programskim paketom primenjen je u izradi modela i donošenju zaključaka. Nalazi studije su pokazali da pod normalnim prevladavajućim uslovima, fotonaponski paneli predstavljaju optimalan izbor izvora energije u Srbiji. Studija je pokazala da je AHP kao snažan alat za analizu doveo do veoma konzistentne procene i prilično pouzdane odluke.

2. ISTRAŽIVANJA I PREGLED LITERATURE

Zaustavljanje klimatskih promena je trenutno najozbiljniji globalni problem, u čijem rešavanju bi trebalo učestvovati kako razvijene zemlje tako i zemlje u razvoju. Prema svetskoj statistici, stanovništvo koje živi u gradovima postaje sve brojnije, pa bi trebalo preduzeti mere za zadovoljenje rastućih potreba za održavanje zdravog životnog okruženja i ublažavanje klimatskih promena [1]. Uz sagorevanje fosilnih goriva koja emituju SO_2 i ostalih gasova staklene bašte, razvoj gradova je u direktnoj je suprotnosti sa njihovim održivim razvojem i mogućnosti da doprinesu očuvanju Planete [2]. Sve veća potreba za racionalizacijom potrošnje električne energije i poboljšanjem ekonomije, kao i velika mobilnost na nivou gradova kod nas i u svetu, značajno povećava zavisnost upravljanja energijom od njenog uticaja na klimatske promene. Sada već opšte prihvaćen stav, da je održiv razvoj grada jedina opcija, potkrepljuju brojne studije koje se bave uzročno – posledičnim odnosom između energije i okruženja [3].

Četiri najvažnija spoljna faktora okruženja u opadajućem redosledu uključuju pitanja stanovništva, klimatske uslove, ekonomsku situaciju i vladinu politiku [4]. Gradovi su u središtu svake strategije urbanog razvoja jer se posmatraju kroz dinamičke sisteme interakcije ljudi, institucija, resursa i procesa. Danas 55% svetske populacije živi u urbanim sredinama, a procene su da će do 2050. godine živeti preko 68% svetske populacije, pri čemu se blizu 90% tog povećanja odnosi na Aziju i Afriku [5].

Veliki broj gradova u razvijenim zemljama imaju pogodnost i sredstva za pružanje usluga koje poboljšavaju kvalitet života. Stockholm, Pariz, Barselona, London, Singapur i Kopenhagen samo su neke od metropola koje se mogu klasifikovati kao pametni gradovi [6]. UN su zabeležile da je 2010. bilo 1551 grad širom sveta. Do 2030. godine očekuje se da će taj broj premašiti 2.000, uz stalni rast do 2050. godine [7].

Zaustavljanje klimatskih promena na nivou gradova predstavlja stratešku priliku za razvijanje integrisanog pristupa konceptu pametnog grada kao i priliku za ulaganje u savremenu infrastrukturu, društveni razvoj i upravljanje okolinom. Urbani gradovi teže da steknu oznaku pametnog grada kao ikonu inteligentnog, kompaktnog i uslužnog grada [8]. Međutim, oznaka pametnog grada je nejasan pojam, jer definicija i koncept nemaju niti jednu definiciju predloga

okvira, niti zajedničku definiciju koja bi odgovarala razvoju pametnog grada [9]. Definicija pametnog grada i konceptualni okvir zavise od sistemske infrastrukture na kojoj će se primenjivati ovaj model [10].

Grad bi trebalo da se razvija kao pametan, uspešnom strategijom kroz nove tehnologije i tehnološke inovacije u pravcu povećanja kvaliteta života i poboljšanja ekoloških aspekata [11]. Za 75% ukupne potrošnje energije u svetu su odgovorni gradovi, pa se smatraju glavnim emiterima gasova staklene bašte, najvećim zagađivačima vode, zemljišta i vazduha, kao i najvećim potrošačima konvencionalnih obnovljivih resursa. Pametan grad je vizija budućnosti urbanog razvoja koju svaki grad, ponaosob, razvija za sebe. Gradovi, poput Pariza, Kopenhagena, Berlina, Amsterdama, Londona i Barselone, aktivno primenjuju pametna tehnološka rešenja za poboljšanje javnih i ličnih usluga [12].

Stalno praćenje indikatora ekonomskog, socijalnog, političkog i ekološkog razvoja, je suština održivog razvoja svakog grada koji želi da postane "pametan" U Srbiji ne postoje pametni gradovi u pravom smislu te reči, a postoje predlozi za mogućnost pametnog razvoja kroz Nacionalni akcioni plan [13]. Sinteza informacija i usluga se razmatra u okviru lokalnog, regionalnog ili nacionalni nivoa u cilju povećanja stepena održivog razvoja [14]. U današnje vreme, trend pametnih gradovima predstavlja potpuno novi izazov u pravcu poboljšanja njihove konkurentnosti. Uprkos različitim vizijama, postoji zajednički cilj koji vodi ka razvijanju pametne urbane infrastrukture, čija se polazna osnova razmatra kroz koncept, prikazan na slici 2.1.

ПАМЕТНО УПРАВЉАЊЕ	ПАМЕТНО ГРАЂАНСТВО	ПАМЕТНО ЖИВЉЕЊЕ
• стратегије и перспективе • партиципација грађана • приступ услугама и е-управа • транспарентност и отворени подаци	• учешће у заједници • свесност • висок степен квалификације • е-учење и целоживотно учење • креативност, флексибилност, отвореност • социјална и етничка разноликост	• сигурност • приступачан стан • комуналије, инфраструктура • здравствене услуге • Образовање и обука • социјална интеграција и рекреација • култура и туризам

ПАМЕТНА МОБИЛНОСТ	ПАМЕТНО ОКРУЖЕЊЕ	ПАМЕТНА ЕКОНОМИЈА
•Интеграција ИКТ инфраструктуре •иновативни транспортни систем •локална и међународна приступачност	•урбанистичко планирање •контрола загађења и заштита животне средине •ефикасна употреба воде •коришћење обновљиве енергије •изградња паметних зграда •управљање природним ресурсима •атрактивност природног окружења	•предузетништво, стар-уп •иновације и стратешка улагања •економске прилике за грађане •продуктивност •капацитет трансформације и флексибилност тржишта •промоција економије и конкурентност •е-пословање, е-трговина •интеграција са националним и међународним тржиштем

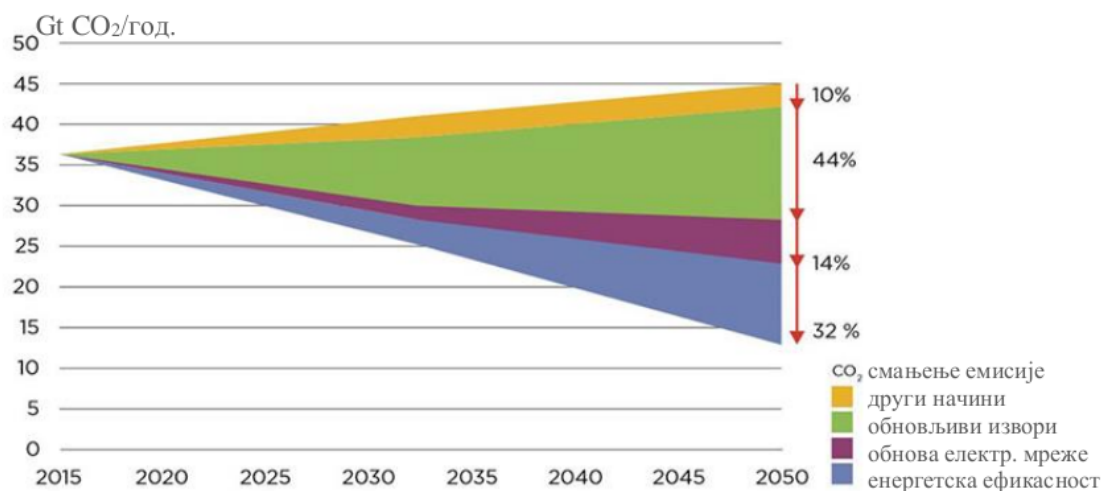
Slika 2.1 Koncept pametnog grada

Unutar svake grupe kriterijumi navedeni su indikatori koji se najčešće javljaju u sličnim analizama koncepta pametnog grada [15].

Uočeno je, i kroz brojna istraživanja dokazano, da između klimatskih promena i energije postoji složen dvosmeran odnos. Nameće se pitanje modernim gradskim vlastima, planerima i komunalnim preduzećima: na koji način bi trebalo da se energetska infrastruktura razvija, kako bi podržavala ekonomski rast i visok standard. U gradovima se otvaraju nove mogućnosti uvođenjem inovativnih tehnologija u cilju efikasnog upravljanja resursima. Oni su pokretači ekonomskog razvoja, centri kulture, nauke i obrazovanja [16].

Prateći razvoj i koristeći znanja iz drugih nauka i privrednih delatnosti, energija može da postane „zelenija“. U nekim razvijenim zemljama sveta se ovome posvećuje velika pažnja. Na slici 2.2 je predstavljen model promocije OIE i energetske efikasnosti u G20 zemljama ali i širom sveta koji može doprineti smanjenju emisija, kako bi se porast globalne temperature zadržao ispod 2°C, izbegavajući na taj način najsurovije efekte klimatskih promena.

Prelazak na energetske efikasne izvore koji smanjuju emisiju CO₂ u atmosferu, zahteva liderstvo, partnerski odnos između vlade i industrije, odlučnu i koordiniranu akciju svih aktera u energetskom sektoru, praćenje rezultata budućih istraživanja, investiciona ulaganja u nove tehnologije, ali i povećanje opšte svesti lokalnog stanovništva.



Slika 2.2 Ukupna emisija CO₂ za sve sektore [17]

Usvajanje novog eneretskog zakona, usklađivanje zakonodavstva Srbije sa eneretskim paketom EU, sa rešenjima o uštedi energije, može pokazati razuman odgovor na klimatske promene i igrati vodeću ulogu podržavajući eneretsku održivost gradova [18]. Primena održivih eneretskih sistema jedan je od glavnih ciljeva eneretske politike Evropske unije (EU) koja ima za cilj promovisanje sigurnih snabdevanja energijom visokokvalitetnim uslugama i visokim komformnim okruženjem [19].

Razvoj eneretskog sektora mora biti društveno podnošljiv tj. moguće iznenadne promene na eneretskom tržištu ne bi trebalo da imaju ozbiljan društveni uticaj na većinu stanovništva. Smatra se da u oblasti klimatskih promena politika može biti uspešna samo ako je koncipirana da vodi računa o ekonomskim i socijalnim stvarnostima, kao i ciljevima [20].

Trenutno je manje nego što je potrebno pravnih i strateških dokumenata u Srbiji u oblasti energetike vezano za klimatske promene. Iako je pitanje klimatskog okvira i dalje veliko kao ranije, uticaj eneretskih subvencija raste s povećanjem prodiranja čiste energije. Upotreba zastarelih tehnologija i fosilnih goriva, kao što su konvencionalni izvori energije, podrazumeva nisku efikasnost i visok stepen zagađenja u urbanim sredinama. U Srbiji se stvara potreba za analizom indikatora koji utiču na razvoj infrastrukture gradskih mreža sa aspekta primene OIE [21].

Najvažniji dokumenti koje treba usvojiti i sprovesti su sveobuhvatna strategija i akcioni plan, koji se tiču eneretskih promena. Pored toga, Srbija mora da stvori pravni okvir za razmatranje ciljeva ovih promena u okviru sektorske politike. Međutim, trenutni administrativni i izvršni kapaciteti u vezi sa eneretskim promenama nisu dovoljno razvijeni u Srbiji. Postoji određena baza znanja, ali je ograničena i neorganizovana. Plan razvoja za male emisije gasova sa efektom

staklene bašte je u fazi pripreme. Treba uzeti u obzir mogućnosti koje daje dinamički razvoj energetskog sektora u smislu racionalne raspodele troškova, prvenstveno na regionalnom nivou. Ključne pozitivne socijalne posledice takvog razvoja energetskog sektora uključivaće zaposlenost, povećanje životnog standarda, poboljšanje statusa ljudskih prava i poboljšanje mogućnosti korišćenja javnih dobara [22]. Nova tehnološka rešenja koja se zasnivaju na podsticaju tržišta bi trebalo garantovati da će sektor obnovljive energije voditi ka uspešnom rešavanju globalnih klimatskih problema i biti društveno održiv [23]. Srbija bi trebalo da razvije koncept pametnog grada u skladu sa razvijenim zemljama. OIE i IKT su prepoznati kao važni segmenti budućeg razvoja pametnih gradova.

2.1 Projekti obnovljivih izvora energije, energetska efikasnost i održivi razvoj

Pregled rezultata stotina projekata Svetske banke ukazuje da uspeh ili neuspeh često zavisi od faktora u opštem okruženju izvan kontrole rukovodioca projekta. U teoriji upravljanja projektima, okruženje može da ometa proces realizacije plana, jer što je manje predvidljivo okruženje, više je mogućih uticaja koji se moraju uzeti u obzir prilikom razvoja koncepta OIE projekata [24].

Kao što je već napomenuto, zbog ograničene količine fosilnih goriva i njihovih uticaja na životnu sredinu, postoji veći interes za korišćenje OIE i razvoja novih tehnologija za povećanje njihove efikasnosti. Dosadašnja istraživanja pokazala su da postoji potreba za razvijanjem odgovarajućih alata i tehnika za upravljanje projektima, prilagođenih životnoj sredini zemalja u razvoju.

Potreba za prelaskom sa uglja na obnovljivu energiju apsolutna je potreba, ali važno je i preispitati koji su izvori zaista dostupni, obnovljivi i zasnovani na energetskej efikasnosti [25]. Kao rezultat toga, korišćenje OIE kao što su solarna energija, energija vetra, energija biomase, geotermalna energija, hidroenergija i kogenerisana energija, su u porastu [26].

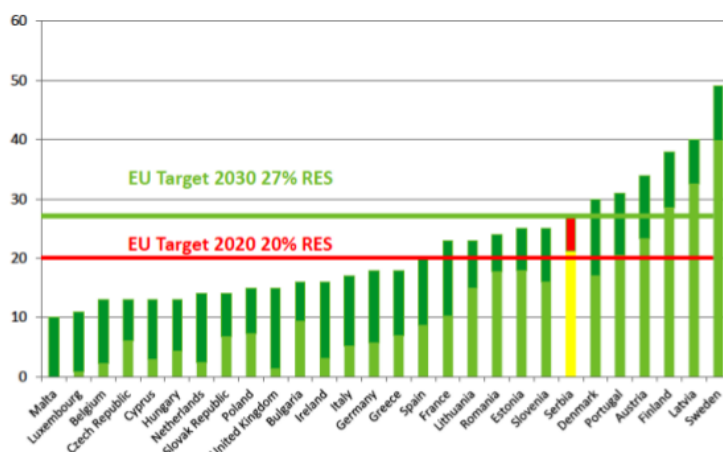
Srbija ima veliku količinu obnovljive energije, ali njen najveći potencijal je u biomasi koja čini 61% ukupne obnovljive energije. Energija vetra procenjuje se na 2,3 milijarde kWh godišnje, što je 7% godišnje proizvodnje električne energije [27]. Štaviše, Srbija ima značajan hidropotencijal koji se procenjuje na 25 TWh godišnje, a od kojih se 17,5 TWh godišnje priznaje kao ekonomski održivo za korišćenje. Na osnovu trenutno raspoloživih kapaciteta

elektroenergetskog sistema Republike Srbije za obezbeđivanje tercijarnih rezervi, usvojeno je da je maksimalni tehnički upotrebljivi kapacitet solarnih elektrana 450 MW, tj. njihov tehnički upotrebljivi potencijal je 540 GWh / godišnje (0,046 miliona tona ekvivalenta nafte godišnje). Srbija bi do kraja 2020. godine trebala da postigne cilj da izvuče 27% svoje ukupne krajnje potrošnje energije iz obnovljivih izvora, a trebalo bi da se naprave elektrane iz obnovljivih izvora ukupnog kapaciteta 1,058 MW. Prema Nacionalnom akcionom planu za obnovljivu energiju, planovi za buduću potrošnju energije uključuju 36% obnovljive energije, 30% grejanja i hlađenja i 10% transporta [28]. Važno je istaći da implementacija energetske efikasnosti ima značajan uticaj na dostizanje ciljeva održivosti.

U toku pregovora o pristupanju sa Evropskom unijom (EU), Srbija je dužna da prenese zakonodavstvo EU u nacionalni zakonodavni sistem, što će imati značajan uticaj na njegovu energetske, životnu sredinu, ekonomsku i socijalnu politiku [29]. Ukupni cilj EU je 20% udela energije iz OIE u krajnjoj potrošnji energije u 2020. godini, kako je utvrđeno u paketu EU o energetskim i klimatskim promenama [30]. Izričito, Vlada Srbije sprovodi svoj Nacionalni akcioni plan za obnovljive izvore energije s ciljem da dostigne 27% udela u bruto krajnjoj potrošnji energije do 2020. godine [31]. Do 2030., Upotreba projektovane energije trebalo bi da se smanji razvojem OIE, pri čemu je izbegavanje "tehnologije zaključavanja" od najvećeg značaja, jer nije kompatibilno sa ciljem dekarbonizacije [32].

Ulazak u EU i usvajanje zakonskih normi EU u budućnosti - posebno ona koja se odnose na energiju i životnu sredinu - biće glavni pokretači za smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte u energetskom sektoru Srbije. Sve buduće međunarodne prilike i obaveze imaće znatno manji uticaj, usled odlaganja u međunarodnim pregovorima. Odluke koje će biti donesene u energetskom sektoru u bliskoj budućnosti mogu dovesti do potencijalno visokih troškova tokom dužeg perioda, kao što je to slučaj sa ugljenikom [33]. Iz tog razloga, važno je stvoriti strateški okvir za energetske politiku u Srbiji koji će adekvatno uzeti u obzir pitanja klimatskih promena i zaštite životne sredine.

Obaveze koje su Srbija i države članice Evropske unije (EU) preuzele za OIE prikazana je na slici 2.1.



Slika 2.1 Obaveze za obnovljive izvore energije (OIE): poređenje% OIE Srbije sa državama članicama Evropske unije (EU) [33].

Danas, u Srbiji, većina gradskog stanovništva živi u srednjim gradovima, koji broje između 100 000 i 500 000 stanovnika, pa bi ih trebalo videti kao najveći potencijal formiranja budućih pametnih gradova, zbog čega bi savremeni urbanistički planovi bili fokusirani na njih [34].

Performanse međunarodnih građevinskih projekata imaju faktore složenih i dinamičkih sistema za razliku od domaćih projekata, koji su često je izloženi spoljnim faktorima neizvesnosti, kao što su politički, ekonomski, institucionalni, socijalni i kulturni rizici i unutrašnjim opasnostima od okvira projekta [35]. Međutim, za razvoj projekta OIE zahteva se tehnologija izgradnje i resursa razvijenih zemalja.[36].

Posledice neracionalne upotrebe konvencionalnih neobnovljivih izvora energije i neadekvatnog upravljanja energijom i materijalima, u poslednjim decenijama XX veka, dovelo je do osveščivanja stanovništva kroz niz političkih, ekonomskih i tehnoloških aktivnosti namenjenih restrukturiranju neodrživog procesa izgradnje i eksploatacije zgrada, odgovornih za najveći udeo u ukupnoj potrošnji energije u svetu [37]. Razvoj obnovljivih izvora energije u Srbiji trebalo bi da predstavlja način da se zadovolji rastuća potražnja za energijom i da se obezbedi održivo tržište energetske tehnologije.

2.1.1 Projekti obnovljivih izvora energije: potencijali Nišavskog okruga

U vremenima krize i opšte ekonomske nesigurnosti, podizanje nivoa održivog razvoja i energetske efikasnosti kroz obnovljive izvore energije je bitan faktor za dugoročnost uspešnog poslovanja i stvaranje konkurentne prednosti kompanija u konceptu projekata. Primena obnovljivih izvora dobija sve veći značaj, pogotovu korišćenjem resursa dostupnih na sopstvenoj teritoriji. Za proizvodnju struje iz geotermalnih izvora temperature moraju biti 100°C, dok je temperatura vode geotermalnih izvora u Srbiji najčešće u opsegu do 40°C. Geotermalne vode se koriste u Niškoj Banji za balneoterapiju i za grejanje jednog hotela pomoću toplotne pumpe. Geotermalne vode Ostrovice u Sićevačkoj klisuri imaju temperaturu 22°C i izdašnost oko 10 l/s [38]. Njihov kvalitet je dobar tako da mogu koristiti kao voda za flaširanje. U dolini Toponičke reke nalaze se Kravlje i Miljkovac. Na lokalitetu Kravlje količina vode je 10 l/s, a temperatura 30°C. Na lokalitetu Miljkovac nalaze se geotermalni izvori sa temperaturom vode 36 °C. Kvalitet ove vode je veoma sličan kvalitetu geotermalnih voda Niške Banje. Prema našoj oceni, na ovoj lokaciji je moguća eksploatacija geotermalne vode u količini od 50 l/s sa temperaturom 40-45°C. Na lokaciji Jelašnica se može eksploatisati oko 5 l/s mineralne vode retkog hemijskog sastava sa temperaturom oko 20°C. Područje Suve planine i karstni tereni severno od Niške Banje su u ekološkom pogledu dobrog kvaliteta, odnosno nisu naseljeni i imaju povoljne hidrogeološke karakteristike. Naime, iz geotermalne vode se prvo može izvući geotermalna toplotna energija, a zatim se ohlađena, ista voda može flaširati.

Potencijal malih vodotokova, na kojima se mogu graditi male hidroelektrane, iznosi oko 0.4 miliona ten ili 3% od ukupnog potencijala obnovljivih izvora u Srbiji. Prirodni izvori voda Niške Banje imaju temperaturu od 35-40°C i izdašnost oko 100 l/s. Male hidroelektrane, odnosno energetske objekti koje se mogu izgraditi su snage do 10 megavata i spadaju u kategoriju povlašćenih proizvođača energije; mogu biti i veće u zavisnosti od padavina. Iz vodonošnih aluvijalnih peskova i šljunkova reke Nišave neposredno iznad Niša, danas se zahvata 600 l/s vode koja se posle predtretmana (koagulacija, flokulacija, filtracija), naravno hlorisanjem, dobija kvalitetna voda za piće [39].

Trebalo bi imati u vidu da je potrebno da vetar duva najmanje 2800 sati godišnje prosečnom brzinom od preko 6m/s (jedna godina ima 8760 sati), da bi se određena lokacija uzela u obzir za izgradnju vetroparka. U istočnim delovima Srbije postoje mesta gde je srednja brzina vetra preko 6m/s i to su: Stara Planina, Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh. Kako oblast zauzima oko 2000 km², u budućnosti bi se moglo izgraditi oko 2000 MW instalirane snage vetrogeneratora. Samo lokacija vrha stare planine Midžor, sa godišnjim prosekom od 7.6 m/s imala bi stepen iskorišćenja oko 28% [40]. Na jugu Srbije u velikoj meri je zastupljena šumska, odnosno drvena biomasa, a na severu poljoprivredna biomasa poput slame, kukuruzovine, granja i koštica. U

4

Srbiji se kao sirovina za proizvodnju biodizela mogu koristiti uljarice - suncokret, soja i uljana repica, i otpadna jestiva ulja.

Prosečan intenzitet sunčevog zračenja na teritoriji Srbije je od 1.1 kilovat-sati po kvadratnom metru na dan ($\text{kWh/m}^2/\text{dan}$) na severu do $1,7 \text{ kWh/m}^2/\text{dan}$ tokom januara, a od 5,9 do $6,6 \text{ kWh/m}^2/\text{dan}$ tokom jula. Na godišnjem nivou, prosečna godišnja vrednost energije zračenja za teritoriju Srbije iznosi od $1.200 \text{ kWh/m}^2/\text{god.}$ u severozapadnoj Srbiji do $1.550 \text{ kWh/m}^2/\text{god.}$ u jugoistočnoj Srbiji, dok u centralnom delu iznosi oko $1.400 \text{ kWh/m}^2/\text{god.}$ Ako se uzme u obzir činjenica da su OIE konkurentni troškovima u poređenju s konvencionalnim izvorima električne energije, može se zaključiti da oni nude snabdevanje sa najnižim cenama. Fid-in tarifa za solarnu energiju, u Srbiji, iznosi od 16,25 do 22,66 evrocenti po kilovat-času, zavisno od veličine solarne elektrane [41].

Postoji interesovanje za različite instalisane snage i tehnologije OIE ali najveće je za sisteme male snage i to: male hidroelektrane, biogas i solarne elektrane.

Implementacija OIE, u velikoj meri će zavisiti od uspostavljanja realnih dostižnih ciljeva koji sadrže vremenski raspored ostvarivanja i koji su specifični i jasno izraženi od određivanja glavnih organizacija odgovornih za ostvarivanje ciljeva i njihove međusobne saradnje, pravilne, efikasne i pravovremene primene planiranih programa aktivnosti do stalnog praćenja ostvarenog napretka i internog i eksternog izveštavanja o rezultatima postignutim u ostvarivanju postavljenih ciljeva [42].

U Nišavskom okrugu, kompanije koje grade, modifikuju i održavaju različite objekte kroz implementaciju OIE, slabo su integrisane na lokalnom nivou. Planiranje održivosti sa niskom emisijom štetnih gasova još uvek je u ranoj fazi razvoja na jugu Srbije.

2.2 Nove tehnologije kao važan segment budućeg razvoja gradova

Pokušaji da se dostigne održivi urbani razvoj postali su, poslednjih godina, deo koncepta pametnog grada. Koncept pametni grad nastao je kao ideja za poboljšanje života ljudi u gradu korišćenjem napredne tehnologije i nameće se kao rešenje izazova koje predstavlja proces urbanizacije [43,44]. Razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) u mnogome je već poboljšao život ljudi i promenio način na koji rade, obrazuju se, kupuju i provode svoje

slobodno vreme [45]. Upotreba korisničkih uređaja, interneta, pametnih telefona i aplikacija omogućava građanima da dobiju željene informacije i da na jednostavan i brz način komuniciraju s drugima. Koncept pametnog grada proizlazi iz težnje ka primeni IKT-a u svim komponentama grada kao što su transport, energija, infrastruktura i objekti, kultura, zabava, a sve u cilju poboljšanja kvaliteta, bržeg reagovanja na promene i prevazilaženja problema [46].

Pošto je potreba za standardizacijom posebno dragoceno i jasno upravljanje u vezi sa projektima vezanim za ovaj koncept, istraživanje se oslanja na komponente definisane 2007. godine, kada je za koncept pametnog grada postavljeno šest kriterijuma: pametno upravljanje, pametni građani, pametna ekonomija, pametna mobilnost, pametan život i pametno okruženje [47]. Cilj je rangirati ključne indikatore primenom AHP matematičke metode i ispitati njihov značaj i doprinos razvoju grada u budućnosti, kao i usvojiti mere za razvoj pametnog i održivog grada sa aspekta primene IKT-a.

IKT unapređuje urbanu infrastrukturu, uključujući postavljanje senzora za prikupljanje podataka radi pružanja informacija u realnom vremenu za upravljanje resursima i kontrolu javne bezbednosti [48]. Upotreba baze za veliku količinu podataka omogućava nam da sagledamo sve aspekte složenog problema u cilju njegovog rešavanja. Primenom elektronske platforme i IoT, danas je moguće sagledati postojeći problem iz više perspektiva, uzimajući ih sve u obzir. Trendovi koji su ocenjeni kao najrelevantniji su IoT, 5G, velika baza podataka i „servisi u oblaku“ [49]. Koncept pametnog grada rezultat je ideja za korišćenje naprednih informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) za poboljšanje standarda života ljudi u gradu i izazov za rešenje procesa urbanizacije [50]. Na osnovu literature, studija i stručnih radova, koji se bave modelom „pametnog grada“, pokazali smo da bi metodologija trebalo da proceni uticaj održivosti različitih IoT rešenja koja će se koristiti u urbanoj sredini kao na slici 2.2.1.



Слика 2.2.1 Implementација IoT реšenја за паметне градове [51]

IoT se odnosi na upotrebu senzora, uređaja koji snimaju različite vrste podataka, kao što su toplota, svetlost, brzina i težina - i bežičnih komunikacija za različite vrste uređaja. Korišćenje i

povezivanje mnoštva senzora kreira veliku bazu podataka, koja omogućava detaljnu analizu okruženja kontinuirano i/ili u realnom vremenu. Informacije bi bile višenamenske, kako za optimizaciju urbane infrastrukture tako i za efikasnije korišćenje sopstvenih resursa. Kako jedni IoT servisi postavljaju zahteve za kapacitetom, drugi za pristup, važno je imati infrastrukturu koja može da upravlja i jednim i drugim. IoT podaci dolaze iz različitih izvora, do mesta gde se čuvaju, analiziraju i obrađuju, formirajući odgovarajuće informacije, koje kasnije utiču na stvarne procese u gradu [51]. Dakle, pasivno ili aktivno uključivanje građana pruža stalan protok informacija, koji je jedan od najvažnijih resursa pametnih gradova. Razvoj računarstva u oblaku omogućava virtuelnu skladištenje i prenos velike količine podataka.

Upotreba senzora je široko rasprostranjena u gradovima koji imaju epitet *pametan*, a primena IKT-a je značajna i u saobraćaju. Mobilne aplikacije često prate kretanje ljudi radi postavljanja pešačkih staza, atraktivnih lokacija i saobraćaja između određenih delova grada, što je posebno važno za sektor urbanizma. Tehnologija u prevozu koristi se za informisanje putnika u autobusu putem informacione table ili za elektronsko plaćanje putarine. Senzori u gradu se sve češće koriste za nadgledanje besplatnih parking mesta da bi se smanjili zagušenja i kašnjenja. Pametna parkirališta već su razvijena u Berlinu, Splitu, Dubrovniku i drugim evropskim gradovima. U Londonu je, sa druge strane, razvijena mobilna aplikacija City mapper, koja ukazuje na najbolju rutu za prolazak kroz gužvu u saobraćaju, a nešto slično primenjuju i u 40-ak gradova širom sveta. Gradovi sve više potražuju besplatne vaj-faj mreže kako bi pružili stalnu komunikaciju sa celim svetom. U Njujorku postoji govornica za pametne telefone, na kojoj su postavljeni računari i veze za pristup vaj-faj mreži. IKT se sve više primenjuje u zdravstvu što omogućava praćenje zdravstvenog stanja pacijenata pomoću GPS i ID narukvice [52]. Zbog primene pametnih tehnologija u zgradarstvu često govorimo o projektovanju inteligentnih zgrada koje sensorima jednostavno regulišu grejanje, hlađenje, ventilaciju, prirodno i veštačko osvetljenje. Imajući u vidu da ljudi ne koriste uređaje u domaćinstvu na pametan način, tokom vremena razvijeni su pametna brojila koja mere potrošnju električne energije i građanima pružaju savete o uštedi energije u odnosu na potrošnju drugih ljudi ili komšija [53].

Ključna uloga IKT-a je iniciranje održivih i efikasnih gradskih usluga. Gradovi nude svojim građanima razne usluge, uključujući snabdevanje vodom i energijom, upravljanje saobraćajem, upravljanje otpadom i briga o okolini, zdravstvene usluge, obrazovanje i bezbednost. Efikasnost ovih usluga može se značajno poboljšati primenom IKT tehnologije, stvarajući novi set pametnih usluga koji vode ka poboljšanoj efikasnosti i održivosti svih učesnika u procesu transformacije u održive pametne gradove. Svaka zajednica treba da proceni usluge koje grad pruža. Iskustvo pokazuje da primena IKT-a može u mnogim slučajevima pomoći kod prioriteta u relativno kratkom roku. Mogućnost poboljšanja usluga treba iskoristiti za doprinos efikasnosti gradskih usluga [54-57].

Na pametni grad neprestano utiču novi trendovi. Kao rezultat toga, grad mora biti fleksibilan i prilagodljiv kako bi bio u toku sa brzim razvojem. Trendovi takođe imaju direktan uticaj na specifične oblasti u pametnom gradu, gde veće količine podataka, na primer, nameću veće zahteve za skladištenjem podataka i osnovnom komunikacijskom infrastrukturuom [58].

2.3 Obnovljivi izvori energije kao važan segment budućeg razvoja gradova

Zbog troškova zaštite životne sredine i ograničene ponude fosilnih izvora energije⁹ raste zabrinutost koju bi trebalo ublažiti racionalnim upravljanjem energetske resursima. Ako se uzme u obzir činjenica da su OIE konkurentni u odnosu na konvencionalne izvore energije, može se zaključiti da su oni rešenja, koja mogu da utiču na kvalitet života kako pojedinca tako i čitave zajednice. Između ostalog, uzrok tome bi bio otvaranje novih radnih mesta, realizovanje ekonomski efikasnih aktivnosti, demokratizovanje izvora energije i obezbeđivanje energetske¹⁷ avisnosti za širok spektar regiona [59]. Tehnologije, koje nam omogućavaju korišćenje OIE, su svakim danom ekonomski sve isplativije i konkurentnije na tržištu, što otklanja strahove¹⁴ da će prelazak sa fosilnih goriva ugroziti ekonomiju država. Energetska efikasnost i OIE su dva alata uz pomoć kojih se u lokalnoj zajednici može postići energetska održivost. Taj termin označava zadovoljavanje energetske potrebe, da se pritom ne narušava ekološka ravnoteža, a cena energije da je dostupna korisnicima kao i da su društveni aspekti povoljni [60].

Najčešće se koristi Gifingerova definicija, kroz koju je moguće proceniti stepen pametnosti u 70 srednjih evropskih gradova [61]. Predstavljajući Gifingerovu dimenziju pametnog grada, sama definicija omogućava nam da produbimo istraživanje u ovoj oblasti vodeći računa o komponenti održivosti u okruženju. Šest glavnih kriterijuma iz Gifingerove podele su zadržani [62], ali prilagođeni ulozi i značaju OIE u pametnom gradu kroz indikatore za ocenjivanje, prikazane u tabeli 2.3.

Tabela 2.3 Koncept pametnog grada sa aspekta OIE

PAMETNO UPRAVLJANJE	PAMETNO GRADANSTVO	PAMETNA EKONOMIJA
------------------------	-----------------------	-------------------

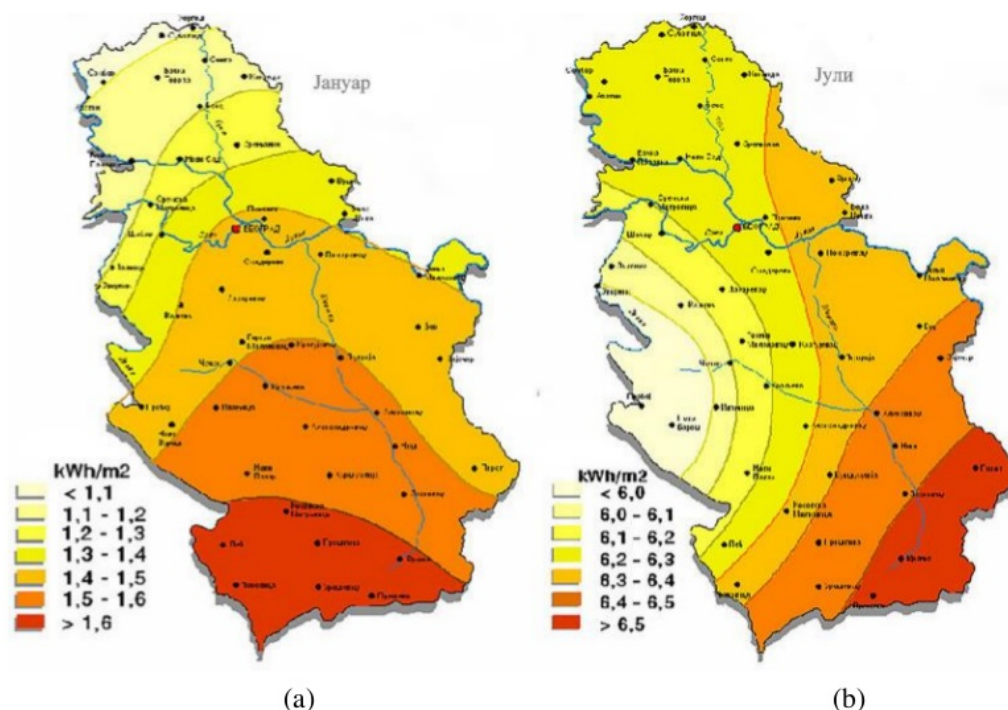
Sofisticirano i višeslojno upravljanje	Aktivno učešće građana u uštedi energije	Preduzetništvo i strateška ulaganja
Strategije upravljanja i perspektive OIE i novih tehnologija	Svesnost o ograničenom snabdevanju fosilnim gorivima i potrebom za OIE	Obezbeđivanje fonodova potrebnih za izgradnju distributivne mreže
Lokalna politika koja se odnosi na transparentnost i održivost	Svesno ponašanje u diverzifikaciji i prelaz na obnovljivu energiju	Dinamičan i prilagođen pristup potrošnji energije
Odluka vlasti o OIE projektima	Primena OIE povećava lokalnu zaposlenost	Temeljan pristup investicijama i tehnološkim inovacijama
Postojanje opštinskih kancelarija za obnovljivu energiju i EE	Razmena podataka, bezbednost i zaštita izvora, umrežavanje i komunikacija	Smanjenje dodeljenih izvora toplote i nadoknada za OIE
Obaveza regulatornih tela da koriste obnovljive izvore	Fleksibilnost, kreativnost i otvorenost u implementaciji projekta OIE	Razvoj javnih i privatnih preduzeća
PAMETNO ŽIVLJENJE	PAMETNO OKRUŽENJE	PAMETNA MOBILNOST
Komunalne usluge, dostupnost resursa i infrastrukture	Ušteda energije i energetska efikasnost u zgradama	Primena multifunkcionalnih sistema upravljanja saobraćajem
Univerzalni pristup gradskim javnim uslugama	Minimiziranje uticaja na životnu sredinu grada	Digitalna inovacija i pametan transportni sistem
Povećanje kvaliteta života usled smanjenja zagađenja okoline	Upotreba OIE i praćenje potrošnje energije	Potrebno prikupljanje podataka iz široko distributivnih mreža senzora
Poboljšanje životnog standarda kulturnim i javnim manifestacijama	Ispunjavanje osnovnih arhitektonskih, ekoloških standarda i standarda EE	Razvoj tehnologija za vozila sa niskim emisijama i električna vozila
Dostupno stanovanje i komforan radni prostor	Kontinuirane konsultacije o potrošnji i očuvanju energije.	Mrežna infrastruktura i komunikacija kroz centare i automatizovanih mreža
Kohezivan, građanski informacijski sistem	Upravljanje vodama i otpadom	Izuzetno brze fiksne i bežične širokopojasne mreže

Srbija bi trebalo da ispuni svoj cilj postavljen za 2030. godinu, planiranjem i primenom prave politike i mehanizma za OIE. Snabdevanje energijom u elektroenergetskoj mreži, koje je

organizovano na tradicionalan način odozdo prema dole, trebalo bi da se nosi sa decentralizovanom proizvodnjom obnovljive energije [63]. Kako su prognoze potrošnje energije moguće na makro nivou, velike elektrane bi trebalo da proizvedu električnu energiju na osnovu takvih predviđanja. Iako je obnovljiva energija u danima razvoja u Srbiji, prepoznat je njen potencijal i postoje očekivanja da će se njeni kapaciteti u budućnosti značajno povećati [64]. Kao izazov ostaje finansiranje OIE i projekti koji se odnose na energetske efikasnost u regionu. Ublažavanje rizika je važno za spoznaju kreiranja novih vrednosti za investitore, kao i ograničenje troškova lokalnih vlasti [65]. Danas, planiranje energije nema baš uspešno rešenje u perspektivi pametnog energetskog sistema. Nedostatak su jasno definisani konkretni uslovi i smernice za ceo energetski sistem, a to vodi do nedostatka odluka na svim nivoima [66]. Tehnologije koje koriste Sunčevu energiju postale su konkurentne na većem delu tržišta u Srbiji.

2.3.1 Solarna energija kao važan segment infrastrukture pametnog grada

Tehnologija u razvoju strateških planova se bira na osnovu dostupnosti lokalnih izvora energije i opreme, obučanih ljudskih resursa, stepena materijalnih resursa i stepena iskorišćenosti lokalnih građevinskih resursa. U Srbiji je velika raspoloživost solarne energije u većini meseca u godini (250 sunčanih dana godišnje), kada je broj solarnih sati veliki, a zračenje Sunca jako, kao što je prikazano na slici 2.3.1 [66].



Slika 2.3.1 Uočen potencijal u jugoistočnoj Srbiji. Karta dnevne prosečne globalne solarne energije na horizontalnoj ravni u Srbiji za mesec: (a) januar, (b) juli [67].

4 Najveći potencijal za korišćenje solarne energije je na jugu Srbije, a gradovi sa najvećim potencijalom su Niš, Kuršumlija i Vranje. Međutim, najveći gradovi u Srbiji, koje ima smisla razmatrati u pravcu razvoja pametnih gradova su prikazani u tabeli 2.3.1.

Tabela 2.3.1 Prosečna dnevna Sunčeva energija kW/m^2 po mesecima

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Subotica	1,30	2,10	3,45	5,00	6,15	6,25	6,35	5,85	4,30	2,85	1,40	1,15
Beograd	1,40	2,20	3,35	4,85	6,00	6,45	6,75	6,00	4,65	3,05	1,60	1,15
Kragujevac	1,50	2,40	3,35	4,80	5,85	6,10	6,45	5,90	4,85	3,30	1,70	1,30
Niš	1,75	2,60	3,45	5,00	6,10	6,35	6,70	6,15	5,35	3,45	1,85	1,50
Priština	1,85	2,90	3,70	5,25	6,30	6,60	6,95	6,30	5,10	3,35	1,90	1,60

Održivi razvoj u rastućim gradovima, posebno u zemljama u razvoju, podrazumeva investicije u infrastrukturu, rekonstrukciju i izgradnju objekata uz veću efikasnost korišćenja električne energije i upravljanje vodom i otpadom.

2.4 Postojeće i nove energetske efikasne zgrade kao važan segment infrastrukture pametnog grada

Imajući u vidu da najveći potencijal za uštedu energije postoji u zgradarstvu, veoma je važno upravljanje energijom u urbanim sredinama [68]. Stambeni sektor je najopsežniji i danas je prevashodni cilj dostizanje adekvatnog nivoa energetske efikasnosti i komfora.

Zbog urbanizacije i klimatskih promena savremena urbana i arhitektonska praksa je aktivno usmerena ka implementaciji principa energetske efikasnosti, izgradnji ekološki prihvatljivih zgrada i gradova, upotrebi OIE i regeneraciji nedovoljno korišćenih i kontaminiranih lokacija [69]. Procesi izgradnje i eksploatacije objekata imaju veliki uticaj na životnu sredinu, pri čemu ne samo da su odgovorni za oko 50% ukupne potrošnje energije u svetu, već kao posledicu imaju i stvaranje velike količine otpada i emisiju štetnih materija u atmosferu [70]. Energetska efikasnost, jedan je od primarnih ciljeva društva, jer ima pravac i smer ka njegovom održivom razvoju i minimiziranju potrošnje energije [71].

Problemi performansi u građevinskoj industriji u većini regiona u Srbiji mogu se svrstati kao: problemi nedostatka ili neodgovarajuće infrastrukture u industriji (problemi vezani za mesto i snabdevanje resursa), problemi izazvani klijentima i konsultanatima, nekompetentnim projektantima i izvođači [72]. Uobičajeni problemi uključuju probleme povezane sa lošim upravljanjem budžeta i vremenom [73]. Glavni problemi se mogu se podeliti u dve grupe: (a) nerealni ciljevi (npr. planiranje) ili (b) realni problemi (tokom izgradnje), mada u mnogim slučajevima, razlozi za odstupanje potiču iz oba izvora [74]. Tradicionalni sistemi za merenje performansi imaju problema zbog velike i složene količine informacija, koje bi trebale biti dostupne donosiocu odluka. Donosilac odluke takođe bi trebao biti u stanju da razume, organizuje i koristi ove informacije za organizovanje građevinskog projekta i upravljanje performansama izvođača radova [75]. Tradicionalna kontrola performansi projekata je obično opšta (na primer, tehnike kontrole troškova). Ona se oslanja na ručno prikupljanje podataka (normalno jednom mesečno) i dosta vremena nakon što se događaj desio (u nerealnom vremenu) i naravno daje podatke niskog kvaliteta [76].



Слика 2.4 Jedno od mogućih rešenja koncepta pametne kuće [77]

Velika količina energije se rasipa neracionalnom upotrebom u domaćinstvima, korišćenjem neadekvatnih materijala, nepotrebnim zauzimanjem besplatnog zemljišta za građevinske procese, pri tome zanemarujući potrebe samog čoveka. Stoga upravljanje energijom postaje imperativ održivog razvoja u urbanim sredinama. U tom smislu, savremeni pristupi u urbanističkom planiranju i arhitektonskom dizajnu oslanjaju se na primenu principa energetske efikasnosti. Time se obuhvata širok spektar mera koje treba preduzeti kako bi se smanjila potrošnja energije i promovisala primena IKT i OIE, a jedno od mogućih rešenja je prikazano na slici 2.4.

Savremena gradnja u kontekstu energetske efikasnosti dobija sve veću važnost, kako ne bi postojao rizik da sutra ti objekti postanu fond na koji će se utrošiti značajna finansijska sredstva za energetsку санацију.

S obzirom da je postojeći fond stambenih zgrada, uglavnom izgrađen u periodu između 50-ih i 80-ih godina kada je koncept energetske efikasnosti bio zapostavljen, obimniji od procenta novogradnje na godišnjem nivou, smatra se da najveće uštede energije mogu se postići revitalizacijom tih zgrada. Zemlje koje teže iskorišćavanju dostupnih odgovarajućih oblika energije, mora da preispitaju svoje energetske sisteme za buduća planiranja i strategije koje su u skladu sa ciljevima održivog razvoja. Energetski aspekt санације postojećih objekata тежи

racionalizaciji potrošnje energije, očuvanju građevinskog materijala, uz produžavanje životnog veka zgrade i uvođenja OIE u njen sistem [78]. Poboljšanje energetske efikasnosti uključuje niz aktivnosti čiji je krajnji cilj smanjenje potrošnje svih vrsta energija u zgradi, uz istovremeno poboljšanje toplotnih komfornih uslova unutar nje u skladu sa mikroklimatskim uslovima lokacije. Istovremeno, potrebno je uzeti u obzir različite mogućnosti i metode revitalizacije energije koji odgovaraju stambenim zgradama, i odabrati odgovarajuće mere koje će brzo poboljšati energetske performanse zgrade i biti ekonomski održive [79].

Posmatrajući zgrade kao ogromne potrošače energije i direktno odgovorne za stvaranje velike količine ugljen-dioksida u atmosferi, sve više se projektuje i gradi implementiranjem tehnologija OIE. Primenom odgovarajućih principa, danas se uspešno grade objekti kod kojih je potreba za potrošnjom energije svedena na minimum, i čija eksploatacija ne ugrožava životnu sredinu. Ipak, činjenica da se usmeravanjem mera za uštedu energije, za novogradnju na godišnjem nivou uštedi svega 2% u odnosu na postojeći građevinski fond [80], ukazuje na potrebu za rekonstrukcijom već izgrađenih objekata u kontekstu dostizanja energetske efikasnosti. Praksa pokazuje da se najveća ušteda energije i finansijskih sredstava može postići energetskom obnavljanjem starih zgrada u smislu poboljšanja termičkih karakteristika zgrade, njene rekonstrukcije i sanacije i primene odgovarajućih sistema koji se zasnivaju na upotrebi OIE. Stoga je u procesu revitalizacije zgrada prvenstveno potrebno obratiti pažnju na mogućnosti efikasnijeg korišćenja tehničkih sistema za grejanje, hlađenje, osvetljenje, ventilaciju i postojećih materijala, uz poboljšanje sistema i uvođenje novih materijala [81]. Optimizacija termičkih omotača jedna je od najvažnijih metoda za poboljšanje energetskih performansi postojećih stambenih zgrada, jer u potpunosti eliminiše uzroke toplotnih gubitaka.

2.4.1 Savremeni materijali za energetske zgrade

Bilo da je reč o novoprojektovanim ili obnovljenim objektima, poznavanje građevinskih materijala i njihovih termičkih svojstava je od presudne važnosti za dostizanje željene energetske uštede i unutrašnjeg toplotnog komfora. Međutim, savremena praksa je mahom usmerena samo na zadovoljenje maksimalnih koeficijenata toplote propisanih pravilnicima za svaki tip toplotne pregrade i povećanju debljine termoizolacije uz primenu konvencionalnih materijala. Ove mere doprinose rasterećenju sistema za grejanje i hlađenje u zgradama, ali se problem nedostatka toplotne akumulacije Sunčeve energije ne rešava, pogotovu kada je reč o lakim građevinskim konstrukcijama. Razvoj tehnologije i hemijske industrije omogućio je primenu širokog spektra inovativnih građevinskih materijala koji pospešuju EE, a pritom obezbeđuju jednostavniju

izgradnju i obnovu objekata. U zavisnosti od namene koju imaju u okviru toplotne pregrade, prepoznajemo ih kao termoizolacione materijale, unutrašnje i spoljašnje obloge ili specijalne supstance koje se implementiraju u neki konvencionalan građevinski materijal [82-84].

Pojava ekonomske i energetske krize usloвила je povećanje društvene svesti o potrebi za stvaranjem zdravog okruženja i efikasnim upravljanjem i korišćenjem dostupnih resursa.

2.5 Razvijanje svesti i uvođenje OIE u obrazovni sistem

Prelazak na EE izvore zahteva konstantno praćenje rezultata istraživanja i investiciona ulaganja u nove tehnologije, ali i povećanje opšte svesti lokalnog stanovništva o svim prednostima OIE. Problem dobijanja energije iz obnovljivih izvora, proizvodnja i potrošnja, zahteva usko specijalizovane stručnjake iz različitih oblasti inženjerstva, odnosno sveobuhvatan i multidisciplinarni pristup. Razlog za to je neophodnost da se u obzir uzmu različiti aspekti ovog problema, počev od tehničkih rešenja za proizvodnju, distribuciju, korišćenje i integrisanje obnovljive energije u različite tehničke sisteme na održiv način, te njihov uticaj na životnu sredinu.

DACUM koncept napravljen je krajem 1960-ih u Ajovi, SAD, a njegov osnivač je Robert E. Adams. To je metoda za analizu rada ili zvanja sa DACUM tablicama, kao rezultat - grafički prikaz posla/zvanja ili matrica zadataka i srodnih zadataka, se traži stručnjak određenog zvanja. To je osnova za razvoj nastavnog plana i programa. DACUM, koji se koristi danas, jedinstvena je, inovativna i veoma efikasna metoda analize posla /zvanja [85].

To je jednodnevna analitička radionica koja sadrži jednog vođu DACUM-a i odbor od šest do 12 stručnjaka za analizu zvanja. Cilj radionice je identifikacija potrebnih znanja i veština, karakteristika i ponašanja radnika, alata/opreme/materijala i budućih trendova u vezi sa analizom posla/zvanja. ¹⁷ Ovo napravljeno je prema precizno definisanim zadacima. DACUM metoda analize posla **zasniva se na tri glavne premise:**

- Stručnjaci **moгу preciznije opisati i definisati svoj posao/zvanje.**
- Najefikasniji način definisanja je precizno opisivanje zadataka koje stručnjaci obavljaju.
- Uspešan i precizno urađen zadatak rešenja zahtevaju upotrebu određenih znanja, veština, alata i stav učesnika.

DACUM metoda se koristi veoma efikasno i uspešno za analizu zvanja na stručnom, administrativnom i tehničkom nivou, a koriste je i institucije koje su povezane sa obrazovanjem, poput Ministarstva prosvete, fakulteta tehničkih nauka, instituta i srednjih škola; ekonomija i industrija; vladine i vojne organizacije. Njegove posebne aplikacije uključuju analizu budućih poslova i njihovih sekcija, industrijske sisteme i procese, kao i radne funkcije. DACUM metodologija se široko koristi u SAD-u, Kanadi i mnogim drugim zemljama jer je veoma efikasna i finansijski povoljna. Svaki program obrazovanja zasnovan je na kompetencijama, ili svaki program obuke na osnovu rezultata podrazumeva pažljivo definisanje zadataka na osnovu kojih će se formirati sadržaj programa. Iako se DACUM koristi u različite svrhe, glavna su istraživanja: znanje i veštine koje bi trebalo uzeti u obzir u procesu razvoja novih nastavnih programa i obuka kao i znanja i veština koje bi trebalo da obezbede ti programi [86].

Doprinos razvoju svesti stanovništva je i obrazovanje dece i odraslih u oblasti OIE i EE u okviru obrazovnog sistema Republike Srbije. Srednja škola u Varvarinu, Srednja tehnička „Mihajlo Pupin” u Kuli i Elektrotehnička „Rade Končar” u Beogradu su solarni prvenci u ovdašnjem elektroenergetskom sistemu, još 2011. god. [86].



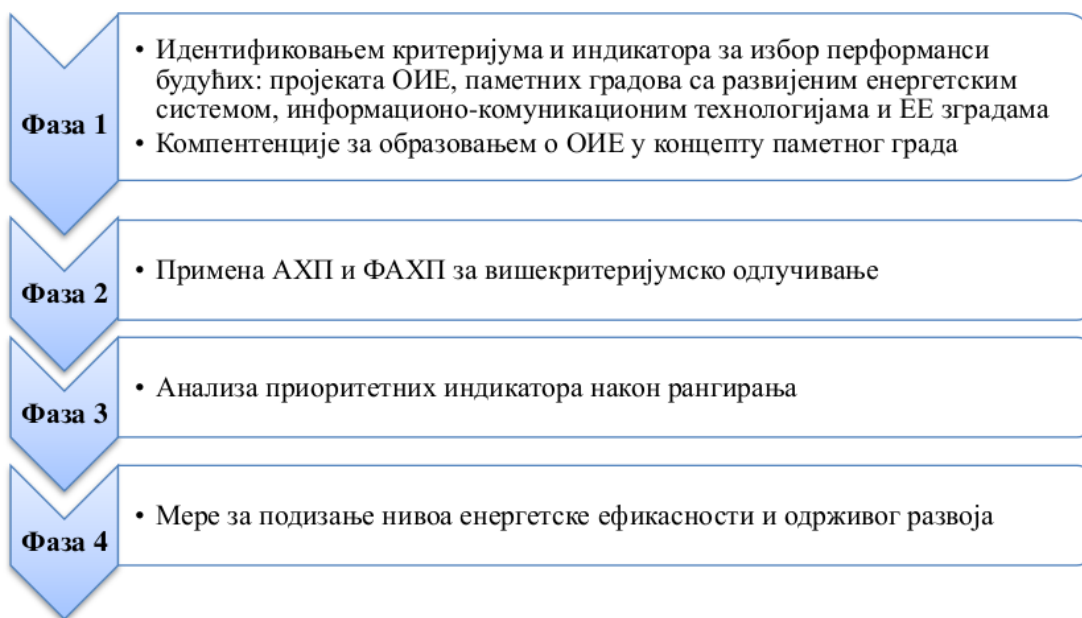
Slika 2.5 Fotonaponski paneli na krovu a) Srednja škola u Varvarinu, b) ETŠ „Rade Končar” [87].

Sve je više praktičnih oblasti koje su multidisciplinarne, pa se često ukazuje potreba u praksi za neophodnim znanjima iz više tehničkih oblasti. Sa druge strane, aktuelna strategija Evropske unije iz oblasti energetike predviđa značajno povećanje energije dobijene iz OIE koja bi trebalo u budućnosti da napaja sve elemente urbane infrastrukture. Na osnovu aktivnosti Zajednice elektrotehničkih škola Republike Srbije, Instituta za promociju obrazovanja i Ministarstva prosvete Republike Srbije uveden je nov obrazovni profil na nivou srednjeg stručnog obrazovanja koji ima za cilj osposobljavanje učenika za pripremu, kontrolu, montažu i održavanje sistema

OIE [88]. Ovo se prevashodno zasnivalo na stanju savremenog tržišta i prema mišljenju kompanija koje rade u ovoj oblasti i oblasti EE.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja i rešavanje problema predstvaljeno je kroz određene faze). Naša metodologija istraživanja zasniva se na četiri faze razvoja modela koji su međusobno međusobno zavisni i predstavljeni su fazama kroz posebne module prikazane na slici 3.1.



Slika 3.1 Četiri faze metodologije istraživanja

Izgradnja konkretnog modela primenom višekriterijumske analize koncepta razvoja projekta OIE kao i njihova uloga u konceptu pametnog grada zajedno sa primenom IKT-a započinje definisanjem kriterijuma i podkriterijuma. Skup kriterijuma, podkriterijuma i generisanje akcija će imati sigurno različiti postupak u odnosu na nivo odlučivanja. Za naše istraživanje, postoji potreba identifikovanja svih indikatora i njihovo rangiranje kako bi se odredili prioriteti. Da bi se smanjila potrošnja energije, osmišljen je i koncept nov⁴⁵ rekonstrukcija već izgrađenih objekata u kontekstu dostizanja EE. Interesovanje za upotrebu prirodnih resursa u uslovima intenzivnog tehničkog i ekonomskog razvoja je u porastu, a cilj je održivi razvoj obnovljive energije, ne

dovodeći u pitanje mogućnost pretnji budućih generacija da zadovolje vlastite energetske potrebe.

3.1 Kriterijumi i podkriterijumi performansi projekta obnovljivih izvora energije

Istraživanje je sprovedeno u pravcu uočavanja faktora okruženja, organizaciono-strukturnih faktora i indikatora kvaliteta, koji utiču na performanse projekata. Konstrukcija okruženja je agregat okolnih uslova ili uticaja, pa se u razmatranje uzima sredina i svi spoljašnji uticaji na proces izgradnje [89]. Tako, okruženje obuhvata sve van projekta: tehnologiju izrade, prirodu proizvoda, kupce i konkurente, geografsko područje, ekonomski, politički i klimatski faktor. Kod upravljanja projektima je važno razumevanje različitih karakteristika i faktora u okruženju koje mogu imati uticaja na projekat. Ovo može biti osnova analize za prevazilaženje ili ublažavanje njihovih efekata na performanse projekta [90]. Koncept razvoja projekta se zasniva na uočenim faktorima okruženja kao što su: politički, pravni, institucionalni, kulturni, sociološko-tehnološki resursi, ekonomski, finansijski i fizički (infrastruktura) [91]. Trebalo bi obratiti pažnju da neki faktori okruženja predstavljaju veći izazov za upravljačke i organizacione strukture projekta u odnosu na druge, odnosno ovi faktori treba da budu u centru pažnje za upravljanje projektima.

Tabela 3.1.1 Podkriterijumi u okviru kriterijuma FAKTORI OKRUŽENJA

Faktori okruženja	
Politički	Političko okruženje se bavi politikom vlade, naše i strane, i uticajem političkih odluka na projekte. Vlada može značajno povećati ili smanjiti potražnju za projekte OIE putem budžetskih mera i monetarne politike i može da utiče na procese razvoja i odobravanja zgrada/mesta, u skladu sa aktima i propisima. Vlada se može pozivati na svoja ovlašćenja da pokrene ili zaustavi projekte iz političkih, socijalnih i ekoloških razloga [92]. Politička stabilnost, nacionalno jedinstvo i uspešno političko rukovodstvo su od presudnog značaja za nacionalni razvoj. Svaki projekat je predmet niza uticaja regulatorne kontrole u političkom smislu i dešavanja u industriji. Politički faktori mogu da proizvedu neizvesno

	okruženje, kao što su: nestabilna vlada, nepredvidive promene u privredi i neočekivane promene u zahtevima potrošača.
Pravni	Pravno okruženje utiče na poslovanje direktno. Preduzeća moraju da preduzmaju mere kroz zakone i propise. Realizacija projekta se sprovodi kroz propise planiranja u skladu sa životnom sredinom, pravilima ponašanja, sigurnosnim propisima, licenciranjem, osiguranjem i poreskim zakonima. Ovi zakoni, kodovi i propisi su uglavnom dobro definisani, tako da je moguće predvideti njihov uticaj na projekte sa razumnom preciznošću. Međutim, nisu retke promene u industriji, koje se tiču sigurnosti, oporezivanja i ekoloških zakona, pa problemi mogu nastati kada se zakon menja tokom trajanja projekta [93]. Zakonodavstvo utiče na aktivnosti klijenata direktno, preko faktora kao što su bezbednost, planiranje u skladu sa zakonom i građevinskim propisima, ugovorom u okviru projekata. Teret je na rukovodiocima projekta da se upoznaju sa regulacijom, planiranjem i korišćenjem zemljišta, koji su deo pravnog okruženja.
Institucionalni	Svi učesnici u projektu predstavljaju institucije koje su utvrđene aktom ili uredbom i priznate od strane Vlade. Za obavljanje poslova iz zakonom utvrđenog 38. okruga Ministarstva rudarstva i energetike obrazovan je sektor za EE i OIE. Jedino sistem zaštite interesa investitora zasnovan na tržišno-državnim regulativama deluje uspešno na razvoj i funkcionisanje tržišta kapitala u jednoj nacionalnoj ekonomiji [94].
Kulturni	Socio-kulturna dimenzija okruženja sastoji se od načina života i vrednosti koje karakterišu društvo, odnosno uzima u obzir demografiju stanovništva, nivo obrazovanja, norme i vrednosti, jezik i odnos prema društvenoj odgovornosti [95]. Ove promenljive mogu i utiču na organizacije koje posluju u okviru društva.
Sociološko-tehnološki resursi	Svi učesnici projekta bi trebalo da imaju odgovarajuće znanje kako bi koristili postojeće resurse. Sociološka istraživanja, pre svega analiza tehnološkog razvoja i odgovarajućih veština u upravljanju projektima je način da se izbegne nepotrebno vreme (kašnjenje) i prekoračenje troškova [96],
Ekonomski	Ekonomski i finansijski aspekt na nivou opšte ekonomske aktivnosti, sa raspoloživim sredstvima za izvođenje radova, obuhvata različite stepene konkurencije za sve strane projekta izgradnje. Okruženje može da bude promenljivo i da ima periodične ekonomske cikluse, koji značajno utiču na aktivnosti, tako da je neophodno predvideti ekonomska kretanja kako lokalna tako i globalna [97].
Finansijski	Finansijska ograničenja uvek postoje prilikom razvoja projekta, jer snage finansijskog okruženja se razlikuju od ekonomskih [98]. Dok ekonomija ima veze sa razvojem sredstava, finansijska ograničenja su strogo vezana za novac. Izazovan zadatak za bilo kog rukovodioca projekta je da osigura da je projekat

	finansijski održiv u promenljivom okruženju.
Fizička infrastruktura	Fizičko okruženje, u kome je izgradnja projekta, uporedo može značajno uticati na njegov razvoj, jer su građevinski projekti uvek pod fizičkim uticajem. Geografska lokacija projekta, podzemni uslovi i vremenski obrasci su najčešći primeri fizičkih uticaja. Oni su nepredvidivi, i kao takvi, upravljanjem nije moglo da se spreči njihovo pojavljivanje. Ipak, rukovodioci građevinskih radova značajno razmatraju fizičke efekte u planiranju strategije kako bi se izbegle krajnosti iskorišćavanja raspoloživih resursa [99].

Sociološko-tehnološki resursi, kao i institucionalni i kulturni faktori, utiču na način života i vrednosti koje karakterišu tehnička rešenja. Poslednja dva uzimaju u obzir populaciju, nivo obrazovanja, norme i vrednosti, jezik i stav prema društvenoj odgovornosti. Faktori okruženja u mnogim zemljama u razvoju, predstavljaju posebne izazove za rukovodioce projekata koji moraju predvideti posledice, pre nego što projekat počne, kako bi prekoračenja u vremenu i troškovima bila svedena na minimum [100]. Ovi izazovi potiču uglavnom od rizika, kao što su politička nestabilnost, birokratske procedure ugovora, i nedostatak adekvatne infrastrukture, kao što su transportne mreže, snabdevanje električnom energijom i telekomunikacioni sistemi.

Performanse projekta, možemo meriti i procenjivati izdvajanjem podkriterijuma u grupi kriterijuma indikator kvaliteta i kriterijuma organizaciono-upravljačka struktura, kao što je su prikazano u tabeli 3.1.2 [101, 102].

Tabela 3.1.2 Prikaz podkriterijuma u grupi kriterijuma INDIKATORI KVALITETA i kriterijuma ORGANIZACIONO-UPRAVLJAČKA STRUKTURA.

Indikatori kvaliteta	Faktori organizaciono-upravljačke strukture (unutrašnji faktori)
Vreme	Građevinski inženjeri
Cena	Arhitekte
Kvalitet	Inženjeri elektrotehnike
Kontrola	Izvođači radova
Zadovoljstvo klijenata	Socijalno-ekonomska klima
Promena zahteva klijenata	Tehničari
Poslovanje	Procene projekta
Zdravlje	Upravljanje projektom i nadležnosti
	Sposobnost menadžera
	Sposobnost rukovodećeg tela

Neki interni faktori u odnosu na eksterne, takođe, predstavljaju izazov za projekte, i to upravljanje i organizacione strukture. Analiza ključnih elemenata projekta ne mora nužno rešiti sve probleme, od kojih su neki zaista strukturalni, ali može obezbediti uspostavljanje realnih ciljeva projekta i blagovremeno upozoriti na moguće probleme. Rukovodioci projekta, pored svojih tradicionalnih funkcija, moraju da uđu u proces ispitivanja okruženja, da uoče potencijalne probleme, i da pokušaju da uspostave ravnotežu između kriterijuma i podkriterijuma od kojih zavisi uspešna realizacija. Promene klijenata predstavljaju se putem faktora kao što su sigurnost, planiranje u skladu sa zakonom i građevinskim propisima, kao i ugovori u okviru projekata. Na osnovu zahteva klijenata treba uspostaviti odgovarajuće organizaciono-upravljačke strukture i procedure za prevazilaženje efekata okruženja. Arhitektonska, inženjerska i graditeljska preduzeća mogu da imaju poteškoće u upravljanju projektima ako nisu upoznata sa ovim novim radnim okruženjem [103]. Koordinacija među učesnicima projekta, je uočena kao najznačajniji faktor u toj grupi kriterijuma, koji maksimalno utiče na troškove.

U okviru projekata, se proučava odnos vreme/troškovi, i došlo se do rezultata da su troškovi loše predviđanje vremena izvođenja [73]. Uočavanje ekoloških faktora i merenje njihove ozbiljnosti bi obezbedilo korisne informacije koje bi znatno smanjile troškove i vreme prekoračenja u realizaciji projekta. Nišavski okrug izgleda da ima neke ekološke parametre koji su drugačiji od drugih okruga geopolitičkih u Srbiji i samim tim je postao imperativ u procenjivanju uticaja ovih promenljivih na OIE projekat.

3.2 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta informacionih tehnologija

Sve složenije okruženje brzog razvoja tehnoloških polja, tržišnih modela i aplikacija stvara potrebu za stvaranjem sveobuhvatne strukture različitih komponenti u pravcu efikasnih rešenja za gradove.

IKT takođe omogućava građanima da komuniciraju sa gradskim institucijama i pružaju usluge u realnom vremenu putem elektronskog upravljanja i povezivanja na zajedničku IP mrežu.

Pristup javnim uslugama danas se vrši putem interneta i mobilnih aplikacija koje izbegavaju zagušenja na izdavanju dokumenata za identifikaciju [104].

Pametni zdravstveni sistemi poboljšavaju zdravstvene usluge građanima, prvenstveno u kontekstu komunikacije i razmene informacija i pomoći, posebno starijim osobama i ugroženim grupama. Neophodno je podržati efikasno upravljanje svim procesima u vođenju elektronskih zdravstvenih kartona, standardima usaglašenosti ličnih zdravstvenih podataka, korišćenju portala zdravstvenih usluga, e-zdravstva i uspostavljanju sistema povezane elektronske zdravstvene dokumentacije.

Pametni sigurnosni sistemi poput sigurnosti, fizičke sigurnosti i zaštite građana danas su jedna od najvažnijih komponenti pametno održivog grada. Primena IKT-a pomaže u rešavanju kritičnih situacija poput prirodnih katastrofa ili terorističkih napada, nesreća, identifikacije prestupnika, provođenja prediktivne analize i identifikacije krivičnih obrazaca u cilju poboljšanja sigurnosti građana [105].

27 . Pametni sistemi upravljanja saobraćajem omogućavaju kretanje ljudi i robe na efikasan, finansijski profitabilan, siguran i ekološki održiv način. Neke dodatne prednosti ovih sistema imaju mogućnost lociranja i identifikacije vozila i praćenja i kontrole puteva. Buduća rešenja će se zasnivati na primeni boljih i zdravijih ekoloških vozila i njihovih priključenja u okviru infrastrukturne, kao što su benzinske pumpe, parkirališta, garaže, itd. Primeri primene inteligentnih transportnih sistema su integracija sistema za kontrolu saobraćaja: upravljanje tokom saobraćaja, upravljanje semaforima, kontrola pristupa autoputu, provera brzine kretanja, upravljanje parkingom, itd. Pored toga, važna je lokalna i međunarodna dostupnost grada [106,107].

27 Pametni sistemi za upravljanje energijom: koriste senzore, napredne merne uređaje, digitalne kontrolere i analitičke alate za automatizaciju, nadgledanje i kontrolu dvosmernih protoka snage u cilju obezbeđivanja pouzdanosti, interaktivnosti, kompatibilnosti, uštede energije, sigurnosti i optimalnog korišćenja energije iz obnovljivih izvora uz minimalnu emisiju ugljen-dioksida.

Pametni vodoprivredni sistemi omogućavaju održivo upravljanje vodama (vodosnabdevanje i distribucija vode, prečišćavanje otpadnih voda i druga komunalna preduzeća) kroz IKT infrastrukturu kako bi se maksimizirao socijalno-ekonomski napredak društva bez ugrožavanja životne sredine.

Sistemi pametnih tehnologija gradnje koriste senzore i statističke podatke za automatizaciju zgrada, poboljšavaju EE, smanjuju gubitke i optimizuju potrošnju vode, istovremeno značajno poboljšavajući kvalitet života stanovnika.

Pametni sistemi upravljanja otpadom jačaju implementaciju nadzora i sakupljanja i odlaganja otpada. Prate kretanje različitih vrsta otpada, optimizuju rutu transporta, povezuju različite sisteme upravljanja, koriste tehnologiju prikupljanja i deljenja podataka, optimizuju upravljanje i

sortiranje. Ažuriranjem svih potrebnih podataka dobijenih u realnom vremenu, stalnim nadgledanjem upotrebe IKT sistema, grad može da ublaži globalno zagađenje.

Паметни системи за образовање деце и одраслих вероватно су најважнија дугорочна услуга паметног града. Пример ²⁷ IKT-a може побољшати образовање тако што ће студентима pružiti прилагођено учење, учити од куће за болесне и оне који живе на удаљеним локацијама.



Слика 3.2 Структура основних компоненти у правцу ефикасних решења за паметне градове

С обзиром на претходни приказ, концепт представља rangiranje шест основних група критеријума које је потребно узети у обзир код паметног града кроз стратегију примене ИКТ решења: управљање, здравље, живљење, мобилност, енергија и окружење, образовање и економија [108]. За разлику од развијених земаља, код којих је успешна трансформација постојећих у паметне урбане целине у Србији се тек стварају optimalne околности како би се развила идеја о формирању паметних градова уопште. Definисали смо одговарајућу методологију и развили модел кроз индикаторе који су кључни за отварање могућности развоја паметних градова.

3.3 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta solarne energije

Projektovanje savremenih gradova, kao i obnova postojećih urbanih sredina zahteva interdisciplinarni pristup, koji imaju za cilj istu budućnost: planiranje mreže, izgradnja i rekonstrukcija zgrada, implementacija OIE, očuvanje životne sredine i upravljanje vodom i otpadom. Srbija pokušava da prati tok razvoja najrazvijenijih zemalja, u pravcu korišćenja prirodnih resursa i zaustavljanja klimatskih promena. Iako su u tabeli 2.3 prikazani kriterijumi sa aspekta OIE u konceptu pametnog grada, pametni gradovi i regioni imaju za cilj da razviju koherentnu strukturu zasnovanu na EE i optimalnom korišćenju obnovljive i međusobno povezane energije [109]. Osnovne dimenzije urbane infrastrukture bi trebalo da primenjuju inovativne pristupe sa naglaskom na energetske ulogu, kroz koju su definisani kriterijumi i podkriterijumi infrastrukture pametnog grada [110].

Tabela 3.3 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta obnovljivih izvora energije.

Planiranje mreže	
praćenje i upravljanje električnim opterećenjima	Planiranje mreže bi trebalo da ukaže na ključne aspekte u upravljanju energijom i rešavanju problema sa gradskom infrastrukturom prvenstveno u kontekstu praćenja, analize, prilagođavanja i planiranja potrošnje. U realnom vremenu sinhronizuju se troškovi električne energije sa tokovima odgovora na potražnju, što može poslužiti kao efikasan način za uštedu energije [111].
senzorske i nadzorne tehnologije	Senzorske i nadzorne tehnologije povezuju entitete grada međusobno i sa mrežom. U cilju optimizacije uslova i njihove funkcionalnosti, mreže imaju komunikaciju sa okruženjem (npr. distributivna mreža), te prilagođavaju svoje ponašanje mrežnim uslovima. Senzori se postavljaju kako bi prikupili podatke za pružanje informacija o upravljanju resursima i kontrolu javne bezbednosti u realnom vremenu. Upotreba baze za veliku količinu podataka omogućava nam da sagledamo sve aspekte složenog problema u cilju njegovog rešavanja [112].
skladištenje energije u mreži	Skladište električne energije trebalo bi da bude dovoljno za skladištenje planirane proizvodnje električne energije iz OIE, a elektroenergetska mreža mora voditi računa o kritičnom višku proizvodnje električne energije. [113].

širokopojasni bežični pristup Internetu	IKT rešenja su fokusirana na direktne uštede energije ili su usmerena na prikupljanje informacija o energiji. Koristeći različite tehnologije i platforme, korisnici bili u mogućnosti da se povežu sa bilo koje lokacije. Kodirani vizuelni interfejs za praćenje softvera upravlja skladištenim podacima na nivou analize tih vrednosti [114].
Zgrade (novoprojektovane i postojeće)	
energetska efikasnost i održivost gradnje i adaptacije	Bilo da je reč o novoprojektovanim ili obnovljenim objektima, planiranje stepena EE i potrebe za održivim razvojem zgrada je od velike važnosti za dostizanje željene energetske uštede, unutrašnjeg komfora i zaštite životne sredine. [115]
orijentacija i udaljenosti između zgrada	Snabdevanje električnom energijom u urbanim sredinama prešlo je u središte rasprave o tome kako snabdevati urbana područja obnovljivom energijom [116]. Za postizanje energetske efikasnosti zgrada definiše se orijentacija i funkcionalni koncept zgrade.
građevinski materijali, prirodna ventilacija i osvetljenje	Rešenja zasnovana na savremenim građevinskim materijalima, zelenim krovovima i zidovima koji pružaju izolaciju i hladovinu zgradama, doprinose smanjenju potrošnje energije doprinoseći efikasnosti sistema za grejanje i hlađenje, poboljšavajući energetske performanse zgrade [117].
unutrašnji sistemi grejanja i hlađenja	Rešenja za ovaj problem nalaze se u fleksibilnom delovanju zgrada. Trebalo bi težiti rešenjima za uvođenje 100% obnovljivih izvora električne energije [118].
automatizacija prostora	Automatizacija zgrada i elektronsko nadgledanje tehničko-građevinskih sistema pokazali su se kao efikasna zamena za inspekcije, posebno za velike sisteme, i imaju potencijal da obezbede isplativu i značajnu uštedu energije za potrošače i za preduzeća [119].
Solarna energija	
solarno zagrevanje i hlađenje	Solarni termički sistemi se mogu integrisati u postojeći i smanjiti potrošnju fosilnih goriva. Prvenstveno se misli na potrošnu toplotnu vodu, zatim i kao podrška sistemu grejanja. Ne samo u zgradarstvu, održiva energija omogućava OIE i smanjuje potrošnju energije [120].
solarno napajanje električnom energijom	Spatiotemporalnim modelovanjem potrošnje energije i proizvodnje energije iz sunčevog zračenja, donosioci odluka, planeri i lokalne zajednice ovlašteni su za odabir mreža tehnoloških rešenja kao energetske strategije na lokalnom i regionalnom nivou [121].
solarna ulična rasveta	Ekološko rešenje koje ne narušava životnu okolinu, smanjuje troškove plaćanja konvencionalne električne energije, a vek upotrebe je dugačak. Sistem upravljanja osvetljenjem je automatski, kako za periode uključivanja i isključivanja tako i za praćenje stanja baterija
solarni sistemi iznad	Pokriven pakring prostor sa ugrađenim fotonaponskim panelima i opremljen

parking prostora	punjačima za sve vrste električnih automobila, trebalo bi da budu postavljeni na ekonomičnoj distanci [26].
Životna sredina	
ekološko urbano planiranje	Kako se gradovi razvijaju, od suštinskog je značaja da se procene poboljšanja infrastrukture i usluga putem klimatskih promena kako bi se promovisalo dugoročno ublažavanje, prilagođavanje i smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu [1].
održivi balansi prirodnih resursa	Pristup energiji i energetska sigurnost pružaju konkurentnu energiju za sve potrošače, povećavaju održivost balansa prirodnih resursa, smanjuju zavisnost od uvozne energije i stvaraju nove mogućnosti za rast. [122].
zaštita životne sredine i ušteda energije	U kombinaciji sa povećanom proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora i upravljanjem njenom potrošnjom, ušteda se održava na kvalitet života vodeći računa o donjoj liniji održivosti životne sredine. [123].
vozila sa niskom emisijom izduvnih gasova	Vozila sa ultra-niskom emisijom imaju značajnu prednost za životnu sredinu u odnosu na motore sa unutrašnjim sagorevanjem, zbog ublažavanja klimatskih promena. Električna vozila takođe imaju za posledicu bolji kvalitet vazduha. [124]
Voda i otpad	
praćenje i prikaz podataka	Predloženo je integrisano upravljanje vodom i energijom u velikim vodovodnim mrežama radi smanjenja troškova energije energetske intenzivnih vodnih objekata postavljanjem fotonaponskih postrojenja. [125]
pametno snabdevanje pijaćim vodom i nižim cenama usluge	Predloženi fazi AHP metod spada u širok okvir fazi skupova i fazi teorije primene vodenih resursa. [126]
pametna sistem za redukciju cevi i ko trolu pritiska	Uključivanjem sistema pametnih cevi pomoglo bi se povećati stopu usklađenosti u upravljanju sa nedostatkom vode.
odlaganje otpada gradnje ili rekonstrukcije	Korišćenjem efikasnih tehnologija otpadne energije, otpad bi se koristio, izbegavajući emisije na deponiji i doprinoseći većem udelu proizvodnje OIE, čime se smanjuju emisije iz elektrana na fosilna goriva.
program recikliranja otpada	Programi bi trebalo da se zasniva na rešavanju sve veće potrošnje energije rasipanjem energije, kroz tehnologiju koja može da obezbedi električnu energiju, toplotnu energiju i bioplin.

U tabeli 3.3, su razmatrani kriterijumi i pokriterijumi infrastrukture pametnog grada sa aspekta solarne energije.

Planiranje mreže ima za cilj da ukaže na ključne aspekte u upravljanju energijom i donose izbor predstavljajući probleme urbane infrastrukture u kontekstu praćenja, analize, prilagođavanja

i planiranja energije. Kombinovanje informacija o predviđanju potrošnje energije može da omogući operatorima mreže da planiraju integraciju obnovljive energije u mrežu i prilagode ih potrebama. Postoji potreba za urbanom infrastrukturom u okviru koje se vrši nadzor performansi mreže i povratnim informacijama omogućuje korekcija.

Zgrade predstavljaju važan potencijal za uštedu. Danas se grade EE zgrade, ali veći izazov predstavljaju nadogradnje postojećih zgrada u urbanoj infrastrukturi. Savremene tehnologije omogućavaju dovoljno snabdevanje električnom energijom gradova, a potreba za ublažavanjem klimatskih promena i smanjenja emisija ugljenika vodi ka energetske sistemima koji uključuju veću upotrebu OIE. Svaki pojedinac kao i preduzeća moraju da uzmu učešće u sistemima za vodu i upravljaju odlaganjem otpada i njegovom upotrebom. Integrisanje i skladištenje toplote, kombinacija industrijske otpadne toplote i solarne toplotne energije za snabdevanje mreže su takođe važni aspekti koncepta pametnog gradskog okvira.

3.4 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta postojećih i novih zgrada

U toku procesa planiranja i izgradnje zgrada, potrebno je razmotriti veliki broj različitih kriterijuma i njihovom ocenom definisati najoptimalnije rešenje koje će pored zahteva u pogledu EE pružiti adekvatan unutrašnji i spoljašnji komfor [127]. Kriterijumi se odnose na izbor lokacije i pozicioniranje objekta na parceli, njegova funkcionalna organizacija, izbor građevinskih materijala i konstruktivnih elemenata, kao i oblikovanje i implementiranje raspoloživih OIE putem odgovarajućih tehničko-tehnoloških sistema. Istraživanje se fokusira na rangiranje tri glavne grupe kriterijuma koji se moraju uzeti u obzir u procesu izgradnje EE zgrade: izbor lokacije (konfiguracija terena, oblik i orijentacija parcele, međusobni odnosi i položaj novogradnje na parceli, izloženost vetru, vegetacija), projektovanje objekta (faktor oblika, termički omotač, stolarija, orijentacija i raspored prostoriya, zaštita od sunca, ventilacija i osvetljenje); upotreba obnovljivih izvora energije (pasivni solarni sistemi, aktivni solarni sistemi, geotermalna energija, energija biomase, energija vetra).

Podkriterijumi koji se odnose izabrane kriterijume definisani su na sledeći način:

1. Izbor lokacije [128]:

- Konfiguracija terena: teren u padu ka jugu, ravan teren, teren u padu ka severu;
 - Oblik i orijentacija parcele: pravougaonik okrenut užom stranom u pravcu S-J (sever – jug), ulica je pravca I-Z (istok – zapad), paralelogram okrenut užom stranom u pravcu S-J, ulica je pravca SI-JZ ili SZ-JI, pravougaonik okrenut užom stranom u pravcu I-Z, ulica je pravca S-J.
 - Međusobni odnosi zgrada i položaj objekta na parceli: optimalno rastojanje novog od postojećih objekata, smicanje novog objekta u odnosu na postojeće tako da njegova južna fasada ne bude zaklonjena;
 - Izloženost vetru: lokacija zaštićena od vetrova samom konfiguracijom terena, direktna izloženost vetrovima (ravan teren ili pad koji je u pravcu duvanja vetrova);
 - Vegetacija: poboljšanje mikroklimе, zaštita od Sunca, zaštita od vetra;
2. Projektovanje objekta [129]:
- * Faktor oblika: razuđenost i oblik objekta, dimenzije objekta, udaljenost susednih objekata;
 - * Termički omotač: vrsta i debljina termoizolacije, vrsta i debljina ostalih građevinskih materijala;
 - * Stolarija: vrsta stakla, vrsta profila vrata i prozora, površina otvora;
 - * Orijentacija i raspored prostorija: dnevni boravak i trpezarija orijentisani ka jugu, spavaće prostorije ka istoku, kuhinja ka severozapadu i sanitarne prostorije, pomoćne i stepenište ka severu; dnevni boravak i trpezarija orijentisani ka zapadu, spavaće sobe ka jugu, a sanitarne prostorije i stepenište ka severu; spavaće sobe orijentisane ka zapadu, dnevni boravak sa trpezarijom ka severu, a stepenište i sanitarne prostorije ka jugu;
 - * Zaštita od Sunca: upotreba zastora, upotreba nadstrešnica;
 - * Ventiliranje i osvetljenje objekta: prirodno, veštačko.
3. Upotreba obnovljivih izvora energije [130]:
- Pasivni solarni sistemi: izolovani toplotni dobici, indirektni toplotni dobici, direktni toplotni dobici;
 - Aktivni solarni sistemi – solarni paneli: fotovoltaični, termalni;
 - Geotermalna energija: sonda, kolektor, bunar;
 - Energija biomase: drvena biomasa, žetveni ostaci, životinjski otpad;
 - Energija vetra: primena vetroturbina, sprovođenje Venturijevog efekta cirkulacije vazduha.

Poznato je da se najveća količina akumulirane topline u objektu gubi kroz fasadne i krovne otvore i kao rezultat neadekvatno projektovanih unutrašnjih i spoljašnjih termičkih pregrada: zidova, podova, plafona i krovova. Stoga se u procesu sanacije zgrada stolarija mora obnoviti zamenom prozora sa jednostrukim i dvostruki staklom, prozorima koji imaju i treći sloj izolacije i obezbediti da prozori i spoljašnja vrata dobro „dihtuju“. Pored toga, zgrade moraju biti termički izolovane i potrebno je sprečiti pojavu „termičkih mostova“ kao pojedinih delova omotača sa povećanim gubicima toplote, uvođenjem ili nadogradnjom termoizolacionog materijala, najbolje

na spoljašnjem, a zatim u unutrašnjem delu gde postoje toplotne prepreke. Poboljšanje termoizolacionih svojstava zgrada vrši se u skladu sa propisanim pravilima i izračunatim koeficijentom prenosa toplote za svaku vrstu elementa termičkog omotača [131]. U nekim slučajevima trebalo bi da se formira adekvatna toplotna masa omotača, zamena fasade, poda, krovnih obloga i drugih građevinskih elemenata i materijala. Poboljšanje postojećih tehničkih sistema znači sprečavanje gubitka toplote u cevima grejnih tela, izolovanje cevi i postavljanje ventila za regulaciju temperature. Proces rekonstrukcije, s aspekta određenog nivoa EE, podrazumeva postavljanje zelenila na krovovima i fasadama zgrada, kao i primenu pametnih uređaja i sistema za osvetljenje i kontrolu potrošnje energije. Izvesne uštede u potrošnji energije mogu se postići uvođenjem sistema zaštite od Sunca koji sprečava pregrevanje u letnjem periodu i rekonstrukciju stambenih prostora uvođenjem vetrobranskog stakla u ulaznu zonu i promenom funkcionalnog rasporeda prostorija u odnosu na orijentaciju. U slučajevima kada rekonstrukcija termičkog omotača i unapređenje postojećih tehničkih sistema za grejanje, hlađenje, osvetljenje i ventilaciju nisu dovoljne mere za poboljšanje energetske performansi, primenjivaće se novi tehnički sistemi zasnovani na primeni OIE. [132]. Uvođenje pasivnih solarnih konstrukcija kao što su staklenici, dvostruki fasadni sistemi, podna skladišta toplote i primena PCM materijala u Trombe-ovom zidu, imaju posebno važnu ulogu [133]. Pored toga, značajne uštede ostvaruju se upotrebom fotonaponskih i termalnih solarnih panela, geotermalnih sonde i kolektora kao sistema grejanja i hlađenja u objektu. U nekim je slučajevima moguće prozračiti područje upotrebom Vitruvie-jevog efekta cirkulacije zraka i zagreavati ga biomasom iz žetve i ostacima drveta.

Uočavanje indikatora se fokusira na dve glavne grupe kriterijuma u okviru kojih se razmatraju podkriterijumi i alternative, koje moraju biti uzeti u obzir u cilju energetske revitalizacije postojećih stambenih zgrada: rekonstrukcija i adaptacija zgrade i primena sistema zasnovanih na upotrebi OIE.

Indikatori koji se odnose na rekonstrukciju i adaptaciju zgrade i korišćenje obnovljivih izvora energije, prikazani su u tabeli 3.4.

Tabela 3.4 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta postojećih zgrada

Rekonstrukciju i adaptaciju zgrade	Korišćenje obnovljivih izvora energije
Obnova stolarije: • zamena stakla prozora i vrata odgovarajućim termičkim izolacionim staklom; • osiguravanje prozora i vrata;	Uvođenje pasivnih solarnih sistema: • uvođenje staklenika kao srednjeg prostora za skladištenje toplote ili dvostrukih fasadnih sistema;

Poboljšanje termičkih izolacionih svojstava zgrade: • promena vrste i debljine termoizolacionog materijala spoljnih termičkih barijera (zidovi, podovi, krovovi); • uvođenje toplotne izolacije u unutrašnjim pregradama objekata orijentisanih na grejane prostore (plafoni, podovi, zidovi); • promena vrste i debljine drugih građevinskih materijala; Poboljšanje sistema ventilacije, osvetljenja, grejanja i hlađenja: • uvođenje ventila na grejna tela radi regulacije toplote; • uvođenje pametnih sistema za kontrolu grejanja, hlađenja, veštačkog osvetljenja, itd; • unošenje zelenila na krovove i fasade zgrada; • upotreba efikasnih kućanskih uređaja (uključujući štedne sijalice); • izolacija cevi za dovod tople vode u sistem grejanja; • obnova dimnjaka; Uvođenje sistema zaštite od sunca: • upotreba unutrašnjih i spoljašnjih zavesa (roletne, četke, itd.); • sadnja visokog zaštitnog zelenila ispred južne i zapadne strane zgrade; Redizajniranje: • uvođenje vetrobranskog stakla ako ne postoji; • promena rasporeda prostorijske u odnosu na orijentaciju;	• upotreba materijala za promenu faza (PCM) u zidovima sa funkcijom sakupljača; • uvođenje podnog skladišta toplote; Uvođenje aktivnih solarnih sistema: • upotreba krovnih fotonaponskih solarnih panela; • upotreba krovnih termalnih solarnih panela; Upotreba geotermalne energije za grejanje i hlađenje: • upotreba geotermalnih sondi; • upotreba geotermalnih kolektora; Upotreba energije biomase za grejanje: • upotreba drvne biomase; • upotreba žetvenih ostataka; Upotreba energije vetra za hlađenje i ventilaciju: • primena Vitruvije rashladnog efekta.
---	---

3.4.1 Kriterijumi i podkriterijumi sa aspekta savremenih materijala

U zavisnosti od namene koju imaju u okviru toplotne pregrade, prepoznavamo ih kao termoizolacione materijale, unutrašnje i spoljašnje obloge ili specijalne supstance koje se implementiraju u neki konvencionalan građevinski materijal.

Kao zadovoljenje potrebe za nalaženjem prikladnog načina skladištenja toplote u toplotnim pregradama, a kojim bi se raspoloživost sunčeve energije, ograničene dnevnim ciklusom i vremenskim prilikama, uskladila sa potrebama korisnika prostora, razvili su se tzv. fazno promenljivi materijali - Phase Change Materials (PCM). Oni predstavljaju grupu EE materijala koji imaju sposobnost da promenom agregatnog stanja tokom dana uskladište velike količine toplote, a noću uskladištenu toplotu otpuste i tako zagreju unutrašnji prostor objekta [82]. Kristalne supstance PCM-a prelaze u tečno stanje pri dnevnoj temperaturi, a potom se tokom hlađenja u toku noći vraćaju u čvrsto stanje oslobađajući akumuliranu toplotu. Fazno promenljivi materijali smeštaju se u mikrokapsule kao zaštitne opne i javljaju se u vidu neorganskih i organskih jedinjenja. Organski PCM nastaje iz parafina i njegovih mešavina dok se neorganski formira iz hidratisanih soli i njihovih smeša [84]. Neorganski fazno promenljivi materijali imaju bolju toplotnu provodljivost, širok raspon temperatura topljenja i znatno su jeftiniji, dok su organski hemijski stabilniji, ali skuplji i ponekad i zapaljivi. Materijali su dostupni na tržištu kao aktivni sastojak gipsa, cementa, gipsanih ploča i multifunkcionalnih zidnih i krovnih modula. Oni povećavaju toplotnu inerciju zidova i plafona, te se ponašaju kao kameni zidovi velike debljine u starim zgradama.

S obzirom da se EE prvenstveno povezuje sa toplotnim omotačem objekta i termoizolacijom, danas se primenjuje veliki broj materijala ovog tipa, a u pogledu inovativnosti posebno se izdvajaju izolacione pene i vakuumske izolacione paneli. Izolacione pene među kojima su poliuretanske pene i fiberglas, posebno su značajne kod sanacija jer na jednostavan način unapređuju energetske performanse postojećih objekata. Vakuumske izolacione paneli (VIP) upotrebljavaju se kod zastakljenih fasada, a primenom supstanci kao što su fiberglas, silicijum-dioksid i aerogel formira se izolaciona vakumirana smesa smeštena između staklenih panela. Za razliku od izolacionih pena ovi paneli se slabo koriste zbog visoke cene, nedovoljne istraženosti i kratkog roka trajanja [134]. Napredne izolacione pene omogućavaju značajne energetske uštede i mogu biti prilagođene različitim konfiguracijama zgrade. VIP moduli pružaju slobodu u dizajnu prilikom renoviranja staklenih fasada zgrada. Njihov izolacioni učinak je oko tri puta veći od konvencionalnih izolacionih materijala.

Posebnu grupu EE materijala čine i reflektujuće premazi koji se primenjuju u vidu spoljašnjih i unutrašnjih obloga zidova i krovova. Visoko reflektujuće i izdržljive spoljašnje premaze karakteriše visok stepen refleksije radijacije Sunčevih zraka, kako u vidljivom tako i u nevidljivom delu spektra, pri čemu se temperatura omotača smanjuje i zgrada se ne pregreva. Oni

su najčešće u vidu boja koje se sastoje od specijalnih pigmenata koji reflektuju radijaciju Sunca [135], i posebno su značajni u krajevima sa toplijom klimom. Sve više pažnje posvećuje se i premazima za stakla. Unutrašnji premazi maksimalizuju osećaj prostornosti i osvetljenja te zauzvrat smanjuju korišćenje energije za veštačko osvetljenje i povećavaju vidljivo osvetljenje od strane prirodne svetlosti.

3.5 Kompetencije za uvođenje obnovljivih izvora energije u obrazovni sistem

Na osnovu savremenih trendova u oblasti elektroenergetike ukazala se potreba za formiranjem novog obrazovnog profila Elektrotehničar OIE, obzirom da u sistemu visokog obrazovanja već postoje studijski programi koji izučavaju ovu oblast tehnike. Razvoj i primena OIE, kao što su biomasa, vetroturbine, geotermalne toplotne pumpe i solarni sistemi, postaju sve značajniji. Glavna razmatranja za pisanje plana i programa su realizovana, sa većim brojem predstavnika ekonomije i socijalnih partnera, kroz učešće u DACUM radionici [137, 138]. Ova radionica i standard kvalifikacija su prvi korak ka profilu dualnog obrazovnog sistema.

Za predstavnike socijalnih partnera organizovana je DACUM radionica u saradnji sa Institutom za promociju obrazovanja u Beogradu. Spis kompetencija (standard kompetencija) formiran je kao rezultat rada DACUM-a, koji bi trebao biti početni dokument u formiranju nastavnog plana i programa [139]. Svi elementi standarda kompetencije moraju se na odgovarajući način uključiti u nastavni plan i program. DACUM mapa analize posla uključena je u sledećih nekoliko tačaka:

1. Planiranje i organizacija rada (izrađuje operativni plan rada na osnovu projekta; planira (proračunava) utrošak materijala; potrebnog broja radnika; vremena i sredstava za rad; vodi i nadgleda rad grupe radnika; prati i kontroliše redovno održavanje sredstava za rad i prateću dokumentaciju delova za ugradnju; komunicira sa saradnicima; nadređenima i strankama u procesu rada; primenjuje standarde kvaliteta; normative i propise rada; permanentno prati inovacije u oblasti kao i razvoj tehnologija).
2. Učešće u tehničko tehnološkoj pripremi (razrađuje tehničko-tehnološke šeme; učestvuje u izradi specifikacije materijala i opreme; priprema ulazne parametre (merjenja, proračuni, itd); prikuplja podatke za klasifikaciju opreme prema kvalitetu, karakteristikama i ceni).

3. Pripremanje i kontrola montaže opreme i sistema obnovljivih izvora energije (priprema alat i opremu; proverava ispravnost uređaja i opreme prema tehničkoj dokumentaciji; priprema i organizuje radilište; vodi građevinsku knjigu i dnevnik; daje uputstva, usmerava, nadgleda postupke montaže; vrši testiranje/simuliranje delova, opreme i umreženosti; učestvuje u probnom radu (usklađivanje i podešavanje parametara); priprema dokumentaciju za tehnički prijem; izrađuje uputstva za eksploataciju; sprovodi obuku lica ovlašćenih za rukovanje sistemom).
4. Održavanje sistema obnovljivih izvora energije (vrši periodičnu kontrolu sistema sa proverom parametara; izrađuje zapisnik o izvršenoj periodičnoj kontroli; identifikuje neispravnosti delova i sklopova (uzrok, mesto); otklanja jednostavnije neispravnosti na uređajima i sistemu; evidentira radove na popravci sistema; vrši analizu (praćenje) učestalosti uzroka kvarova; predlaže opremu za redovno održavanje i otpis; učestvuje u praćenju i analizi racionalnosti sistema).
5. Preduzimanje mera bezbednosti i zdravlja na radu i zaštite životne sredine (primenjuje zaštitna sredstva i opremu u radu; sprovodi mere zaštite na radu; **upoznaje radnike sa primenom zaštitne opreme, rukovanjem sredstvima i opasnostima u toku rada**; primenjuje tehničke mere i mere zaštite na radu i na očuvanju životne sredine; preduzima preventivne mera radi sprečavanja nepravilne upotrebe uređaja i opreme).

Dodatne informacije za obrazovni profil predstavljaju dopunu DACUM mape i pružaju dodatne informacije kao što je prikazano u tabeli 3.5.

Tabela 3.5 Dodatne informacije obrazovnog profila.

Informacije	Opis
Potrebna znanja	- zakonska i podzakonska akta u oblasti OIE; standardi u oblasti OIE; pravilnici - interni; IT (iznad osnovnog nivoaa - excel, word); - osnovi elektrotehnike; instalacije; SAU – sistemi automatskog upravljanja; električne mašine; energetska elektronika; termotehnika; termoeenergetika.
Potrebne veštine, sposobnosti, stavovi	mašinske operacije; rad na računaru (Autocad, specijalizovani softveri za EE, specijalizovani softveri za projektovanje instalacija i EM pogona).
Oprema, instrumenti, alati sa kojima se radi	unimer; strujna merna klešta; analizatori; termovizijska kamera; anemometar; pirometar...

Izloženost rizicima pri obavljanju posla	rizik od visokog napona; rizik od opekotina; rizik od požara; rizik od eksplozije; rizik od pada; rizik od mehaničkih povreda; rizik od izlaganja uzrocima stresa.
Budući trendovi u poslu	biomasa; gorivne ćelije; integracija fotonaponskih i termo sistema; umrežavanje.
Ekstremni uslovi	vibracije; ekstremna temperatura (visoka, niska, česte promene i sl.); vlaga preko uobičajenog (normalnog) procenta; loše osvetljenje (nedostatak dnevne svetlosti, veštačko osvetljenje).
Sposobnosti i stavovi za obavljanje poslova	• spremnost za dalje učenje i usavršavanje; kreativnost i inovativnost; rešavanje problema u radu; sposobnost planiranja i upravljanja vremenom; prilagodljivost na promene u radu • sposobnost rada u timu; analitička sposobnost; preciznost.

Na osnovu savremenih tendencija u srednjem stručnom obrazovanju, uz podršku Zajednice elektrotehničkih škola Srbije, Zavoda za unapređenje obrazovanja i vaspitanja i Ministarstva prosvete nauke i tehnoloških razvoja Republike Srbije, formirana je Komisija za izradu nastavnog plana i programa za obrazovni profil Elektrotehničar obnovljivih izvora energije po dualnom sistemu.

4. RAZVOJ MODELA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1 Metodi višekriterijumskog odlučivanja

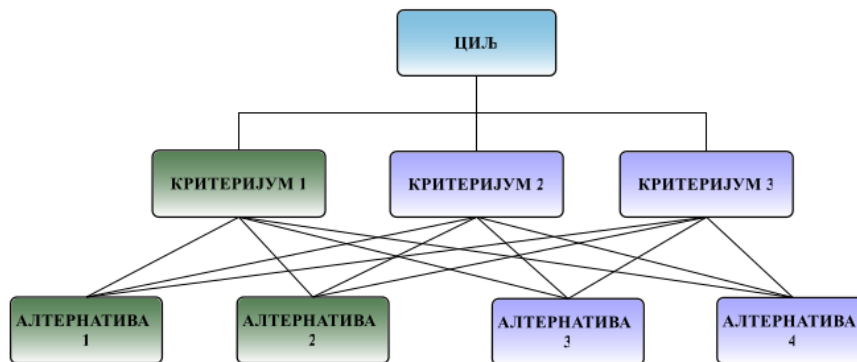
Modeli višekriterijumske analize olakšavaju donosiocima odluke u situacijama u kojima postoji veliki broj raznorodnih kriterijuma, koji često mogu biti i međusobno suprotstavljeni, kao i neuporedivost jedinica mere kriterijuma. Jedan od ciljeva disertacije je da ukaže na značaj korišćenja višekriterijumske optimizacije u trenucima donošenja kompleksnih i važnih odluka.

4.1.1 Analitički hijerarhijski proces

Analitički hijerarhijski procesi (AHP) je najkorišćenija metoda višekriterijumske analize, i to slučajevima kada postoji mogućnost hijerarhijskog strukturiranja relevantnih kriterijuma [140]. Na osnovu definisanog skupa kriterijuma i vrednosti atributa, za svaku alternativu vrši se izbor prihvatljivijeg rešenja, odnosno prikazuje se potpuni raspored važnosti alternativa u modelu. Metodološki posmatrano, AHP je višekriterijumska tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju.

Proces primene AHP metoda se obavlja u četiri koraka:

- Strukturiranje problema, uz definisanje cilja, hijerarhije kriterijuma, atributa i alternativa, i njihovo uređivanje u hijerarhijsku strukturu u obliku stabla;
- Prikupljanje podataka, koji se odnose na kriterijume, attribute i alternative koje se porede;
- Određivanje i ocenjivanje relativnih težina elemenata na svim nivoima u definisanom stablu odlučivanja;
- Izbor optimalnog rešenja za definisani cilj.



Slika 4.1.1.1 Hijerarhijska struktura u AHP-u [141].

Cilj se ⁷alazi na vrhu hijerarhije, dok su kriterijumi, podkriterijumi i alternative na nižim nivoima. AHP najpre omogućava interaktivno kreiranje hijerarhije problema kao pripremu scenarija odlučivanja, a zatim vrednov²²e u parovima elemenata hijerarhije (ciljeva, kriterijuma (podkriterijuma) i alternativa [141]. Na kraju se vrši sinteza svih vrednovanja i po strogo ¹²rđenom matematičkom modelu određuju težinski koeficijenti svih elemenata hijerarhije. Metoda se zasniva na činjenici da se i najsloženiji problem može ²zgraditi u hijerarhiju na način da u daljoj analizi uključuje i kvalitativne i kvantitativne aspekte problema. AHP drži sve delove hijerarhije u odnosu tako da je lako videti kako promene jednog indikatora utiču na druge ¹⁹indikatore. Složenost problema raste sa brojem kriterijuma i alternativa. Ekspertska grupa dodeljuje relativne ocene parovima atributa jednog hijerarhijskog nivoa i to za sve nivoe cele hij⁶arhije. AHP metoda se zasniva na sledećim aksiomima [142]:

Aksiom reciprociteta: Ako je element A, n puta značajniji od elementa B, tada je element B, 1/n puta značajniji od elementa A;

Aksiom homogenosti: Upoređivanje ima smisla samo ako su elementi uporedivi;

Aksio⁶zavisnosti: Omogućuje poređenje među grupama elemenata jednog nivoa koji se tiču elementa višeg nivoa, tj. poređenja na nižim nivoima zavise od elemenata višeg nivoa;

Aksiom očekivanja: Svaka promena strukture hijerarhije zahteva preračunavanje prioriteta u no⁸j hijerarhiji.

Uočeno je da čovek ne može da ocenjuje veći broj alternativa na jednoj skali, odnosno da ne može precizno da vrši procenu. Klasično upoređivanje AHP ⁸rova se zamenjuje ocenom na skali od devet nivoa zbog većeg broja razmatranih parametara. Takođe, uočeno je, da skala koja je dovoljno precizna je skala od 1 do 9 jer psihol⁸ška istraživanja pokazuju da čovek može istovremeno upoređivati 7±2 jedinice istovremeno. Poređenje alternativa u parovima po nekom

kriterijumu se vrši u matricama poređenja. Popunjavanje matrice poređenja se vrši tako što se dodeljuje vrednosti od 1 do 9 čime vrši poređenje alternativa. Vrednost 1 predstavlja jednak prioritet između alternativa koje se porede, dok vrednost 9 predstavlja najveći prioritet jedne alternative u odnosu na drugu alternativu. Svako poređenje dva elementa hijerarhije vrši se korišćenjem Satijeve skale [143].

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\} \quad (1)$$

Prioritet 1 pokazuje da su dve alternative u potpunosti jednake, dok se apsolutna preferencija jedne u odnosu na drugu alternativu iskazuje dodeljujući paru broj 9.

Tabela 4.1.1.1 AHP skala poređenja u parovima (Satijeva skala vrednovanja).

Značaj	Definicija	Objašnjenje
1	Isti značaj	Dve aktivnosti podjednako utiču na ostvarivanje cilja
3	Slaba dominantnost	Jedna aktivnost neznatno više utiče na ostvarivanje cilja u odnosu na drugu
5	Jaka dominantnost	Jedna aktivnost znatno više utiče na ostvarivanje cilja u odnosu na drugu
7	Vrlo jaka dominantnost	Jedna aktivnost znatno više utiče na ostvarivanje cilja u odnosu na drugu i njena dominantnost je praktično potvrđena
9	Apsolutna dominantnost	Jedna aktivnost je dominantna u odnosu na drugu
12 2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	Vrednosti koje se koriste onda kada je neophodno uspostaviti određeni kompromis
Recipročne vrednosti gornjih brojeva	Razumna pretpostavka	Ukoliko se odnos akcije <i>i</i> opisuje nekom od prethodno uvedenih vrednosti u odnosu na akciju <i>j</i> , tada se odnos <i>j</i> prema <i>i</i> opisuje recipročnom vrednošću

Pošto se poređenje alternativa zasniva na subjektivnoj proceni donosioca odluka, postoji potreba za stalnim nadgledanjem, kako bi se obezbedila potrebna tačnost. Na osnovu poređenja u parovima elemenata hijerarhije formira se odgovarajuća matrica poređenja, za koju se određuju

6

sopstvene vrednosti za dobijanje normalizovanih i jedinstvenih sopstvenih vektora kao i težina za sve attribute na svakom nivou hijerarhije [144]:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Postoje različite tehnike da se iz matrice A ekstrahuju vrednosti težinskih koeficijenta $w^T = \{w_1, \dots, w_n\}$. Vektor težinskih koeficijenata w se zatim množi sa težinskim koeficijentom elemenata sa višeg nivoa koji je korišćen kao kriterijum pri poređenju. Ovo se ponavlja i za niže nivoe hijerarhije. Zbir težinskih koeficijenata elemenata na svakom nivou hijerarhije jednak je jedan 1, što omogućava donosiocu odluka da rangira sve elemente u horizontalnom i vertikalnom smislu.

AHP metoda omogućava praćenje doslednosti ocena u bilo kom trenutku tokom poređenja parova korišćenjem formule [145]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (4)$$

gde je CI indeks konzistentnosti, CR odnos konzistentnosti, RI slučajni indeks (indeks konzistentnosti matrice), n dimenzija matrice poređenja, λ_{max} maksimalna sopstvena vrednost matrice. Ako se kod matrice poređenja primenjuje $CR < 0.10$, prioriteti alternativa su prihvatljivi. U suprotnom, treba pronaći razloge za neprihvatljivo visoku ocenu nekonzistentnosti.

Tabela 4.1.1.2 Slučajni indeks za svaku veličinu matrice

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

4.1.2 Fazi analitički hijerarhijski proces

Teorija fazi skupova koju je uveo Zadeh [146] i fazi hijerarhijska analiza (FAHP) koju je razvio Buckley [147] imaju brojne primene u različitim oblastima. FAHP metoda je u stanju da toleriše neizvesnosti ili neodređenosti, dok AHP metoda, popularna i najčešće korišćena, nije pogodna za odlučivanje u takvim uslovima. Drugim rečima, konvencionalni AHP pristup neće u potpunosti odražavati način ljudskog razmišljanja, jer se donosioci odluka obično imaju osećaj sigurnosti kada rade intervju, a ne kada donose svoje odluke kroz pojedinačne brojčane

vrednosti. Stoga, fazi AHP omogućava da se oceni subjektivnost, kada se razmatraju složeni višestruki problemi odlučivanja [148]. Na slici 4.1.2.1 su predstavljene koraci FAHP metode.



Slika 4.1.2.1 Koraci FAHP-a

Fazi broj je specijalan fazi skup $F(R)$ na domenu R , a trougaoni fazi broj je $M \in F(R)$. Ako postoji $x_0 \in R$ takvo da je $\mu_M(x_0) = 1$, za svako $\lambda \in (0,1)$, $M_\lambda = \{x \mid \mu_M(x) \geq \lambda\}$ to je konveksan skup, μ_M je član funkcije $\mu_M: R \rightarrow [0,1]$, pri čemu je [149]:

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & x \in [l, m], \\ \frac{x-u}{m-u}, & x \in [m, u], \\ 0, & \text{ostale vrednosti } x \end{cases} \quad (5)$$

Trougaoni fazni broj je predstavljen sa $\tilde{M} = (l, m, u)$, gde l predstavlja njegovu donju, a u gornju vrednost, dok je m vrednost za $\mu_M = 1$. Osnovne matematičke operacije za dva fazi broja $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ i $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ su [150]:

$$\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2), \quad (6)$$

$$\tilde{M}_1 \odot \tilde{M}_2 \approx (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2), \quad (7)$$

$$\tilde{M}_1^{-1} \approx \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right). \quad (8)$$

Nadalje, vrši se poređenje parova na svakom nivou u kvadratnoj matrici $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$:

$$A = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (9)$$

gde je $\tilde{a}_{ij}$ fazi vrednost u smislu značaja alternative i u odnosu na alternativu j . Za kvadratnu matricu A stoji da je $\tilde{a}_{ij} = 1$ za $i = j$ a $\tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}$ za $i \neq j$. Razvijene su različite skale poređenja na bazi fazi trougaonih brojeva, gde donosilac odluke ima mogućnost da mnogo bliže i lakše oceni značaj kriterijuma ili podkriterijuma i na taj način svoju subjektivnost, koja je prisutna prilikom rešavanja ovih problema, svede na minimum. Ocenjivanje se predstavlja trougaonim fazi brojem, koji je definisan sa tri realna broja, izraženo kao $l, m, i u$.

Tabela 4.1.2.1 Trougaona fazi skala [151]

Lingvistička skala	Trougaona fazi skala	Trougaona fazi recipročna skala
Samo jednako	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Jednak značaj	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Malo važnije	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Strogo važnije	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Veoma strogo važnije	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Apsolutno važnije	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Značenje trougaonih fazi brojeva koji koriste fazifikovanu Satijevu skali su:

- ✓ Podjednaka važnost (1,1,1 + δ);
- ✓ Slaba dominacija (3- δ , 3,3 + δ);
- ✓ Jaka dominacija (5- δ , 5,5 + δ);
- ✓ Demonstrirana dominacija (7- δ , 7,7 + δ);
- ✓ Apsolutna dominacija (9- δ , 9,9).

Kao što je preporučeno u disertaciji [151] da bismo dobili najkonzistentnije rezultate, koristili smo fazi udaljenost od $\delta = 2$. Za srednje vrednosti 2, 4, 6 i 8 koristili smo fazi razmak $\delta = 1$.

Za matricu $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$, indeks konzistentnosti CI i odnos konzistentnosti CR se izračunavaju pomoću formula (3) i (4), a vrednosti slučajnog indeksa RI prikazane u tabeli 4.1.2.2 [152].

Tabela 4.1.2.2 Vrednosti slučajnog indeksa RI .

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4

Vrednost λ_{max} je glavna svojstvena vrednost matrice A . Ako je $CR \leq 0.10$, ocenjeni fazi elementi matrica poređenja su prihvaćeni. Ako je $CR > 0.10$, konzistentnost matrica se mora poboljšati [153].

U prvom koraku algoritma, koristeći trougaone fazi brojeve iz matrice $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$, izračunavaju se sintetički trougaoni fazi brojevi $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T$, gde je:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \odot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{-1}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

Za dobijanje aproksimacije vektora težine, neophodno je da se porede dobijeni sintetički trougaoni fazi brojevi, međusobno, $\tilde{S}_i$, $i = 1, \dots, n$.

Za dva fazi broja $\tilde{M}_1$ i $\tilde{M}_2$, kada je $\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2$, stepen mogućnosti je:

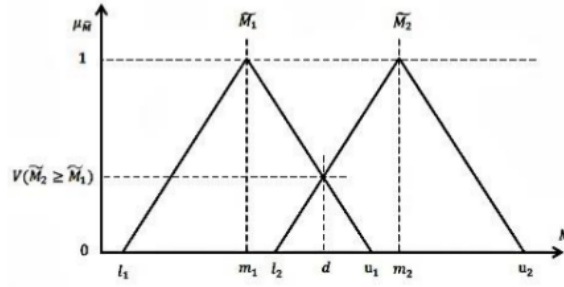
$$V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))]. \quad (11)$$

Fazi brojevi $\tilde{M}_1$ i $\tilde{M}_2$ su konveksni i predstavljeni su na slici 4.1.2.2 i jednačinom 12 [154]:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq l_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{ostalo.} \end{cases} \quad (12)$$

U jednačini 11, d je vrednost ordinata presečne tačke koja se nalazi između μ_{M_1} i μ_{M_2} . Na slici 4.1.2.2 je prikazan stepen verovatnoće da konveksni fazi broj $\tilde{M}$ bude veći od k -tog konveksnog fazi broja $\tilde{M}_i$, $i = 1, \dots, k$ i definisan jednačinom 13:

$$V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) = \min V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i), \text{ for } i = 1, \dots, k. \quad (13)$$



Slika 4.1.2.2 Stepen verovatnoće za $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$.

Dobijeni stepen verovatnoće, normalizovan za 1, za svaki red matrice A predstavlja vektor težine aproksimacijom $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$.

Trougaoni fazi brojevi rangiraju se primenom nekoliko metoda, kao što su metoda težiinskih koeficijenata, metoda mere dominacije, α -presek metodom intervalne sinteze i metoda ukupne integralne vrednosti. Metoda ukupne integralne vrednosti, predstavljena u [155], je korišćena u ovoj disertaciji. Za dati trougaoni fazi broj $M = (l, m, u)$, ukupna integralna vrednost je definisana na sledeći način:

$$I_T^\lambda(\tilde{M}) = \frac{(\lambda u + m + (1 - \lambda)l)}{2}, \quad \lambda \in [0,1], \quad (14)$$

gde λ predstavlja indeks optimizma i opisuje odnos donosioca odluke prema riziku: manja vrednost λ ukazuje na veći stepen rizika (niži stepen optimizma). Vrednosti 0, 0,5 i 1 koriste se za predstavljanje pesimističkih, umerenih i optimističnih pogleda donosioca odluka. Ako je $I_T^\lambda(\tilde{M}_1) < I_T^\lambda(\tilde{M}_2)$, tada je $\tilde{M}_1 < \tilde{M}_2$, a ako je $I_T^\lambda(\tilde{M}_1) = I_T^\lambda(\tilde{M}_2)$, tada je $\tilde{M}_1 \approx \tilde{M}_2$; i za $I_T^\lambda(\tilde{M}_1) > I_T^\lambda(\tilde{M}_2)$, je $\tilde{M}_1 > \tilde{M}_2$ [156]. Konačno rangiranje alternativa znači usvajanje određenog nivoa λ optimizma donosioca odluka, a zatim primenjivanje jednačine na fazi brojeve i na kraju se rangiranje alternativa u pogledu dobijenih vrednosti za $I_T^\lambda(\tilde{M})$.

4.2 Primena višekriterijumske analize

Izbor i identifikacija odgovarajućih kriterijuma je izazovan zadatak, jer mogu da predstavljaju nepotpune liste sa velikom nedoslednošću u nekim studijama. Uz to, praktično nijedno

istraživanje u potpunosti ne opravdava usvajanje izabranog sistema kriterijuma. Naučnici koji su identifikovali listu relevantnih kriterijuma performansi, ni u kom slučaju nije iscrpna, već služi kao pokazatelj za veće nedoslednosti i nema zajedničke tačke na sveobuhvatnoj listi indikatora za ocenjivanje. Iako ovo definitivno naglašava jaz između postojeće literature, вреди detaljnije pogledati još neka istraživanja. Predstavljene matematičke metode podržavaju višekriterijumske odluke u ranoj fazi procesa izrade projekta sa namerom da se razvija tržište za OIE i u budućnosti razvili infrastruktura pametnih gradova.

Podaci o preliminarnim kriterijumima i podkriterijama su navedeni i prikupljeni od zainteresovanih strana. Odgovori su predstavljeni vektorima težina kriterijuma i podkriterijuma, kao i ocenom svih indikatora koji nisu merljivi ili za koje nedostaju podaci. Svi indikatori su dati kao kvalitativni parametri. Kvalitativni podaci se dobijaju subjektivno pomoću stručnog ocenjivanja. Subjektivni sud je potreban u slučaju nemerljivih parametara. Zbog nesigurnosti i nedostatka podataka povezanih sa planiranjem novih tehnologija, u nekim zemljama u razvoju, podaci prikupljeni od stručnjaka uzimaju se u obzir da bi se prioriteto odredio kriterijum i podkriterijum za rangiranje. Stručnjaci su samo ocenili kriterijume jedne naspram drugih u odnosu na cilj, kao i podkriterijume svakog kriterijuma jedni naspram drugih uz uvažavanje kriterijuma. Ovo daje težinu svakog podkriterijuma lokalno (prema kriterijumu) i globalno (u odnosu na cilj). Primene AHP i FAHP metode u donošenju odluka u okviru ove disertacije mogu se videti u sledećim radovima [157-164].

4.2.1 Koncept projekata obnovljivih izvora energije

Važno je razmotriti dimenzije uticaja 3 kriterijuma i 33 podkriterijuma koji karakterišu performanse projekta. Ključne performanse projekta se razmatraju sa aspekta faktora okruženja, indikatora kvaliteta i organizaciono-upravljačke strukture. Struktuiranje problema, uz definisanje cilja (ključne performanse projekta), hijerarhije kriterijuma i podkriterijuma, i njihovo uređivanje u hijerarhijsku strukturu u obliku stabla (slika 4.1.1.1 u poglavlju 4.1.1), prikazano je na slici 4.2.1.



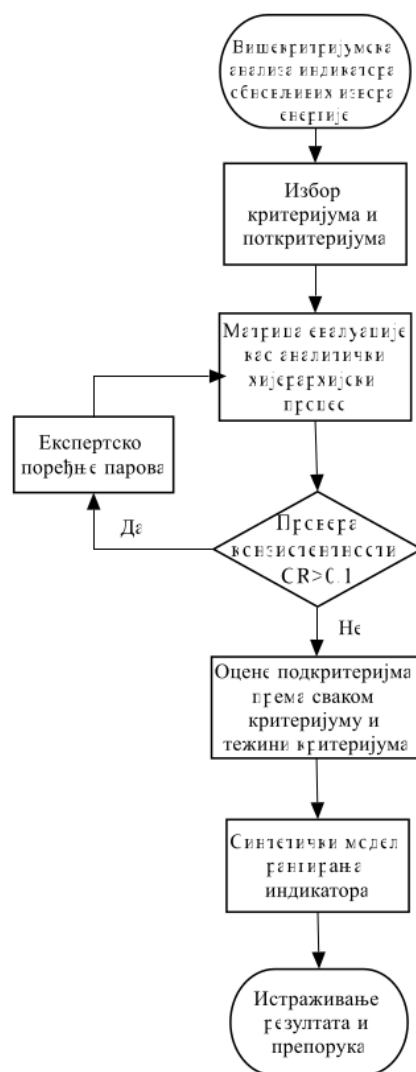
Слика 4.2.1 Хијерархијска структура за кључне перформансе пројекта.

За потребе одређивања значајности индикатора rangiranjem и издвајањем кључних у даљем тексту су применени методи виšekriterijumskog rangiranja, и то: аналитички хијерархијски процес (AHP) и фази аналитички хијерархијски процес (FAHP). Ови методи су изабрани јер пружају:

- могућност описивања проблема у облику хијерархије, која је у складу са предложеном хијерархијском организацијом критеријума и подкритеријума којима се описује модел израде OIE пројекта у оквиру инфраструктуре паметног града са аспекта енергије;
- једноставност коришћења, тако што корисници дефинишу матрице поређења у паровима, дефинишући колико је један фактор или индикатор значајнији у односу на други;
- могућност укључивања квалитативних и квантитативних индикатора у разматрање;
- могућност провере конзистентности добијеног решења, чиме се смањује субјективност приликом поређења и оцјивања критеријума, подкритеријума, односно свих индикатора од стране експерата.

4.2.1.1 Примена AHP методе са аспекта пројеката обновљивих извора енергије

Koezistentnost u donošenju odluka je predstvaljena na slici 4.2.1.1.1.



Slika 4.2.1.1.1 Koezistentnost u donošenju odluka

Ocenjivanjem kriterijuma i podkriterijuma urađeno je rangiranje svih indikatora pre izvođenja projekta. Na osnovu mišljenja stručnjaka, date su ocene za sve kriterijume i pokriterijume i prikazane na slici 4.2.1.1.2.



Slika 4.2.1.1.2 Prikaz svih indikatora koji utiču na performanse projekta OIE

U Tabeli 4.2.1.1.1, data je matrica poređenja kriterijuma: faktora okruženja, indikatora performansi projekata i organizaciono upravljačke strukture korišćenjem Satijeve skale.

Tabela 4.2.1.1.1 Matrica poređenja kriterijuma : T1, T2, T3

	T ₁	T ₂	T ₃	Težine
T ₁	1	2	5	0.5695
T ₂	1/2	1	4	0.3331
T ₃	1/5	1/4	1	0.0974

CI=0.012 CR=0.021

Indikatori kvaliteta projekta su podkriterijumi na trećem nivou i njima, na osnovu ocena stručnjaka uključenih u izradu projekata, su date važnosti u tabeli 4.2.1.1.2.

Tabela 4.2.1.1.2 Matrica poređenja indikatora kvaliteta projekta

	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	Težine
I ₁	1	1	2	4	2	5	4	4	4	0.2292
I ₂	1	1	2	4	2	5	4	4	4	0.2292
I ₃	1/2	1/2	1	3	1	4	3	3	3	0.1443
I ₄	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548
I ₅	1/2	1/2	1	3	1	4	3	3	3	0.1443

I ₆	1/5	1/5	1/4	1/2	1/4	1	1/2	1/2	1/2	0.0338
I ₇	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548
I ₈	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548
I ₉	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548

$$CI=0.010 \quad CR=0.007$$

Organizaciono-upravljačka struktura, odnosno učesnici projekta je takođe podkriterijum na trećem nivou (kriterijumi odlučivanja), kojima se mogu dati važnosti u matrici poređenja u Tabeli 4.2.1.1.3.

Tabela 4.2.1.1.3 Matrica poređenja faktora organizaciono-upravljačke strukture projekta

	¹ U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉	U ₁₀	U ₁₁	U ₁₂	U ₁₃	Težine
U ₁	1	2	3	3	4	3	7	6	5	9	8	8	3	0.2228
U ₂	1/2	1	2	2	3	2	6	5	4	8	7	7	2	0.1567
U ₃	1/3	1/2	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.1019
U ₄	1/3	1/2	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.1019
U ₅	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1/2	4	3	2	6	5	5	1/2	0.0674
U ₆	1/3	1/2	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.1019
U ₇	1/7	1/6	1/5	1/5	1/4	1/5	1	1/2	1/3	3	2	2	1/5	0.0235
U ₈	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/4	2	1	1/2	4	3	3	1/4	0.0332
U ₉	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1/3	3	2	1	5	4	4	1/3	0.0470
U ₁₀	1/9	1/8	1/7	1/7	1/6	1/7	1/3	1/4	1/5	1	1/2	1/2	1/7	0.0125
U ₁₁	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/6	1/2	1/3	1/4	2	1	1	1/6	0.0167
U ₁₂	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/6	1/2	1/3	1/4	2	1	1	1/6	0.0167
U ₁₃	1/3	1/7	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.0978

$$CI=0.036 \quad CR=0.023$$

Podkriterijumi faktora okruženja su na trećem nivou čije su važnosti date u tabeli 4.2.1.1.4.

Tabela 4.2.1.1.4 Matrica poređenja faktora okruženja

	¹ F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	Težine
F ₁	1	2	1/3	1/2	1/4	1/7	1/6	1/5	0.0327

F ₂	1/2	1	1/4	1/3	1/5	1/8	1/7	1/6	0.0236
F ₃	3	4	1	2	1/2	1/5	1/4	1/3	0.0709
F ₄	2	3	1/2	1	1/3	1/6	1/5	1/4	0.0477
F ₅	4	5	2	3	1	1/4	1/3	1/2	0.1059
F ₆	7	8	5	6	4	1	2	3	0.3313
F ₇	6	7	4	5	3	1/2	1	2	0.2307
F ₈	5	6	3	4	2	1/3	1/2	1	0.1572

$CI=0.041$ $CR=0.029$

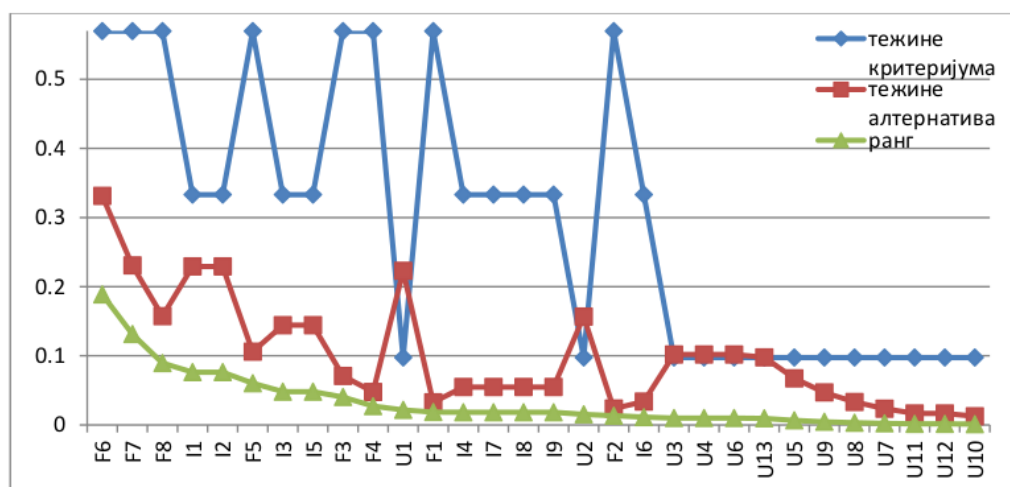
Rezultati rangiranja svih indikatora dobijenih na osnovu težinskih koeficijenata iz tabela 4.2.1.1.1-4.2.1.1.4, AHP metodom, predstavljeni su u tabeli 4.2.1.1.5. Pratili smo faktore, koji zavise od učesnika projekta, okruženja i indikatore kvaliteta projekta, i izvršili rangiranje kriterijuma kako bi formulisali alternativne strategije na osnovu višekriterijumske analize i analize rezultata i istakli aspekte koji su od ključnog značaja za postizanje kompromisa u okviru regionalnog projekta OIE.

Tabela 4.2.1.1.5 Sintezna tabela za izbor optimalne alternative

Redosled važnosti	Kriterijumi i podkriterijumi	Težine kriterijuma	Težine podkriterijuma	Rang
1.	F ₆ - Ekonomski	0.5695	0.3313	0.1887
2.	F ₇ - Finansijski	0.5695	0.2307	0.1314
3.	F ₈ - Fizička infrastruktura	0.5695	0.1572	0.0895
4.	I ₁ – Vreme	0.3331	0.2292	0.0763
5.	I ₂ - Troškovi	0.3331	0.2292	0.0763
6.	F ₅ - Sociološko-tehnološki resursi	0.5695	0.1059	0.0603
7.	I ₃ - Kvalitet	0.3331	0.1443	0.0481
8.	I ₅ - Zadovoljstvo klijenata	0.3331	0.1443	0.0481
9.	F ₃ - Institucionalni	0.5695	0.0709	0.0404
10.	F ₄ - Kulturni	0.5695	0.0477	0.0272
11.	U ₁ - Građevinski inženjeri	0.0974	0.2228	0.0217
12.	F ₁ - Politički	0.5695	0.0327	0.0186

13.	I ₄ - Kontrola	0.3331	0.0548	0.0183
14.	I ₇ - Poslovanje	0.3331	0.0548	0.0183
15.	I ₈ - Zdravlje	0.3331	0.0548	0.0183
16.	I ₉ – Bezbednost	0.3331	0.0548	0.0183
17.	U ₂ - Arhitekta	0.0974	0.1567	0.0153
18.	F ₂ - Pravni	0.5695	0.0236	0.0134
19.	I ₆ - Promene klijenata	0.3331	0.0338	0.0113
20.	U ₃ - Inženjeri elektrotehnike	0.0974	0.1019	0.0099
21.	U ₄ – Izvođači radova	0.0974	0.1019	0.0099
22.	U ₆ - Tehničari	0.0974	0.1019	0.0099
23.	U ₁₃ - Kordinacija među učesnicima projekta	0.0974	0.0978	0.0095
24.	U ₅ - Socijalna-ekonomska klima	0.0974	0.0674	0.0066
25.	U ₉ - Sposobnost menadžera	0.0974	0.0470	0.0046
26.	U ₈ - Upravljanje projektom i nadležnosti vlasnika	0.0974	0.0332	0.0032
27.	U ₇ - Procena projekta	0.0974	0.0235	0.0023
28.	U ₁₁ – Kontrola toka i povratne informacije	0.0974	0.0167	0.0016
29.	U ₁₂ - Donošenje odluka stručnog tima	0.0974	0.0167	0.0016
30.	U ₁₀ - Sposobnost rukovodećeg tela	0.0974	0.0125	0.0012

Predloženim metodom smo izvršili rangiranje kriterijuma i podkriterijuma, koristeći sve raspoložive informacije s ciljem pronalaženja optimalnog pristupa u izradi koncepta projekta OIE.



Slika 4.2.1.1.3 Sintezna tabela za izbor optimalne alternative

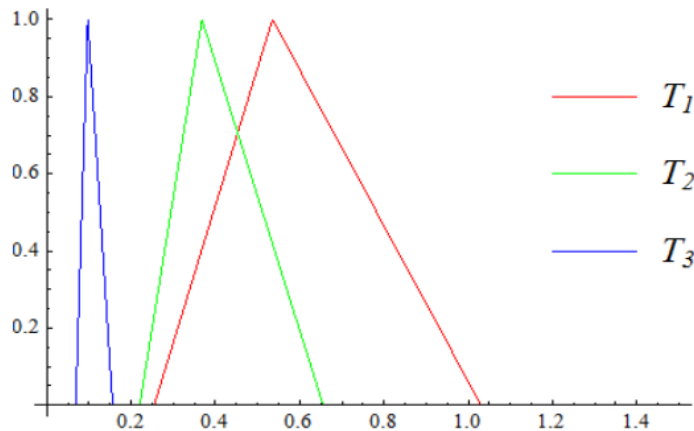
Sprovođenjem postupaka rangiranja, prikazan je dominantan značaj faktora koji utiču na izradu OIE projekata i performanse istih. Donosilac odluke - projektant treba da usvoji rešenje na osnovu analize uticaja ekonomskih, finansijskih faktora, faktora fizičke infrastrukture i prikaza njihovih rangova.

4.2.1.2 Primena FAHP metode sa aspekta projekta obnovljivih izvora energije

Vrednosti $\tilde{a}_{ij}$ u prikazane za glavne kriterijume u tabeli 4.2.1.1.1, dok su sintetički trougaoni brojevi S_i prikazani u tabeli 4.2.1.2.1 i ilustrovani na slici 4.2.1.2.1.

Tabela 4.2.1.2.1 Glavni kriterijumi.

Glavni kriterijumi	T_1	T_2	T_3	S_i
T_1	{1,1,1}	{1,2,3}	{3,5,7}	{0.254237,0.535117,1.03033}
T_2	{1/3,1/2,1}	{1,1,1}	{3,4,5}	{0.220339,0.367893,0.655665}
T_3	{1/7,1/5,1/3}	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,1}	{0.0682809,0.09699,0.156111}



Slika 4.2.1.2.1 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume T_n .

Odgovarajuće vrednosti $\tilde{a}_{ij}$ za podkriterijume su date u tabelama 4.2.1.2.2 – 4.2.1.2.4, dok su vrednosti sintetičkih trougaonih brojeva S_i , ilustrovani na slikama 4.2.1.2.2 – 4.2.1.2.4.

Tabela 4.2.1.2.2 Faktori okruženja

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	S_i
F_1	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	S_1
F_2	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	S_2
F_3	$\{1, 3, 5\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	S_3
F_4	$\{1, 2, 3\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	S_4
F_5	$\{3, 4, 5\}$	$\{3, 5, 7\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	S_5
F_6	$\{5, 7, 9\}$	$\{7, 8, 9\}$	$\{3, 5, 7\}$	$\{5, 6, 7\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	S_6
F_7	$\{5, 6, 7\}$	$\{5, 7, 9\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{3, 5, 7\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	S_7
F_8	$\{3, 5, 7\}$	$\{5, 6, 7\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	S_8

$S_1 = \{0.0176703, 0.035753, 0.0822981\}$, $S_2 = \{0.0126523, 0.0211571, 0.049024\}$, $S_3 =$
 $\{0.0388172, 0.0878349, 0.194099\}$, $S_4 = \{0.0226882, 0.0579944, 0.138199\}$, $S_5 = \{0.0549462,$
 $0.1252, 0.271739\}$, $S_6 = \{0.146774, 0.280241, 0.535714\}$, $S_7 = \{0.10914, 0.221858, 0.442547\}$, S_8
 $= \{0.082043, 0.169961, 0.349379\}$

Tabela 4.2.1.2.3 Indikatori kvaliteta.

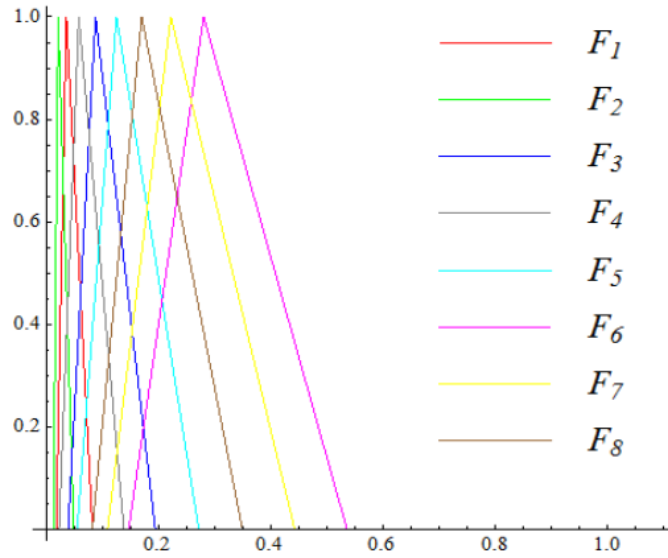
	1									
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	S_i
I_1	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 1, 3\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{3, 5, 7\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{3, 4, 5\}$	S_1
I_2	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{3, 5, 7\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{3, 4, 5\}$	S_2
I_3	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 1, 3\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 3, 5\}$	S_3
I_4	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{1, 1, 3\}$	$\{1, 1, 3\}$	$\{1, 1, 3\}$	S_4
I_5	$\{\frac{1}{3}, 1/2, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1/2, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{3, 4, 5\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 3, 5\}$	$\{1, 3, 5\}$	S_5
53 I_6	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	S_6
I_7	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 1, 3\}$	$\{1, 1, 3\}$	S_7
I_8	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	$\{1, 1, 3\}$	S_8
I_9	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{1, 2, 3\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{1, 1, 1\}$	1 S_9
$S_1 = \{0.100529, 0.216751, 0.473031\}$, $S_2 = \{0.0970018, 0.216751, 0.447461\}$, $S_3 = \{0.0511464, 0.152529, 0.396323\}$, $S_4 = \{0.0306878, 0.0575328, 0.200292\}$, $S_5 = \{0.047619, 0.152529, 0.370754\}$, $S_6 = \{0.0159738, 0.0313085,$ $0.0809692\}$, $S_7 = \{0.0271605, 0.0575328, 0.174723\}$, $S_8 = \{0.0236332, 0.0575328, 0.149154\}$, $S_9 = \{0.0201058,$ $0.0575328, 0.123585\}$										

Tabela 4.2.1.2.4 Faktori organizaciono-upravljačke strukture

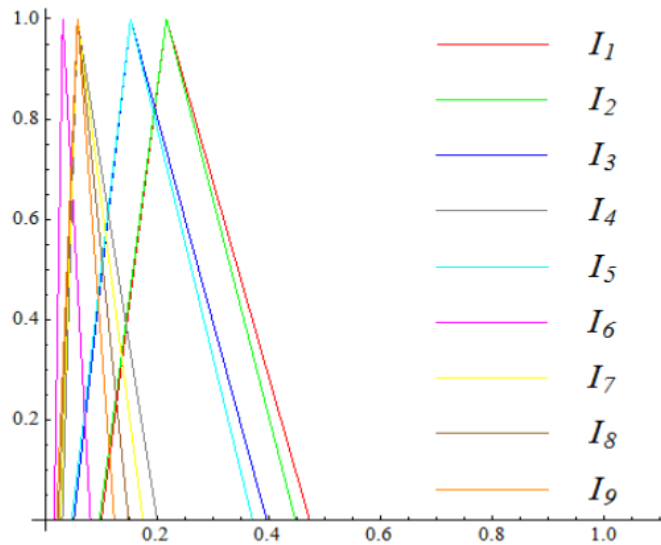
	33													50
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9	U_{10}	U_{11}	U_{12}	U_{13}	S_i
U_1	{1,1,1}	{1,2,3}	{1,3,5}	{1,3,5}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{3,5,7}	{7,9,9}	{7,8,9}	{7,8,9}	{1,3,5}	S_1
U_2	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,3,5}	{1,2,3}	{5,6,7}	{3,5,7}	{3,4,5}	{7,8,9}	{5,7,9}	{5,7,9}	{1,2,3}	S_2
U_3	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,3}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,3}	S_3
U_4	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,3}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,3}	S_4
U_5	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{3,4,5}	{1,3,5}	{1,2,3}	{5,6,7}	{3,5,7}	{3,5,7}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	S_5
U_6	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,3}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,1}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,3}	S_6
U_7	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1,3,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	S_7
U_8	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1,2,3}	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{3,4,5}	{1,3,5}	{1,3,5}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	S_8
U_9	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1,3,5}	{1,2,3}	{1,1,1}	{3,5,7}	{3,4,5}	{3,4,5}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	S_9
U_{10}	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	S_{10}
U_{11}	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1,2,3}	{1,1,1}	{1,1,3}	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	S_{11}
U_{12}	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1,2,3}	{1,1,3}	{1,1,1}	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	S_{12}
U_{13}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	{1,1,3}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,3}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,1}	S_{13}

1

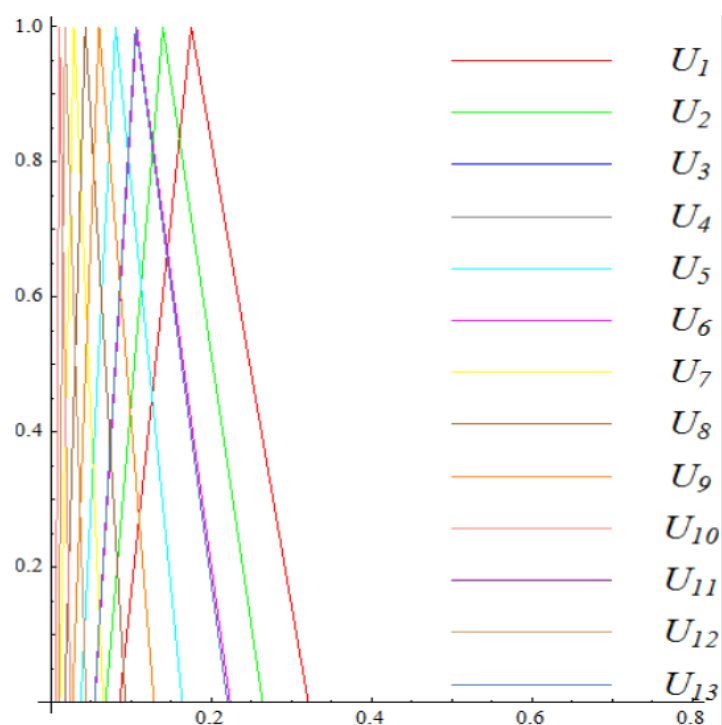
$S_1 = \{0.0857078, 0.175176, 0.321151\}$, $S_2 = \{0.0684333, 0.139859, 0.264238\}$, $S_3 = \{0.0548796, 0.106895, 0.223586\}$, $S_4 = \{0.0548796, 0.106895, 0.223586\}$, $S_5 = \{0.0373394, 0.0807601, 0.163963\}$, $S_6 = \{0.0548796, 0.106895, 0.223586\}$, $S_7 = \{0.0110797, 0.0287992, 0.0653142\}$, $S_8 = \{0.0171795, 0.0429465, 0.0929575\}$, $S_9 = \{0.0268608, 0.0601345, 0.128731\}$, $S_{10} = \{0.0060176, 0.0106166, 0.0241976\}$, $S_{11} = \{0.009308, 0.0175681, 0.0439429\}$, $S_{12} = \{0.009308, 0.0175681, 0.0439429\}$, $S_{13} = \{0.0544366, 0.105886, 0.220334\}$



Slika 4.2.1.2.2 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume F_n .



Slika 4.2.1.2.3 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume I_n .



Slika 4.2.1.2.4 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume U_n .

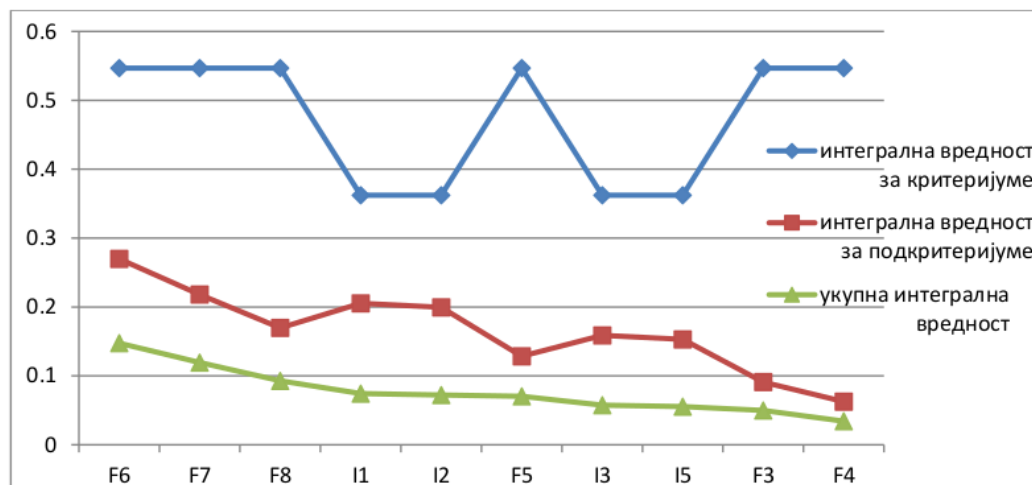
Ukupna integralna vrednost $I_T^0(M) = I_T^0(M_1) \times I_T^0(M_2)$, dobijena iz jednačine (14) za kriterijume $I_T^0(M_1)$ i podkriterijume $I_T^0(M_2)$, je i prikazana je u tabeli 4.2.1.2.5. Uzimajući u obzir sve odabrane indikatore, koji su obuhvaćeni kriterijumima faktori okruženja, organizaciona struktura učesnika projekta i indikatori kvaliteta, izvršeno je rangiranje kako bi bile formulisne alternativne strategije. Na osnovu ovih strategija, koje se baziraju na višekriterijumskom odlučivanju i analizi rezultata, će se realizovati OIE projekti, prvenstveno na regionalnom nivou.

Tabela 4.2.1.2.5 Konačne težine za performanse projekata

Rang za podkriterijume (indikatore) za $\lambda = 1$	$\lambda = 0$			$\lambda = 1/2$			$\lambda = 1$		
	$I_T^0(M_1)$	$I_T^0(M_2)$	$I_T^0(M)$	$I_T^1(M_1)$	$I_T^1(M_2)$	$I_T^1(M)$	$I_T^1(M_1)$	$I_T^1(M_2)$	$I_T^1(M)$
1. Ekonomski F_6	0.5209	0.2846	0.1483	0.5364	0.2754	0.1477	0.5467	0.2698	0.1475
2. Finansijski F_7	0.5209	0.2225	0.1159	0.5364	0.2198	0.1179	0.5467	0.2181	0.1193
3. Fizička infrastruktura F_8	0.5209	0.1698	0.0885	0.5364	0.1697	0.0910	0.5467	0.1697	0.0928
4. Vreme I_1	0.3760	0.2212	0.0832	0.3677	0.2109	0.0775	0.3622	0.2053	0.0743

5. Cena I_2	0.3760	0.2198	0.0826	0.3677	0.2067	0.0760	0.3622	0.1995	0.0722
6. Sociološko-tehnološki F_5	0.5209	0.1229	0.0640	0.5364	0.1264	0.0678	0.5467	0.1285	0.0703
7. Kvalitet I_3	0.3760	0.1476	0.0555	0.3677	0.1548	0.0569	0.3622	0.1588	0.0575
8. Zadovoljstvo klijenata I_5	0.3760	0.1461	0.0549	0.3677	0.1506	0.0554	0.3622	0.1530	0.0554
9. Institucionalni F_3	0.5209	0.0863	0.0450	0.5364	0.0892	0.0479	0.5467	0.0910	0.0498
10. Kultumi F_4	0.5209	0.0558	0.0291	0.5364	0.0600	0.0322	0.5467	0.0626	0.0342
11. Kontrola I_4	0.3760	0.0604	0.0227	0.3677	0.0675	0.0248	0.3622	0.0714	0.0259
12. Poslovanje I_7	0.3760	0.0589	0.0222	0.3677	0.0633	0.0233	0.3622	0.0656	0.0238
13. Zdravlje I_8	0.3760	0.0575	0.0216	0.3677	0.0590	0.0217	0.3622	0.0598	0.0217
14. Politički F_1	0.5209	0.0359	0.0187	0.5364	0.0371	0.0199	0.5467	0.0379	0.0207
15. Bezbednost I_9	0.3760	0.0560	0.0211	0.3677	0.0547	0.0201	0.3622	0.0540	0.0196
16. Inženjeri građevine U_1	0.1031	0.1751	0.0181	0.0959	0.1696	0.0163	0.0911	0.1662	0.0151
17. Pravni F_2	0.5209	0.0221	0.0115	0.5364	0.0223	0.0120	0.5467	0.0225	0.0123
18. Arhitekta U_2	0.1031	0.1398	0.0144	0.0959	0.1366	0.0131	0.0911	0.1347	0.0123
19. Promena zahteva klijenata I_6	0.3760	0.0326	0.0122	0.3677	0.0325	0.0120	0.3622	0.0325	0.0118
20. Inženjeri elektrotehnike U_3	0.1031	0.1079	0.0111	0.0959	0.1081	0.0104	0.0911	0.1083	0.0099
21. Tehničari U_4	0.1031	0.1079	0.0111	0.0959	0.1081	0.0104	0.0911	0.1083	0.0099
22. Izvođači radova U_6	0.1031	0.1079	0.0111	0.0959	0.1081	0.0104	0.0911	0.1083	0.0099
23. Koordinacija među učesnicima U_{13}	0.1031	0.1069	0.0110	0.0959	0.1069	0.0103	0.0911	0.1070	0.0097
24. Socijalno-ekonomska klima U_5	0.1031	0.0799	0.0082	0.0959	0.0803	0.0077	0.0911	0.0806	0.0073
25. Sposobnost menadžera U_9	0.1031	0.0591	0.0061	0.0959	0.0607	0.0058	0.0911	0.0616	0.0056
26. Upravljanje projektom i nadležnosti U_8	0.1031	0.0414	0.0043	0.0959	0.0432	0.0041	0.0911	0.0443	0.0040
27. Procene projekta U_7	0.1031	0.0276	0.0028	0.0959	0.0293	0.0028	0.0911	0.0304	0.0028
28. Kontrola toka i povratne informacije U_{11}	0.1031	0.0178	0.0018	0.0959	0.0189	0.0018	0.0911	0.0196	0.0018
29. Tim stručnjaka za donošenje odluka U_{12}	0.1031	0.0178	0.0018	0.0959	0.0189	0.0018	0.0911	0.0196	0.0018
30. Sposobnost rukovodećeg tela U_{10}	0.1031	0.0109	0.0011	0.0959	0.0111	0.0011	0.0911	0.0112	0.0010

Navedeni podkriterijumi, prikazani su na slici 10, imaju najveći uticaj na performanse projekta. Za $\lambda = 1$, optimistički pogled donosioca odluka, podkriterijumi imaju isti značaj primenom obe metode višekriterijumske analize.



Slika 10. Deset ključnih indikatora koji utiču na OIE projekat i njegove performanse

Ukupna integralna vrednost ($\lambda = 1$), izdvaja podkriterijume F6, F7, F8, I1, I2, F5, I3, I5, F3 i F4 koji su analizirani u sledećem odeljku.

4.2.2 Koncept infrastrukture pametnog grada sa aspekta informacionih tehnologija

S obzirom na broj kriterijuma, cilj je skrenuti pažnju na značaj upotrebe višekriterijumske analize u trenucima donošenja složenih i važnih odluka u procesu kreiranja koncepta pametnog grada i odabira ključnih indikatora. Istraživanje je zasnovano na alternativnom rangiranju primenom matematičke metode Analitički hijerarhijski proces (AHP).



Слика 4.2.2.1 Хијерархијска структура са аспекта примене ИКТ-а

Koncept predstavlja rangiranje šest osnovnih grupa kriterijuma koje je potrebno uzeti u obzir kod pametnog grada kroz koncept primene IKT rešenja: upravljanje, zdravlje, življenje, mobilnost, energija i okruženje, obrazovanje i ekonomija. Skup od 6 kriterijuma je prihvaćen i grupisan u 18 kategorija u hijerarhiji podkriterijuma kao što je prikazano na slici 4.3.5.1. Svi indikatori su ocenjeni na osnovu mišljenja eksperata.

U tabeli 4.2.2.1. data je međuzavisnost procena šest osnovnih grupa kriterijuma i formirana je matrica poređenja zasnovana na (1), (2) i (4). Predstavlja poređenje kriterijuma na prvom nivou. Kako je $CI=0.0028$; $CR=0.0022 < 0.10$, matrica je konzistentna. Tabela sadrži odgovarajuće koeficijente težine W_c .

Tabela 4.2.2.1. Matrica poređenja grupe kriterijuma prvog nivoa (kriterijumi odlučivanja)

	G	E	M	B	H	L	W_c
G	1	1	2	3	3	3	0.283207
E	1	1	2	3	3	3	0.283207
M	1/2	1/2	1	2	2	2	0.164016
B	1/3	1/3	1/2	1	1	1	0.0898568
H	1/3	1/3	1/2	1	1	1	0.0898568
L	1/3	1/3	1/2	1	1	1	0.0898568

Tabela 4.2.2.2 prikazuje matricu poređenja podkriterijuma koja se odnosi na kriterijum upravljanje i odgovarajuće težinske koeficijente (W_{sc}). Kako je $CI=0.005$; $CR=0.008 < 0.10$, matrica je konzistentna. Tako su, na primer, participacija građana, pristup uslugama i e-uprava važniji podkriterijum od podrške upravljanju efikasnim sistemima i upravljanju svim procesima poslovanja od relevantnog značaja 3.

Tabela 4.2.2.2 Poređenje u parovima podkriterijuma u odnosu na kriterijum G

	G_2	G_1	G_3	W_{sc}
G_2	1	2	3	0.539615
G_1	1/2	1	2	0.296961
G_3	1/3	1/2	1	0.163424

Tabela 4.2.2.3 prikazuje matricu poređenja podkriterijuma koja se odnosi na atributnu energiju i okolinu, a u njoj se izračunavaju težinski koeficijenti (W_{sc}). Stoga je pametna energija važnija

od nadzora, analize i istraživanja sigurnosti, rizika i prijetnji po javnu sigurnost od relevantnog značaja 2. Budući da je $CI = 0$; $CR = 0 < 0.10$ matrica poređenja je konzistentna.

Tabela 4.2.2.3 Poređenje u parovima podkriterijuma u odnosu na kriterijum E

	E ₁	E ₂	E ₃	W _{SC}
E ₁	1	2	2	0.5
E ₂	1/2	1	1	0.25
E ₃	1/2	1	1	0.25

Tabela 4.2.2.4 prikazuje poređenje podkriterijuma koji se odnose na mobilnost. Inteligentni sistem upravljanja saobraćajem je od veće važnosti od pametne urbane logistike koja ima relevantnu važnost 3. Budući da je $CI=0.019$; $CR=0.033 < 0.10$ matrica poređenja je konzistentna.

Tabela 4.2.2.4 Poređenje u parovima podkriterijuma u odnosu na kriterijum M

	M ₁	M ₂	M ₃	W _{SC}
M ₁	1	3	5	0.636986
M ₂	1/3	1	3	0.258285
M ₃	1/5	1/3	1	0.104729

U tabeli 4.2.2.5 matrica poređenja podkriterijuma odnosi se na obrazovanje i poslovanje, kao i odgovarajuće težinske koeficijente. Kako je $CI=0.005$; $CR=0.008 < 0.10$, matrica poređenja je konzistentna.

Tabela 4.2.2.5 Poređenje u parovima podkriterijuma u odnosu na kriterijum B

	B ₁	B ₃	B ₂	W _{SC}
B ₁	1	2	3	0.539615
B ₃	1/2	1	2	0.296961
B ₂	1/3	1/2	1	0.163424

Tabela 4.2.2.6 prikazuje matricu poređenja podkriterijuma koja se odnosi na primenu zdravlja. Tabela 4.2.2.7 daje matricu za upoređivanje podkriterijuma koji se odnose na življenje. Obe tabele sadrže odgovarajuće težinske koeficijente W_{sc}. Pošto je $CI=0.019$; $CR=0.033 < 0.10$, obe

matrice poređenja su konzistentne. Upravljanje povezanim objektima je od velikog značaja od pametne konstrukcije od relevantnog značaja 5.

Tabela 4.2.2.6 Poređenje u parovima podkriterijuma u odnosu na kriterijum H

	H ₁	H ₂	H ₃	W _{SC}
H ₁	1	3	5	0.636986
H ₂	1/3	1	3	0.258285
H ₃	1/5	1/2	1	0.104729

Tabela 4.2.2.7 Poređenje u parovima podkriterijuma u odnosu na kriterijum L

	L ₁	L ₂	L ₃	W _{SC}
L ₁	1	3	5	0.636986
L ₂	1/3	1	3	0.258285
L ₃	1/5	1/2	1	0.104729

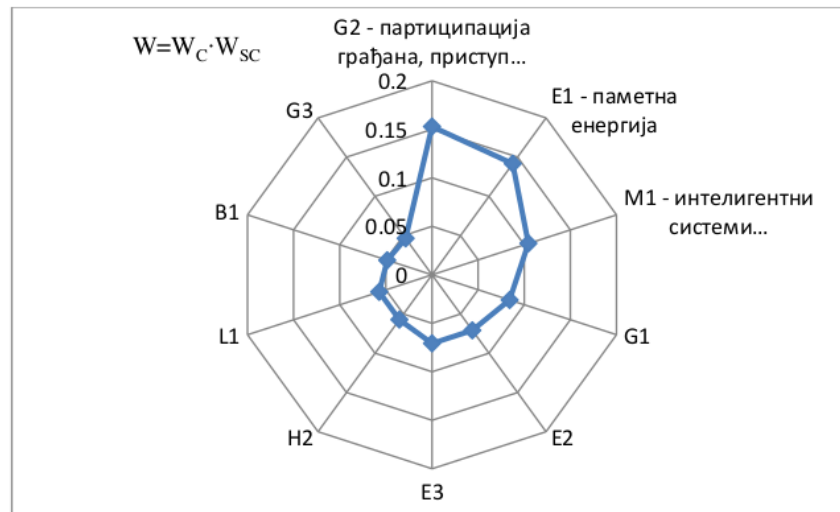
Predloženi metod vrši kriterijume za rangiranje, koristeći sve raspoložive informacije s ciljem pronalaženja optimalnog pristupa u izradi koncepta pametnog grada sa stanovišta uloge IKT-a. Precizna primena realizuje se u akcijama koje primenjuju AHP metod rangiranja indikatora, uz sugestiju dominantnog značaja. Rezultati indikatora rangiranja prikazani su u tabeli 4.2.2.8.

Tabela 4.2.2.8 Rangiranje indikatora

Indikatori	W _C	W _{SC}	W=W _C ×W _{SC}
participacija građana, pristup uslugama i e-uprava - G ₂	0.2832	0.5396	0.1528
pametna energija - E ₁	0.2832	0.5000	0.1416
inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem - M ₁	0.1640	0.6370	0.1045
digitalna javna administracija, transparentnost i otvoreni podaci - G ₁	0.2832	0.2970	0.0841
nadzor, analiza i istraživanje bezbednosti, rizika i pretnji za sigurnost javnosti - E ₂	0.2832	0.2500	0.0708
pametno upravljanje vodom i otpadom - E ₃	0.2832	0.2500	0.0708

integrisani zdravstveni informacioni sistem - H ₂	0.0899	0.6370	0.572
upravljanje pogodnostima življenja - L ₁	0.0899	0.6370	0.0572
urbane platforme obrazovanja, digitalni formati učenja - B ₁	0.0899	0.5396	0.485
podrška upravljanju efikasnim sistemima i upravljanju svim procesima poslovanja - G ₃	0.2832	0.1634	0.463
pametna urbana logistika - M ₃	0.1640	0.2583	0.424
povezivanje, upravljanje sadržajima i integracija IKT-a - B ₃	0.0899	0.2970	0.267
življenje sa podrškom okoline - H ₃	0.0899	0.2583	0.0232
pametan prostor za stanovanje - L ₂	0.0899	0.2583	0.232
inovativni transportni sistem - M ₂	0.1640	0.1047	0.172
elektronsko poslovanje i elektronska trovina - B ₂	0.0899	0.1634	0.147
telemedicina - H ₁	0.0899	0.1047	0.94
pametna izgradnja - L ₃	0.0899	0.1047	0.0094

Polazna tačka za pametne gradove nalazi se u nekoliko ključnih indikatora: upravljanje participacijom, pristup uslugama i e-uprava, pametna energija, inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem, digitalna javna uprava, transparentnost i otvoreni podaci kao što je prikazano na slici 4.2.2.2.



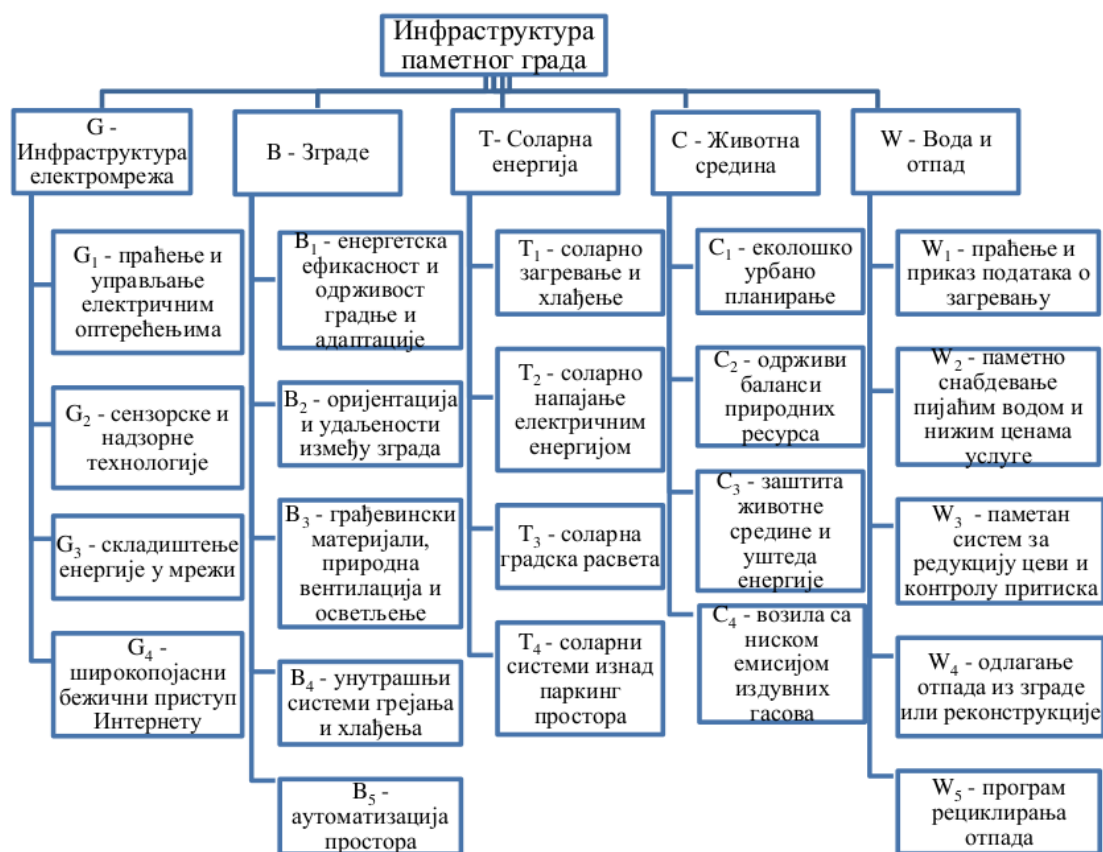
Slika 4.2.2.2 Ključni indikatori rangiranja

Ispitujući ulogu IKT-a, od deset ključnih indikatora izdvojili smo tri koja imaju najviši rang, za koje ćemo izneti mere za uspešnog razvoja koncepta pametnog grada.

4.2.3 Koncept infrastrukture pametnog grada sa aspekta korišćenja solarne energije

U cilju razvoja pametnih gradova sa aspekta korišćenja obnovljive energije rangiraćemo 5 kriterijuma i 23 podkriterijuma za analizu jedne takve platforme u infrastrukturi pametnog grada. Kriterijumi i podkriterijumi su predstavljeni i indeksirani u hijerarhijskoj strukturi na slici 4.2.3.1.

Fazi brojevi se koriste za procenu energetske platforme kroz indikatore performansi, kako bi se realnije predstavio realan problem razvoja pametnog grada. Teorija fazi skupova omogućava donosiocima odluka da u model odlučivanja uključe nepotpune informacije, nedostatak informacija i nemerljive informacije. Fazi AHP metoda je proširenje AHP metode u kojoj subjektivne ocene izražavamo kao fazi brojeve. Stručnjaci su se složili oko dobijenih ocena i poređenja fazi brojeva.



Слика 4.2.3.1 Хијерархијска структура са аспекта коришћења соларне енергије у инфраструктури паметног града

Фази матрице за оцeњивање у погледу критеријума и подкритеријума паметне градске инфраструктуре представљене су у табелама 4.2.3.1 - 4.2.3.6.

Табела 4.2.3.1 Главни критеријуми обележени са G, T, C, B, W.

Vrednosti fazi matrice za kriterijume						Fazi brojevi	Težine		
	G	T	C	B	W		$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$
G	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.133758,0.355556,0.858586)	0.355001	0.339236	0.333272
T	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0828025,0.222222,0.656566)	0.221298	0.235752	0.24122
C	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0700637,0.222222,0.555556)	0.212056	0.213099	0.213494

B	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.0547771,0.128395,0.353535)	0.132893	0.132453	0.132286
W	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.0369427,0.0716049,0.218855)	0.0787522	0.0794608	0.0797289

$CI= 0.00827851, CR= 0.00739152$

Tabela 4.2.3.2 Infrastruktura elektromreže – G.

Vrednosti fazi matrice za podkriterijum G						Težine		
Fazi brojevi								
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄		$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$
G ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	(0.125,0.446281,1.19318)	0.41801	0.433995	0.439856
G ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	(0.104167,0.272727,0.681818)	0.275776	0.261377	0.256098
G ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	(0.0791667,0.140496,0.511364)	0.160729	0.17109	0.174889
G ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.0583333,0.140496,0.340909)	0.145485	0.133538	0.129157

$CI= 0.0034543, CR= 0.00383811$

Tabela 4.2.3.3 Zgrade – B.

Vrednosti fazi matrice za podkriterijum B					Fazi brojevi		Težine		
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄			λ=0	λ=0.5	λ=1
	2								
B ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.130435,0.309859,0.784615)	0.313661	0.31446	0.314783
B ₂	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.118012,0.309859,0.692308)	0.304811	0.293002	0.288234
B ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.068323,0.197183,0.507692)	0.189144	0.198822	0.20273
B ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.0509317,0.117371,0.323077)	0.119897	0.124727	0.126677
B ₅	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	0.0360248,0.0657277,0.169231	0.0724874	0.068989	0.0675766
CI= 0.00908916, CR= 0.00811532									

$CI= 0.00908916, CR= 0.00811532$

Tabela 4.2.3.4 Solarna energija – T.

Vrednosti fazi matrice za podkriterijum T						Težine		
Fazi brojevi								
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$

T ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{4}$	(0.18,0.410646,0.882353)	0.419493	0.387663	0.374676
T ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	(0.1,0.250951,0.735294)	0.249255	0.275201	0.285787
T ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	(0.08,0.250951,0.588235)	0.23505	0.240819	0.243173
T ₄	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.048,0.0874525,0.245098)	0.096202	0.0963171	0.0963641

$$CI=0.0068734, CR=0.00763711$$

Tabela 4.2.3.5 Životna sredina – C.

Vrednosti fazi matrice za podkriterijum C					Fazi brojevi		Težine		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄			$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$
C ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.18,0.446097,1.02941)		0.444671	0.43252	0.427562
C ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.1,0.289963,0.735294)		0.276962	0.291259	0.297092
C ₃	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.076,0.171004,0.441176)		0.175429	0.176824	0.177393
C ₄	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.052,0.0929368,0.245098)		0.102938	0.0993977	0.0979533

$$CI=0.0103278, CR=0.0114754$$

Tabela 4.2.3.6 Voda i otpad – W.

Vrednosti fazi matrice za podkriterijum W						Fazi brojevi		Težine		
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅			$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$
W ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.133758,0.355556,0.858586)		0.355001	0.339236	0.333272
W ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0828025,0.222222,0.656566)		0.221298	0.235752	0.24122
W ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0700637,0.222222,0.555556)		0.212056	0.213099	0.213494
W ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.0547771,0.128395,0.353535)		0.132893	0.132453	0.132286
W ₅	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.0369427,0.0716049,0.218855)		0.0787522	0.0794608	0.0797289

$$CI=0.00827851, CR=0.00739152$$

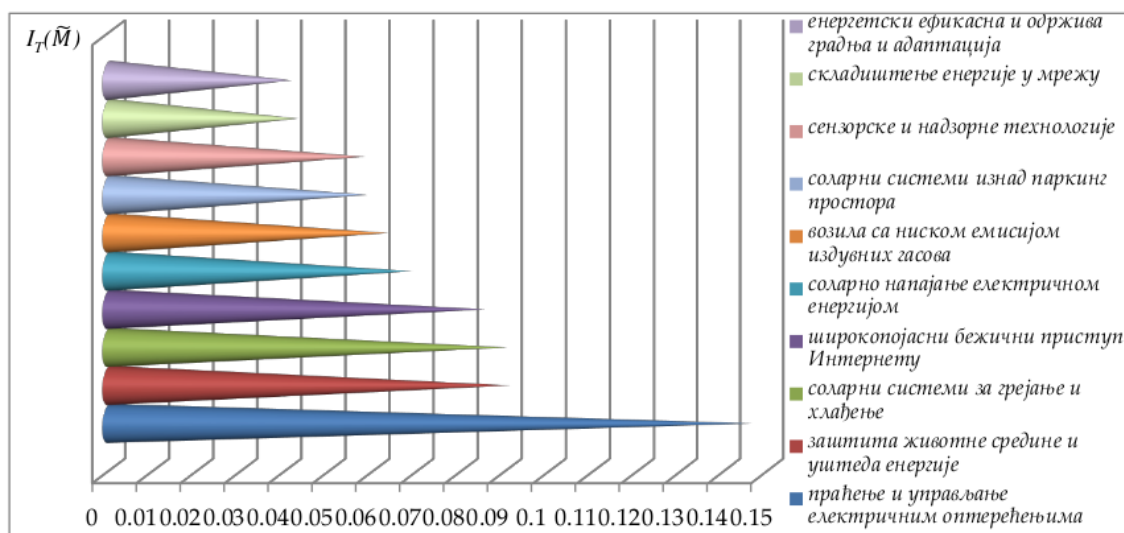
Kako je $CR < 0.10$ za sve matrice, ocene matrica su konzistentne i samim tim prihvaćene. Indeks optimizacije λ predstavlja indeks optimizacije koji izražava stav donosioca odluke u odnosu na rizik. Praktično, vrednosti 0, 0.5 i 1, respektivno, predstavljaju pesimistički, savremen i optimistički stav donosioca odluke. Ukupna integralna vrednost $I_T(\tilde{M}) = I_T(\tilde{M}_1) \times I_T(\tilde{M}_2)$ se

dobija iz jednačine (14), gde $I_T(\tilde{M}_1)$ predstavlja vrednosti za kriterijume, a $I_T(\tilde{M}_2)$ za podkriterijume. Svi podkriterijumi su kao indikatori rangirani u okviru energetske platforme u konceptu pametnog grada u tabeli 4.2.3.7.

Tabela 4.2.3.7 Rangiranje indikatora

Rangiranje indikatora	$\lambda = 0$			$\lambda = 0.5$			$\lambda = 1$		
	$I_T(\tilde{M}_1)$	$I_T(\tilde{M}_2)$	$I_T(\tilde{M})$	$I_T(\tilde{M}_1)$	$I_T(\tilde{M}_2)$	$I_T(\tilde{M})$	$I_T(\tilde{M}_1)$	$I_T(\tilde{M}_2)$	$I_T(\tilde{M})$
G ₁	0.3550	0.4180	0.1484	0.3392	0.4340	0.1472	0.3333	0.4399	0.1466
C ₃	0.2121	0.4447	0.0943	0.2131	0.4325	0.0922	0.2135	0.4276	0.0913
T ₁	0.2213	0.4195	0.0928	0.2358	0.3877	0.0914	0.2412	0.3747	0.0904
G ₄	0.3550	0.2758	0.0979	0.3392	0.2614	0.0887	0.3333	0.2561	0.0854
T ₂	0.2213	0.2493	0.0552	0.2358	0.2752	0.0649	0.2412	0.2858	0.0689
C ₄	0.2121	0.2770	0.0587	0.2131	0.2913	0.0621	0.2135	0.2971	0.0634
T ₄	0.2213	0.2351	0.0520	0.2358	0.2408	0.0568	0.2412	0.2432	0.0587
G ₂	0.3550	0.1607	0.0571	0.3392	0.1711	0.0580	0.3333	0.1749	0.0583
G ₃	0.3550	0.1455	0.0516	0.3392	0.1335	0.0453	0.3333	0.1292	0.0430
B ₁	0.1329	0.3137	0.0417	0.1325	0.3145	0.0417	0.1323	0.3148	0.0416
B ₂	0.1329	0.3048	0.0405	0.1325	0.2930	0.0388	0.1323	0.2882	0.0381
C ₁	0.2121	0.1754	0.0372	0.2131	0.1768	0.0377	0.2135	0.1774	0.0379
B ₅	0.1329	0.1891	0.0251	0.1325	0.1988	0.0263	0.1323	0.2027	0.0268
W ₄	0.0788	0.3550	0.0280	0.0795	0.3392	0.0270	0.0797	0.3333	0.0266
T ₃	0.2213	0.0962	0.0213	0.2358	0.0963	0.0227	0.2412	0.0964	0.0232
C ₂	0.2121	0.1029	0.0218	0.2131	0.0994	0.0212	0.2135	0.0980	0.0209
W ₂	0.0788	0.2213	0.0174	0.0795	0.2358	0.0187	0.0797	0.2412	0.0192
W ₃	0.0788	0.2121	0.0167	0.0795	0.2131	0.0169	0.0797	0.2135	0.0170
B ₄	0.1329	0.1199	0.0159	0.1325	0.1247	0.0165	0.1323	0.1267	0.0168
W ₁	0.0788	0.1329	0.0105	0.0795	0.1325	0.0105	0.0797	0.1323	0.0105
B ₃	0.1329	0.0725	0.0096	0.1325	0.0690	0.0091	0.1323	0.0676	0.0089
W ₅	0.0788	0.0788	0.0062	0.0795	0.0795	0.0063	0.0797	0.0797	0.0064

Predloženim metodom za sve ocenjene indikatore, izvršeno je rangiranje kako bi bile definisane prioritetne aktivnosti u okviru koncepta pametnog grada. Za $\lambda = 0.5$ i $\lambda = 1$, indikatori imaju isti značaj.



Slika 4.2.3.2 Prioritetni indikatori nakon rangiranja fazi AHP metodom.

Na osnovu dobijenih integralnih vrednosti $I_T(\tilde{M})$, ukupne integralne vrednosti za $\lambda = 1$, koje predstavljaju optimistične stavove donosioca odluka, identifikuju se deset najboljih indikatora rangiranja, prikazanih na slici 4.2.3.2.

Rangiranje je pokazalo da je G_1 najvažniji indikator koji se odnosi na praćenje i upravljanje električnim opterećenjima, npr. nadzor i automatsko prilagođavanje promenama u potrošnji.

4.2.4 Koncept infrastrukture pametnog grada sa aspekta postojećih i novih zgrada

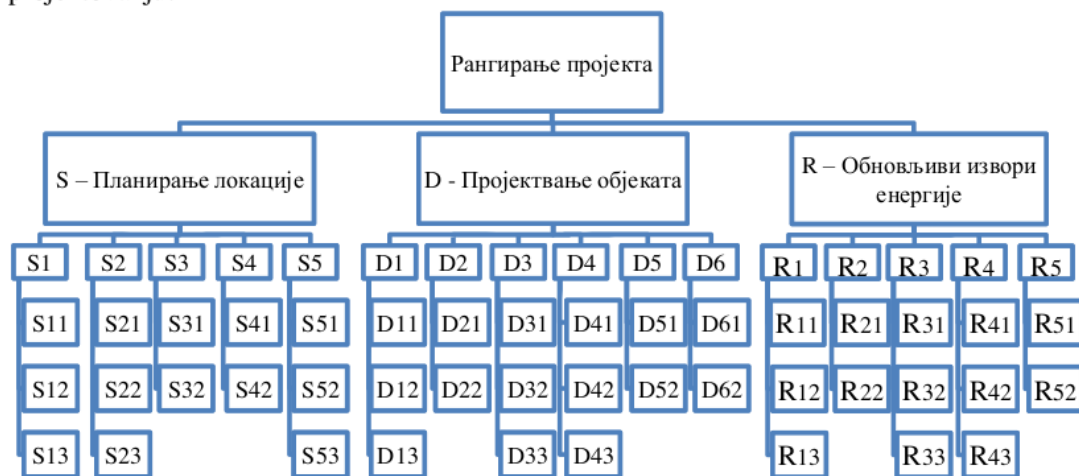
Izbor indikatora i mogućnost odabira najoptimalnijeg rešenja su deo problematike višekriterijumskog odlučivanja u procesu planiranja i projektovanja objekata sa stanovišta EE. Uzeto je u obzir tri osnovne grupe kriterijuma, 16 podkriterijuma i 28 alternativa koji su ocenjeni i indeksirani i prikazani u tabeli 4.2.4.1.

Tabela 4.2.4.1 Grupe kriterijuma i podkriterijuma sa aspekta novih zgrada

Kriterijum S - Izbor lokacije (konfiguracija terena, oblik i orijentacija parcele, međusobni odnosi zgrada i položaj novogradnje na parceli, izloženost vetru, vegetacija)	
S1 - konfiguracija terena	S11 - teren u padu ka jugu, S12 - ravan teren, S13 - teren u padu ka severu
S2 - Oblik i orijentacija parcele	S21 - pravougaonik okrenut užom stranom u pravcu S-J (sever – jug), ulica je pravca I-Z (istok – zapad), S22 - paralelogram okrenut užom stranom u pravcu S-J, ulica je pravca SI-JZ ili SZ-JI, S23 – pravougaonik okrenut užom stranom u pravcu I-Z, ulica je pravca S-J;
S3 - Međusobni odnosi zgrada i položaj objekta na parceli	S31 - optimalno rastojanje novog od postojećih objekata, S32 - smicanje novog objekta u odnosu na postojeće tako da njegova južna fasada ne bude zaklonjena;
S4 - Izloženost vetru	S41 - lokacija zaštićena od vetrova samom konfiguracijom terena, S42 - direktna izloženost vetrovima (ravan teren ili pad koji je u pravcu duvanja vetrova);
S5 - Vegetacija	S51 - poboljšanje mikroklima, S52 - zaštita od Sunca, S53 - zaštita od vetra;
Kriterijum D – Projektovanje objekta (faktor oblika, termički omotač, stolarija, orijentacija i raspored prostorija, zaštita od Sunca, ventilacija i osvetljenje)	
D1 - Faktor oblika	D11 - razuđenost i oblik objekta, D12 - dimenzije objekta, D13 - udaljenost susednih objekata;
D2 – Termički omotač	D21 - vrsta i debljina termoizolacije, D22 - vrsta i debljina ostalih građevinskih materijala;
D3 - Stolarija	D31 - vrsta stakla, D32 - vrsta profila vrata i prozora, D33 - površina otvora;
D4 - Orijehtacija i raspored prostorija	D41 - orijentisani ka jugu, spavaće prostorije ka istoku, kuhinja ka severozapadu i sanitarne prostorije, pomoćne i stepenište ka severu, D42 - dnevni boravak i trpezarija orijentisani ka zapadu, spavaće sobe ka jugu, a sanitarne prostorije i stepenište ka severu, D43 - spavaće sobe orijentisane ka zapadu, dnevni boravak sa trpezarijom ka severu, a stepenište i sanitarne prostorije ka jugu;
D5 - Zaštita od sunca	D51 - upotreba zavesa, D52 - upotreba nadstrešnica;
D6 - Ventilacija i	D61 - prirodno, D62 - veštačko;

osvetljenje	
Kriterijum R - Upotreba OIE (pasivni solarni sistemi, aktivni solarni sistemi, geotermalna energija, energija biomase, energija vetra).	
R1 - Pasivni solarni sistemi	R11 - izolovani dobici toplote, R12 - indirektni dobici toplote, R13 - direktni dobici toplote;
R2 - Aktivni solarni sistemi (solarni paneli)	R21 - fotonaponski paneli, R22 – solarni kolektori;
R3 - Geotermalna energija	R31 - sonda, R32 - kolektor, R33 - bunar;
R4 - Energija biomase	R41 - drvena biomasa, R42 - ostaci od žetve, R43 - životinjski otpad;
R5 - Energija vetra	R51 - primena vetroturbina, R52 - primena Venturijevog efekta cirkulacije vazduha

Svi indikatori su vrednovani od strane stručnjaka u urbanističkom planiranju i arhitektonskom projektovanju.



Slika 4.2.4 Hijerarhijska struktura odlučivanja u optimizaciji rangiranja projekta za nove zgrade

Istraživanje se zasniva na rangiranju relevantnih kriterijuma i odgovarajućim podkriterijumima za optimizaciju EE, korišćenjem matematičke metode AHP i FAHP.

4.2.4.1 AHP metoda u planiranju i arhitektonskom projektovanju novih zgrada

49 Svako poređenje dva elementa hijerarhije vrši se korišćenjem Satijeve skale. Metod AHP omogućava praćenje konzistentnosti procena u svakom trenutku u postupku poređenja parova alternativa pomoću indeksa CI i CR . Ako za matricu poređenja važi da je $CR < 0.10$, prioriteti alternativa računaju se kao prihvatljivi. Tabela 4.2.4.1.1 predstavlja međusobnu zavisnost ocena kriterijuma i formirana je kao matrica poređenja na osnovu jednačina (3) i (4) i tabele 4.1.1.2.

Tabela 4.2.4.1.1 Poređenja kriterijuma S, D, R

	S	D	R	W
S	1	1/3	2	0.230
D	3	1	5	0.648
R	1/2	1/5	1	0.122

$$CI=0.0018, CR=0.0031 < 0.10$$

Tako je, na primer, izbor lokacije ocenjen kao važniji od obnovljivih izvora energije sa relevantnom važnošću 2. S obzirom da je $CR=0.0031 < 0.10$, matrica poređenja je konzistentna i predstavlja upoređivanje kriterijuma na prvom nivou.

Tabela 4.2.4.1.2 Poređenja u odnosu na podkriterijume S

S	S1	S2	S3	S4	S5	W
S1	1	3	5	7	9	0.530
S2	1/3	1	2	4	6	0.231
S3	1/5	1/2	1	2	4	0.126
S4	1/7	1/4	1/2	1	3	0.075
S5	1/9	1/6	1/4	1/3	1	0.038

U tabeli 4.2.4.1.2 predstavljena su poređenja podkriterijuma koji se odnose na izbor planirane lokacije i dobijeni su odgovarajući težinski koeficijenti. S obzirom da je $CI=0.0306, CR=0.0273 < 0.10$ matrica poređenja je konzistentna.

Tabela 4.2.4.1.3 Poređenja indikatora u odnosu na podkriterijume S_i

S1	S11	S12	S13	W
S11	1	3	9	0.655
S12	1/3	1	7	0.290

S2	S21	S22	S23	W
S21	1	3	7	0.649
S22	1/3	1	5	0.279

S13	1/9	1/7	1	0.055
-----	-----	-----	---	-------

$CI=0.04015, CR=0.0692 < 0.10$

S23	1/7	1/5	1	0.072
-----	-----	-----	---	-------

$CI=0.0324, CR=0.056 < 0.10$

S3	S31	S32	W	CI
S31	1	3	0.75	0
S32	1/3	1	0.25	

S4	S41	S42	W	CI
S41	1	5	0.833	0
S42	1/5	1	0.167	

S5	S51	S52	S53	W	CI
S51	1	3	3	0.6	0
S52	1/3	1	1	0.2	
S53	1/3	1	1	0.2	

Poređenje indikatora koja se odnose na konfiguraciju terena, oblik i orijentaciju parcele, međusobne odnose zgrada i izloženost vetru, kao i odgovarajućih indikatora dati su u tabeli 4.2.4.1.3 Ostvarena je konzistentnost.

Tabela 4.2.4.1.4 Poređenja u odnosu na podkriterijume D

D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	W
D1	1	3	3	5	5	7	0.415
D2	1/3	1	1	2	2	4	0.161
D3	1/3	1	1	3	3	5	0.196
D4	1/5	1/2	1/3	1	2	4	0.105
D5	1/5	1/2	1/3	1/2	1	2	0.069
D6	1/7	1/4	1/5	1/4	2	1	0.054

$CI=0.1187, CR=0.0958 < 0.10$

U tabeli 4.2.4.1.4 predstavljene su međusobne zavisnosti ocena podkriterijuma koji se odnose na projektovanje objekta na prvom nivou i dobijeni su odgovarajući težinski koeficijenti.

Tabela 4.2.4.1.5 Poređenja indikatora u odnosu na podkriterijume Di

D1	D11	D12	D13	W
D11	1	3	5	0.648
D12	1/3	1	2	0.230
D13	1/5	1/2	1	0.122

D2	D21	D22	W	CI
D21	1	3	0.75	0
D22	1/3	1	0.25	

$$CI=0.0018, CR=0.0031 < 0.10$$

D3	D31	D32	D33	W
D31	1	3	5	0.637
D32	1/3	1	3	0.258
D33	1/5	1/3	1	0.105

$$CI=0.01925, CR=0.00331 < 0.10$$

D4	D41	D42	D43	W
D41	1	4	9	0.709
D42	1/4	1	5	0.231
D43	1/9	1/5	1	0.060

$$CI=0.0356, CR=0.0614 < 0.10$$

D5	D51	D52	W	CI
D51	1	4	0.8	0
D52	1/4	1	0.2	

D6	D61	D62	W	CI
D61	1	3	0.75	0
D62	1/3	1	0.25	

U tabeli 4.2.4.1.5 predstavljene su međusobne zavisnosti ocena podkriterijuma koji se odnose na projektovanje objekta na drugom nivou hijerarhije i dobijeni su odgovarajući težinski koeficijenti. Ostvarena je konzistentnost.

Tabela 4.2.4.1.6 poređenja u odnosu na podkriterijume R

R	R1	R2	R3	R4	R5	W
R1	1	3	5	5	7	0.506
R2	1/3	1	3	3	5	0.246
R3	1/5	1/3	1	1	2	0.094
R4	1/5	1/3	1	1	3	0.104
R5	1/7	1/5	1/2	1/3	1	0.050

$$CI=0.0256, CR=0.0228 < 0.10$$

Tabela 4.2.4.1.6 predstavlja međusobne zavisnosti podkriterijuma koji se odnose na upotrebu obnovljivih izvora energije, kao i dobijene težinske koeficijente.

Tabela 4.2.4.1.7 Poređenja indikatora u odnosu na podkriterijume Ri

R _i	R _{i1}	R _{i2}	R _{i3}	W
R _{i1}	1	3	6	0.644
R _{i2}	1/3	1	4	0.271
R _{i3}	1/6	1/4	1	0.085

$$CI=0.0268, CR=0.00462 < 0.10$$

R ₂	R ₂₁	R ₂₂	W	CI
R ₂₁	1	3	0.75	0
R ₂₂	1/3	1	0.25	

R3	R31	R32	R33	W
R31	1	3	5	0.648
R32	1/3	1	2	0.230
R33	1/5	1/2	1	0.122

$CI=0.0018$, $CR=0.0031 < 0.10$

R4	R41	R42	R43	W
R41	1	3	7	0.659
R42	1/3	1	4	0.263
R43	1/7	1/4	1	0.078

$CI=0.0462$, $CR=0.0279 < 0.10$

R5	R51	R52	W	CI
R51	1	3	0.75	0
R52	1/3	1	0.25	

Tabela 4.2.4.1.7 predstavlja poređenja na drugom nivou, koja se odnose na upotrebu obnovljivih izvora energije i dobijene težinske koeficijente.

Rezultati rangiranja kriterijuma dobijenih na osnovu težinskih koeficijenata iz tabela 4.2.4.1.1 – tabela 4.2.4.1.7, dobijenih AHP metodom predstavljeni su u Tabeli 4.2.4.1.8.

Tabeli 4.2.4.1.8 Rangiranje indikatora za projekat izgradnje EE zgrade

Indikatori	Težina	Rang
S11 – teren u padu ka jugu	0.0798	3
S12 – ravan teren	0.0353	9
S13 – teren u padu ka severu	0.0067	28
S21 – oblik parcele je pravougaonik okrenut užom stranom u pravcu S-J, ulica je pravca I-Z	0.0344	10
S22 – oblik parcele je paralelogram okrenut užom stranom u pravcu S-J, ulica je pravca SI-JZ i SZ-JI	0.0148	19
S23 – oblik parcele je pravougaonik okrenut užom stranom u pravcu I-Z, ulica je pravca S-J	0.0038	33
S31 – optimalno rastojanje novog od postojećih objekata	0.0217	16
S32 - smicanje novog objekta u odnosu na postojeće tako da njegova južna fasada ne bude zaklonjena	0.0072	27
S41 – lokacija zaštićena od vetrova samom konfiguracijom terena	0.0143	20
S42 – direktna izloženost vetrovima	0.0028	35
S51 – uticaj vegetacije na poboljšanje mikroklimе	0.0052	30
S52 – uticaj vegetacije na zaštitu od Sunca	0.0017	37.5
S53 – uticaj vegetacije na zaštitu od vetra	0.0017	37.5
D11 – razuđenost i oblik objekta	0.1743	1

D12 – dimenzije objekta	0.0618	5
D13 – udaljenost susednih objekata	0.0328	11
D21 – vrsta i debljina termoizolacije	0.0782	4
D22 – vrsta i debljina ostalih materijala	0.0261	14
D31 – vrsta stakla	0.0809	2
D32 – vrsta profila vrata i prozora	0.0327	12
D33 – površina otvora stolarije	0.0133	21
D41 – dnevna zona orijentisana ka jugu, spavaća ka istoku, stepenište i sanitarije ka severu	0.0482	6
D42 – dnevna zona orijentisana ka zapadu, spavaća ka jugu, stepenište i sanitarije ka severu	0.0157	18
D43 – spavaća zona orijentisana ka zapadu, dnevna ka severu, stepenište i sanitarije ka jugu	0.0041	32
D51 – zaštita od Sunca zavesama	0.0357	8
D52 – zaštita od Sunca nadstrešnicama	0.0089	22
D61 – prirodno osvetljenje i provetravanje	0.0262	13
D62 – veštačko osvetljenje i provetravanje	0.0087	23
R11– izolovani toplotni dobici	0.039	7
R12– indirektni toplotni dobici	0.0167	17
R13 – direktni toplotni dobici	0.0052	29
R21 – fotonaponski paneli	0.0225	15
R22 – solarni kolektori	0.0075	25
R31 – primena sonde	0.0074	26
R32 – primena kolektora	0.0026	36
R33 – primena bunara	0.0014	40
R41 – drvena biomasa	0.0084	24
R42 – ostaci od žetve	0.0033	34
R43 – životinjski otpad	0.0009	41
R51 – primena vetroturbina	0.0045	31
R52 - primena Venturijevog efekta cirkulacije vazduha	0.0015	39

4.2.4.2 Primena FAHP metode u planiranju i projektovanju novih zgrada

Istraživanje se nastavlja rangiranjem istih kriterijuma podkriterijuma sa slike 4.2.4, u procesu izgradnje EE zgrade, ali rangiranje se vrši FAHP metodom.

Tabela 4.2.4.2.1 predstavlja međusobnu zavisnost procena kriterijuma. S obzirom da je $CR < 0.10$, matrica poređenja je konzistentna i predstavlja poređenje kriterijuma na prvom nivou. Sintetički trouglasti fazi brojevi za kriterijume su dati u tabeli 4.2.4.2.2 i prikazani su na slici 4.2.4.2.1. Težina kriterijuma je obeležena sa W_c .

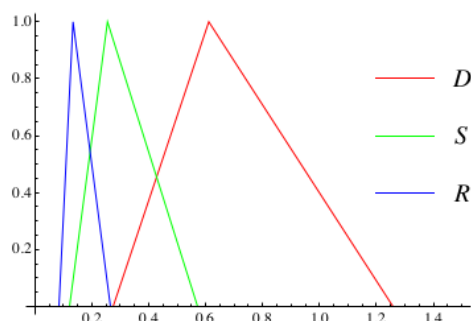
Tabela 4.2.4.2.1 Poređenje kriterijuma

	D	S	R
D	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$
S	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$
R	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.009, CR=0.016 < 0.10$$

Tabela 4.2.4.2.2 Trougaoni fazi brojevi i težine za kriterijume D, S, R

	Trougaoni fazi brojevi	W_c za $\lambda=1$	W_c za $\lambda=1/2$	W_c za $\lambda=0$
D	(0.273, 0.611, 1.260)	0.6037	0.6022	0.5989
S	(0.12, 0.255, 0.573)	0.2670	0.2627	0.2539
R	(0.084, 0.134, 0.267)	0.1294	0.1351	0.1472



Slika 4.2.4.2.1 Trougaoni fazi brojevi i težine za kriterijume D, S, R

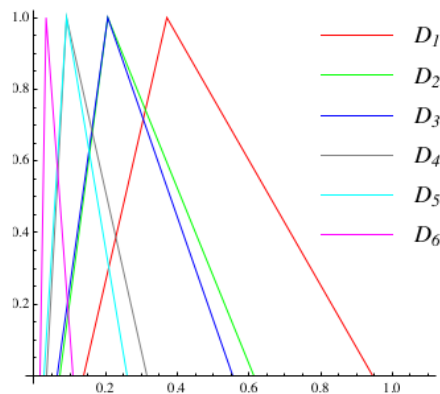
U tabeli 4.2.4.2.3 prikazana je matrica poređenja podkriterijuma u odnosu na dizajn zgrade.

Tabela 4.2.4.2.3 Poređenje indikatora u relaciji sa D_i

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
D ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$

	34					
D ₂	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{1}$	$\widetilde{1}$	$\widetilde{3}$	$\widetilde{3}$	$\widetilde{5}$
D ₃	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{1^{-1}}$	$\widetilde{1}$	$\widetilde{3}$	$\widetilde{3}$	$\widetilde{5}$
D ₄	$\widetilde{5^{-1}}$	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{1}$	$\widetilde{1}$	$\widetilde{3}$
D ₅	$\widetilde{5^{-1}}$	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{1^{-1}}$	$\widetilde{1}$	$\widetilde{3}$
D ₆	$\widetilde{7^{-1}}$	$\widetilde{5^{-1}}$	$\widetilde{5^{-1}}$	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{3^{-1}}$	$\widetilde{1}$

$CI=0.029, CR=0.023<0.10$



Slika 4.2.4.2.2 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume D_i

U tabeli 4.2.4.2.4 su dati odgovarajući sintetički trouglasti fazi brojevi, dok je ilustracija trouglastih brojeva prikazana na slici 4.2.4.2.2. Težina kriterijuma je označena sa W_{sc} .

Doslednost se postiže u svim koracima numeričkih izračunavanja.

Tabela 4.2.4.2.4 Trougaoni fazi brojevi i težine za podkriterijume D_i

	Trougaoni fazi brojevi	W_C za $\lambda=1$	W_C za $\lambda=1/2$	W_C za $\lambda=0$
D ₁	(0.139,0.371,0.946)	0.3470	0.3547	0.3762
D ₂	(0.072,0.206,0.612)	0.2156	0.2127	0.2048
D ₃	(0.065,0.206,0.556)	0.2009	0.2006	0.1999
D ₄	(0.035,0.091,0.316)	0.1070	0.1032	0.0928
D ₅	(0.029,0.091,0.260)	0.0923	0.0912	0.0880
D ₆	(0.018,0.034,0.108)	0.0373	0.0376	0.0384

Tabela 4.2.4.2.5 prikazuje relativnu zavisnost podkriterijuma u odnosu na izbor mesta, dok su odgovarajući fazi brojevi navedeni u tabeli 4.2.4.2.6.

Tabela 4.2.4.2.5 Upoređivanje indikatora u odnosu na podkriterijume S_i

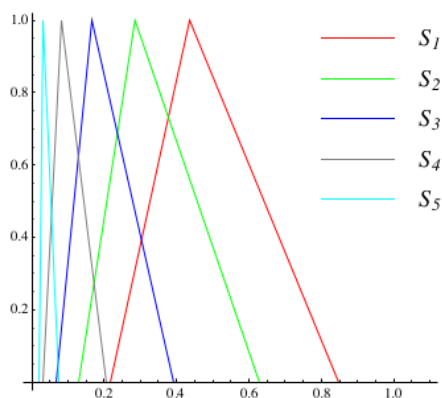
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
S ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$
S ₂	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$
S ₃	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$
S ₄	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
S ₅	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.059, CR=0.053<0.10$$

Tabela 4.2.4.2.6 Trougaoni fazi brojevi i težine za podkriterijume S_i

25	Trougaoni fazi brojevi	W _C za $\lambda=1$	W _C za $\lambda=1/2$	W _C za $\lambda=0$
S ₁	(0.216, 0.436, 0.848)	0.4078	0.4197	0.4452
S ₂	(0.130, 0.285, 0.629)	0.2903	0.2880	0.2830
S ₃	(0.068, 0.166, 0.392)	0.1773	0.1718	0.1599
S ₄	(0.031, 0.082, 0.206)	0.0914	0.0868	0.0770
S ₅	(0.020, 0.031, 0.073)	0.0332	0.0337	0.0349

Sintetički trouglasti fazi brojevi za podkriterijume S_i ilustrovan je na slici 4.2.4.2.3.



Slika 4.2.4.2.3 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume L_i

U tabeli 4.2.4.2.7 predstavljeno je upoređivanje podkriterijuma u pogledu korišćenja obnovljivih izvora energije. Za matricu poređenja indeks konzistentnosti i odnos konzistencije su $CI = 0.032$, $CR = 0.028 < 0.10$. Tabela 4.2.4.2.8 prikazuje odgovarajuće težine i odgovarajuće

sintetičke trouglaste fazi brojeve. Ilustracija trougaonih fazi brojeva prikazana je na slici 4.2.4.2.4.

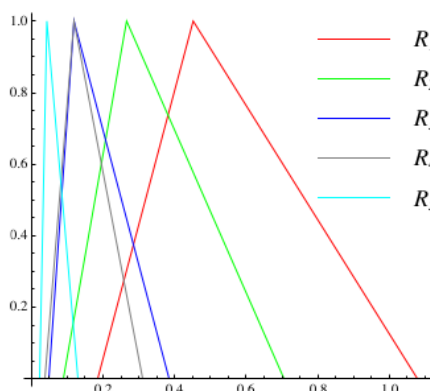
Tabela 4.2.4.2.7 Upoređivanje indikatora u odnosu na podkriterijume R_i

	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
R_1	$\tilde{1}$ 34	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$
R_2	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$
R_3	$\tilde{5}^{-1}$ 29	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
R_4	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
R_5	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.032, CR=0.028<0.10$$

Tabela 4.2.4.2.8 Trougaoni fazi brojevi i težine za podkriterijume R_i

	Trougaoni fazi brojevi	W_C za $\lambda=1$	W_C za $\lambda=1/2$	W_C za $\lambda=0$
R_1	(0.185,0.452,1.079)	0.4240	0.4343	0.4611
R_2	(0.088,0.266,0.707)	0.2693	0.2656	0.2561
R_3	(0.048,0.119,0.385)	0.1395	0.1343	0.1207
R_4	(0.038,0.119,0.310)	0.1189	0.1175	0.1138
R_5	(0.024,0.043,0.131)	0.0484	0.0484	0.0484



Slika 4.2.4.2.4 Trougaoni fazi brojevi za podkriterijume R_i

Za navedene kriterijume i podkriterijume matrice poređenja, rangovi su dobijeni fazi AHP metodom za različite vrednosti λ . Težine podkriterijuma su obeležene sa W_{ssc} u jednačini 4.2.4.2.1:

$$W = W_C * W_{SC} * W_{SSC} \quad (15)$$

U tabeli 4.2.4.2.9, dato je rangiranje indikatora za $\lambda = 1$. U tabeli 4.2.4.2.10 je rangiranje indikatora za $\lambda = 1/2$, dok je u tabeli 4.2.4.2.11 rangiranje indikatora za $\lambda = 0$. Izvršena je odgovarajuća analiza AHP metodom i izvedeni su odgovarajući zaključci.

Najvažniji indikatori unutar svake grupe podkriterijuma, koji se nalaze na desnoj strani grafikona, mogu se primetiti iz figura trougaonih fazi brojeva. Sl. 4.2.4.2.2 pokazuje da su najvažniji faktori D_1 - faktor oblika i D_2 - termički omotač. Sl. 4 pokazuje značaj S_1 - konfiguracije terena i S_2 - oblik i orijentaciju parcele. Sa druge strane, slika 5 pokazuje da je najvažniji podkriterijum u vezi sa korišćenjem obnovljivih izvora energije R_1 - upotreba pasivnih solarnih sistema i R_2 - upotreba aktivnih solarnih sistema (solarnih panela).

Tabela 4.2.4.2.9. Rangiranje ključnih podkriterijuma sa stanovišta EE ($\lambda=1$)

	W_C	W_{SC}	W_{SSC}	W
D_{11}	0.6037	0.3470	0.5886	0.1233
D_{21}	0.6037	0.2156	0.7500	0.0976
D_{31}	0.6037	0.2009	0.5886	0.0714
D_{12}	0.6037	0.3470	0.3074	0.0644
S_{11}	0.2670	0.4078	0.5587	0.0608
S_{21}	0.2670	0.2903	0.5880	0.0456
D_{51}	0.6037	0.0923	0.8106	0.0452
S_{12}	0.2670	0.4078	0.3898	0.0424
D_{41}	0.6037	0.1070	0.6137	0.0396
D_{32}	0.6037	0.2009	0.3074	0.0373
S_{31}	0.2670	0.1773	0.7500	0.0355
R_{11}	0.1294	0.4240	0.6012	0.0330
D_{22}	0.6037	0.2156	0.2500	0.0325
S_{22}	0.2670	0.2903	0.3481	0.0270
R_{21}	0.1294	0.2693	0.7500	0.0261
D_{13}	0.6037	0.3470	0.1041	0.0218
D_{42}	0.6037	0.1070	0.3309	0.0214
S_{41}	0.2670	0.0914	0.8487	0.0207

R_{12}	0.1294	0.4240	0.3226	0.0177
D_{61}	0.6037	0.0373	0.7500	0.0169
D_{33}	0.6037	0.2009	0.1041	0.0126
S_{32}	0.2670	0.1773	0.2500	0.0118
D_{52}	0.6037	0.0923	0.1894	0.0106
R_{31}	0.1294	0.1385	0.5886	0.0105
R_{41}	0.1294	0.1189	0.5880	0.0090
R_{22}	0.1294	0.2693	0.2500	0.0087
D_{62}	0.6037	0.0373	0.2500	0.0056
S_{13}	0.2670	0.4078	0.0515	0.0056
R_{32}	0.1294	0.1395	0.3074	0.0055
R_{42}	0.1294	0.1189	0.3481	0.0054
S_{51}	0.2670	0.0332	0.5845	0.0052
S_{23}	0.2670	0.2903	0.0639	0.0050
R_{51}	0.1294	0.0484	0.7500	0.0047
R_{13}	0.1294	0.4240	0.0761	0.0042
S_{42}	0.2670	0.0914	0.1513	0.0037
D_{43}	0.6037	0.1070	0.0554	0.0036
S_{52}	0.2670	0.0332	0.2466	0.0022

R ₃₃	0.1294	0.1395	0.1041	0.0019
R ₅₂	0.1294	0.0484	0.2500	0.0016

S ₅₃	0.2670	0.0332	0.1689	0.0015
R ₄₃	0.1294	0.1189	0.0639	0.0010

Tabela 4.2.4.2.10. Rangiranje ključnih podkriterijuma sa stanovišta EE ($\lambda=1/2$)

	W _C	W _{SC}	W _{SSC}	W
D ₁₁	0.6022	0.3547	0.5917	0.1264
D ₂₁	0.6022	0.2127	0.7398	0.0948
D ₃₁	0.6022	0.2006	0.5917	0.0715
D ₁₂	0.6022	0.3547	0.3004	0.0642
S ₁₁	0.2627	0.4197	0.5612	0.0619
S ₂₁	0.2627	0.2880	0.5854	0.0443
D ₅₁	0.6022	0.0912	0.8009	0.0440
S ₁₂	0.2627	0.4197	0.3832	0.0422
D ₄₁	0.6022	0.1032	0.6124	0.0381
D ₃₂	0.6022	0.2006	0.3004	0.0363
R ₁₁	0.1351	0.4343	0.5944	0.0349
S ₃₁	0.2627	0.1718	0.7398	0.0334
D ₂₂	0.6022	0.2127	0.2602	0.0333
R ₂₁	0.1351	0.2656	0.7398	0.0265
S ₂₂	0.2627	0.2880	0.3450	0.0261
D ₁₃	0.6022	0.3547	0.1080	0.0231
D ₄₂	0.6022	0.1032	0.3296	0.0205
S ₄₁	0.2627	0.0868	0.8362	0.0191
R ₁₂	0.1351	0.4343	0.3233	0.0190
D ₆₁	0.6022	0.0376	0.7398	0.0168

D ₃₃	0.6022	0.2006	0.1080	0.0130
S ₃₂	0.2627	0.1718	0.2602	0.0117
D ₅₂	0.6022	0.0912	0.1991	0.0109
R ₃₁	0.1351	0.1343	0.5917	0.0107
R ₂₂	0.1351	0.2656	0.2602	0.0093
R ₄₁	0.1351	0.1175	0.5854	0.0093
S ₁₃	0.2627	0.4197	0.0557	0.0061
D ₆₂	0.6022	0.0376	0.2602	0.0059
R ₄₂	0.1351	0.1175	0.3450	0.0055
R ₃₂	0.1351	0.1343	0.3004	0.0055
S ₂₃	0.2627	0.2880	0.0696	0.0053
S ₅₁	0.2627	0.0337	0.5779	0.0051
R ₅₁	0.1351	0.0484	0.7398	0.0048
R ₁₃	0.1351	0.4343	0.0823	0.0048
S ₄₂	0.2627	0.0868	0.1638	0.0037
D ₄₃	0.6022	0.1032	0.0580	0.0036
S ₅₂	0.2627	0.0337	0.2431	0.0022
R ₃₃	0.1351	0.1343	0.1080	0.0020
R ₅₂	0.1351	0.0484	0.2602	0.0017
S ₅₃	0.2627	0.0337	0.1789	0.0016
R ₄₃	0.1351	0.1175	0.0696	0.0011

Tabela 4.2.4.2.11. Rangiranje ključnih podkriterijuma sa stanovišta EE ($\lambda=0$)

	W _C	W _{SC}	W _{SSC}	W
D ₁₁	0.5989	0.3762	0.5998	0.1351
D ₂₁	0.5989	0.2048	0.7143	0.0876
D ₃₁	0.5989	0.1999	0.5998	0.0718
S ₁₁	0.2539	0.4452	0.5652	0.0639
D ₁₂	0.5989	0.3762	0.2821	0.0636

S ₁₂	0.2539	0.4452	0.3722	0.0421
S ₂₁	0.2539	0.2830	0.5802	0.0417
D ₅₁	0.5989	0.0880	0.7872	0.0415
R ₁₁	0.1472	0.4611	0.5827	0.0396
D ₂₂	0.5989	0.2048	0.2857	0.0350
D ₄₁	0.5989	0.0928	0.6106	0.0339

D ₃₂	0.5989	0.1999	0.2821	0.0338
S ₃₁	0.2539	0.1599	0.7143	0.0290
R ₂₁	0.1472	0.2561	0.7143	0.0269
D ₁₃	0.5989	0.3762	0.1181	0.0266
S ₂₂	0.2539	0.2830	0.3385	0.0243
R ₁₂	0.1472	0.4611	0.3245	0.0220
D ₄₂	0.5989	0.0928	0.3279	0.0182
D ₆₁	0.5989	0.0384	0.7143	0.0164
S ₄₁	0.2539	0.0770	0.8136	0.0159
D ₃₃	0.5989	0.1999	0.1181	0.0141
S ₃₂	0.2539	0.1599	0.2857	0.0116
D ₅₂	0.5989	0.0880	0.2128	0.0112
R ₂₂	0.1472	0.2561	0.2857	0.0108
R ₃₁	0.1472	0.1207	0.5998	0.0107
R ₄₁	0.1472	0.1138	0.5802	0.0097

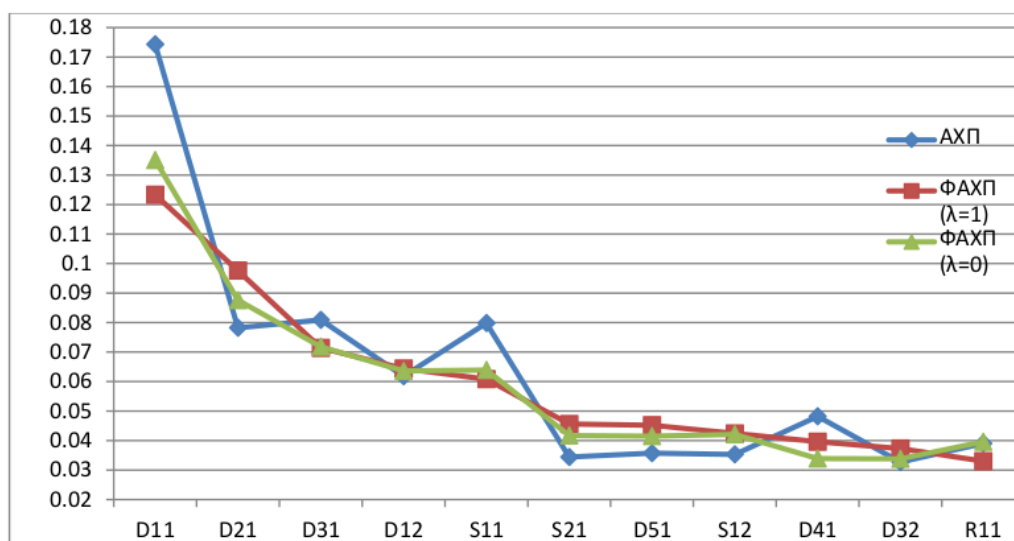
S ₁₃	0.2539	0.4452	0.0626	0.0071
D ₆₂	0.5989	0.0384	0.2857	0.0066
R ₁₃	0.1472	0.4611	0.0929	0.0063
S ₂₃	0.2539	0.2830	0.0813	0.0058
R ₄₂	0.1472	0.1138	0.3385	0.0057
R ₅₁	0.1472	0.0484	0.7143	0.0051
R ₃₂	0.1472	0.1207	0.2821	0.0050
S ₅₁	0.2539	0.0349	0.5596	0.0050
S ₄₂	0.2539	0.0770	0.1864	0.0036
D ₄₃	0.5989	0.0928	0.0615	0.0034
R ₃₃	0.1472	0.1207	0.1181	0.0021
S ₅₂	0.2539	0.0349	0.2332	0.0021
R ₅₂	0.1472	0.0484	0.2857	0.0020
S ₅₃	0.2539	0.0349	0.2073	0.0018
R ₄₃	0.1472	0.1138	0.0813	0.0014

Višekriterijumskom analizom je obrađen veliki broj indikatora kako bi se razmatrao aspekt EE u procesu projektovanja i izgradnje zgrada. Ključni indikatori su izdvojeni na slici 4.2.4.2.5.



Слика 4.2.4.2.5 Кључни индикатори аспекта ЕЕ у процесу пројектовања и изградње зграда.

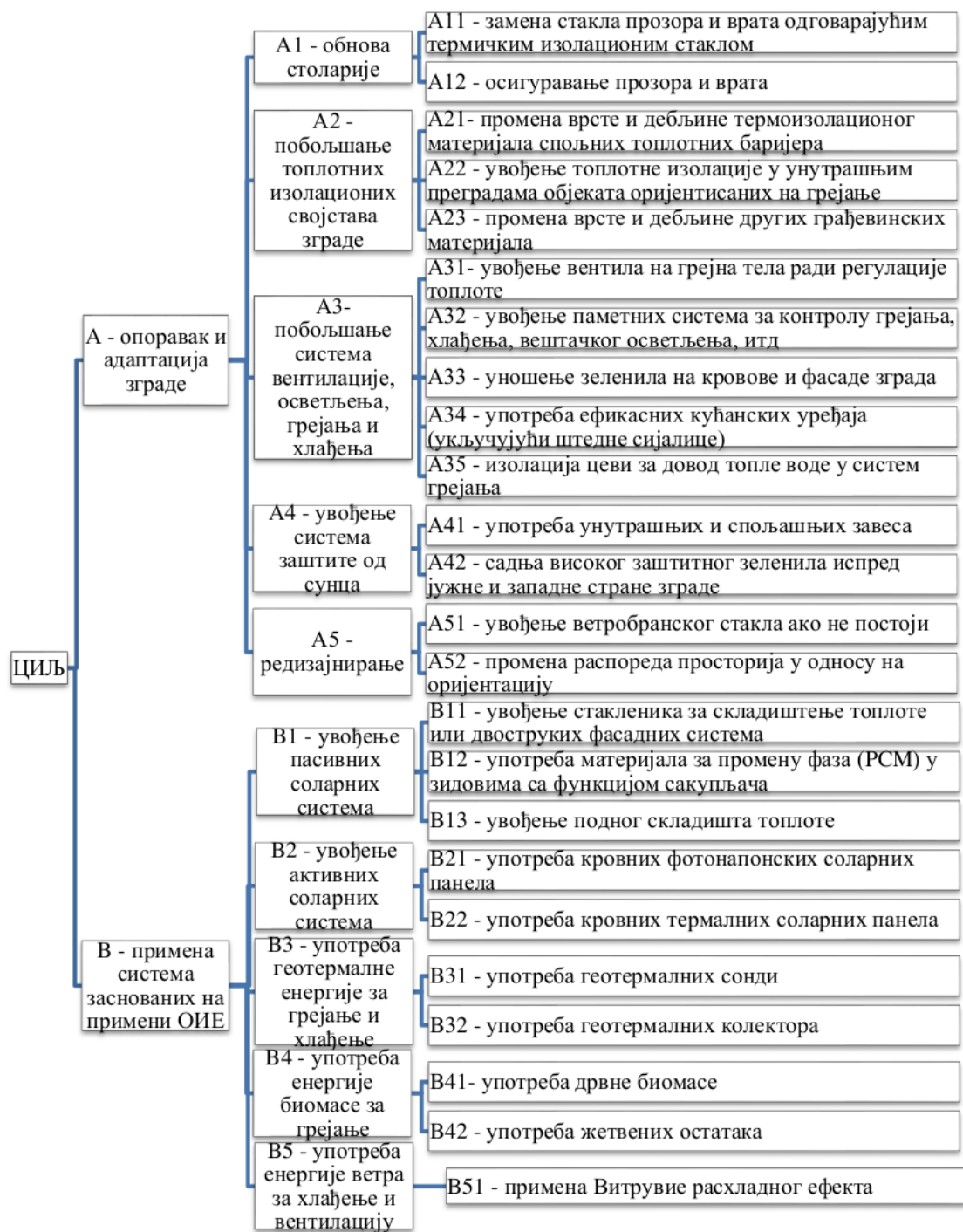
Вредности ранжираних индикатора, за обе методе, date су на слици 4.2.4.2.6 .



Slika 4.2.4.2.6 Ključni indikatori izdvojeni primenom AHP i FAHP metode

4.2.4.3 Primena AHP metode na postojeće zgrade

U ovom delu je cilj ukazati na značaj upotrebe višekriterijumskih analiza u trenutku donošenja složenih i važnih odluka u oblasti EE.



4.2.4.3.1 Хијерархијска структура одлучивања и оптимизацији рангирања пројекта

Istraživanje je zasnovano na rangiranju indikatora upotrebom matematičke AHP metode. Uzimajući u obzir veliki broj podkriterijuma i alternativa, odnosno indikatora u procesu unapređenja energetskih performansi, u ovom delu, višekriterijumska analiza daje mogućnost izbora najoptimalnijeg rešenja sa aspekta EE kod postojećih zgrada (cilj, odnosno prvi nivo u hijerarhiji). Hijerarhijska struktura odlučivanja u optimizaciji rangiranja sa aspekta EE kod postojećih zgrada, prikazana je na slici 4.2.4.3.1.

Poređenje kriterijuma na drugom nivou je predstavljeno matricom poređenja podkriterijuma koja se odnosi na rekonstrukciju i adaptaciju stambenih zgrada i odgovarajuće koeficijente težine (W_{sc}). Tako je, na primer, obnova stolarije važnija od primene sistema zaštite od sunca od relevantnog značaja 7. S obzirom da je $CI = 0,048$, matrica $CR = 0,043 < 0,10$ je konzistentna.

26

Tabela 4.2.4.3.1 Matrica poređenja u odnosu na grupe kriterijuma A i B

	A	B	W_c
A	1	2	0.6667
B	1/2	1	0.3333

Tabela 4.2.4.3.2 Matrica poređenja u odnosu na grupu kriterijuma A

A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	W_{sc}
A ₁	1	2	6	7	9	0.4757
A ₂	1/2	1	5	6	8	0.3289
A ₃	1/6	1/5	1	2	4	0.0973
A ₄	1/7	1/6	1/2	1	3	0.0647
A ₅	1/9	1/8	1/4	1/3	1	0.0334

Tabela 4.2.4.3.3 prikazuje matricu poređenja podkriterijuma koja se odnosi na implementaciju sistema zasnovanih na primjeni obnovljivih izvora energije, a u njoj se izračunavaju težinski koeficijenti (W_{sc}). Stoga je uvođenje pasivnih solarnih sistema važnije od primene aktivnih solarnih sistema od značaja 2. Budući da je $CI = 0,043$, $CR = 0,038 < 0,10$, matrica upoređivanja je konzistentna. Tabela 4.2.4.3.4 dobija matricu poređenja podkriterijuma za obnovu stolarije (A_1) u postojećim stambenim zgradama i odgovarajuće težinske koeficijente W_{sc} . Tabela 4.2.4.3.5 prikazuje poređenje podkriterijuma za poboljšanje termičkih izolacionih svojstava objekata (A_2). Promena toplotne izolacije u spoljnim toplotnim barijerama ima veći značaj od promene drugih vrsta građevinskih materijala u zgradi koja ima relevantni značaj 3. Pošto je $CI = 0,005$, $CR = 0,008 < 0,10$, matrica upoređivanja je konzistentna.

Tabela 4.2.4.3.3 Matrica poređenja u odnosu na grupu kriterijuma B

B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	W _{sc}
B ₁	1	2	5	6	8	0.4627
B ₂	1/2	1	4	5	7	0.3141
B ₃	1/5	1/4	1	2	4	0.1121
B ₄	1/6	1/5	1/2	1	3	0.0738
B ₅	1/8	1/7	1/4	1/3	1	0.0373

Tabela 4.2.4.3.4 Matrica poređenja podkriterijuma A₁

A ₁	A ₁₁	A ₁₂	W _{ssc}
A ₁₁	1	2	0.6667
A ₁₂	1/2	1	0.3333

Tabela 4.2.4.3.5 Matrica poređenja podkriterijuma A₂

A ₂	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	W _{ssc}
A ₂₁	1	2	3	0.5396
A ₂₂	1/2	1	2	0.2970
A ₂₃	1/3	1/2	1	0.1634

U tabeli 4.2.4.3.6 data je matrica poređenja za podkriterijum koji se odnosi na poboljšanje sistema ventilacije, osvetljenja i grejanja i hlađenja postojećih stambenih zgrada (A₃), kao i odgovarajući koeficijent težine. Pošto je CI = 0,020, CR = 0,016 < 0,10, matrica poređenja je konzistentna.

Tabela 4.2.4.3.6 Matrica poređenja u odnosu podkriterijum A₃

A ₃	A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃	A ₃₄	A ₃₅	A ₃₆	W _{ssc}
A ₃₁	1	2	2	3	4	6	0.3432
A ₃₂	1/2	1	1	2	3	5	0.2074
A ₃₃	1/2	1	1	2	3	5	0.2074
A ₃₄	1/3	1/2	1/2	1	2	4	0.1244
A ₃₅	1/4	1/3	1/3	1/2	1	3	0.0789
A ₃₆	1/6	1/5	1/5	1/4	1/3	1	0.0387

Tabela 4.2.4.3.7 Matrica poređenja za A₄

A ₄	A ₄₁	A ₄₂	W _{ssc}
----------------	-----------------	-----------------	------------------

Tabela 4.2.4.3.8 Matrica poređenja za A₅

A ₄₁	1	3	0.7500
A ₄₂	1/3	1	0.2500

A ₅	A ₅₁	A ₅₂	W _{ssc}
A ₅₁	1	2	0.6667
A ₅₂	1/2	1	0.3333

Tabela 4.2.4.3.7 prikazuje matricu poređenja podkriterijuma koji se odnosi na uvođenje sistema zaštite od Sunca (A₄), dok tabela 4.2.4.3.8 prikazuje matricu poređenja podkriterijuma u odnosu na redizajniranje unutrašnjosti zgrade (A₅). Tabela 4.2.4.3.9 predstavlja matricu poređenja za podkriterijuma koja se odnosi na primenu pasivnih solarnih sistema (B₁). Pošto je CI = 0,009, CR = 0,016 < 0,10, matrica poređenja je konzistentna. Tabela 4.2.4.3.10 daje matricu poređenja podkriterijuma koji se odnose na primenu aktivnih solarnih sistema (B₂) u postojećim stambenim zgradama. Obe tabele sadrže odgovarajuće težinske koeficijente W_{ssc}.

Tabela 4.2.4.3.9 Matrica poređenja za B₁

B ₁	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	W _{ssc}
B ₁₁	1	2	4	0.5584
B ₁₂	1/2	1	3	0.3196
B ₁₃	1/4	1/3	1	0.1220

Tabela 4.2.4.3.10 Matrica poređenja za B₂

B ₂	B ₂₁	B ₂₂	W _{ssc}
B ₂₁	1	2	0.6667
B ₂₂	1/2	1	0.3333

Tabela 4.2.4.3.11 predstavlja matricu poređenja podkriterijuma koji se odnose na primenu geotermalne energije za grejanje i hlađenje (B₃), a tabela 4.2.4.3.12 matricu poređenja podkriterijuma koja se odnosi na upotrebu biomase za grejanje (B₄). Tabela 4.2.4.3.13 daje poređenje podkriterijuma za primenu energije vetra za hlađenje i ventilaciju (B₅).

Tabela 4.2.4.3.11 Matrica poređenja za B₃

B ₃	B ₃₁	B ₃₂	W _{ssc}
B ₃₁	1	4	0.8000
B ₃₂	1/4	1	0.2000

Tabela 4.2.4.3.12 Matrica poređenja za B₄

B ₄	B ₄₁	B ₄₂	W _{ssc}
B ₄₁	1	3	0.7500
B ₄₂	1/3	1	0.2500

Tabela 4.2.4.3.13 Matrica poređenja za B₅

B ₅	B ₅₁	W _{ssc}
B ₅₁	1	1.0000

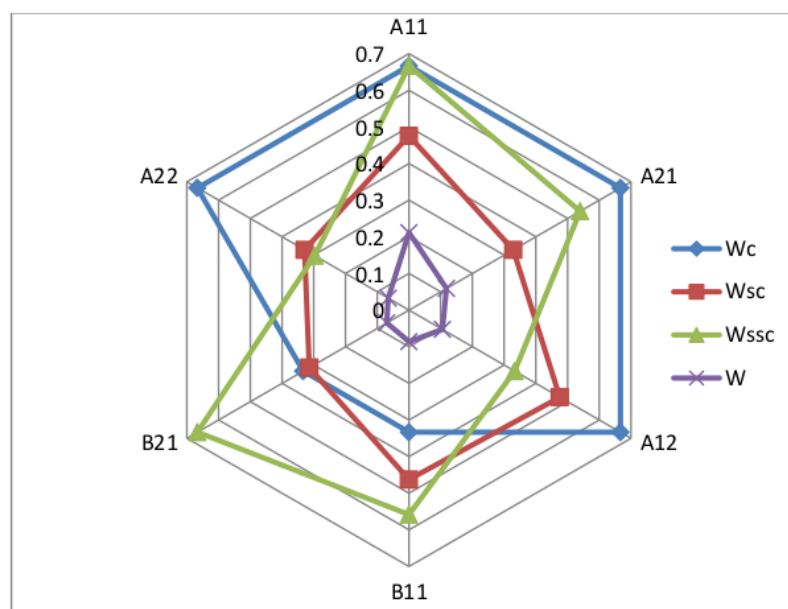
Da bi se pronašlo najbolje rešenje za poboljšanje energetske efikasnosti stambenih zgrada, izvršeno je rangiranje odgovarajućih indikatora, AHP metodom višekriterijumske analize. Rezultati rangiranja indikatora prikazani su u tabeli 4.2.4.3.14.

Tabela 4.2.4.2.14 Rang indikatora sa aspekta EE zgrada

Ran g	Indikatori	Wc	Wsc	Wssc	W
1.	A ₁₁ - zamena stakla prozora i vrata odgovarajućim termoizolacionim staklom	0.6667	0.4757	0.6667	0.2114
2.	A ₂₁ - zamena termoizolacije spoljnjih zidova, krova i poda	0.6667	0.3289	0.5396	0.1183
3.	A ₁₂ - zaptivanje prozora i vrata	0.6667	0.4757	0.3333	0.1057
4.	B ₁₁ - postavljanje staklenika	0.3333	0.4627	0.5584	0.0861
5.	B ₂₁ - postavljanje krovnih fotonaponskih panela	0.3333	0.3141	0.6667	0.0698
6.	A ₂₂ - uvođenje toplotne izolacije u unutrašnjost objekata	0.6667	0.3289	0.2970	0.0651
7.	B ₁₂ - upotreba PCM materijala	0.3333	0.4627	0.3196	0.0493
8.	A ₂₃ - zamena drugim građevinskim materijalima	0.6667	0.3289	0.1634	0.0358
9.	B ₂₂ - upotreba solarnih panela za termokrov	0.3333	0.3141	0.3333	0.0349
10.	A ₄₁ - postavljanje zavesa i roletni	0.6667	0.0647	0.7500	0.0324
11.	B ₃₁ - postavljanje geotermalnih sondi	0.3333	0.1121	0.8000	0.0299
12.	A ₃₁ - postavljanje ventila za regulaciju toplote	0.6667	0.0973	0.3432	0.0223
13.	B ₁₃ - postavljanje i skladištenje toplote u podu	0.3333	0.4627	0.1220	0.0188
14.	B ₄₁ - korišćenje drvne biomase	0.3333	0.0738	0.7500	0.0184

15.	A ₅₁ - postavljanje vetrobranskog stakla	0.6667	0.0334	0.6667	0.0148
16.	A ₃₂ - uvođenje pametnih sistema	0.6667	0.0973	0.2074	0.0135
17.	A ₃₃ - postavljanje zelenila na krovu i fasadi zgrade	0.6667	0.0973	0.2074	0.0135
18.	B ₅₁ - primena Vitruvie-vog rashladnog efekta	0.3333	0.0373	1.000	0.0124
19.	A ₄₂ - ozelenjavanje prostora ispred zgrade	0.6667	0.0647	0.2500	0.0108
20.	A ₃₄ - upotreba efikasnih kućanskih uređaja	0.6667	0.0973	0.1244	0.0081
21.	B ₃₂ - postavljanje geotermalnih kolektora	0.3333	0.1121	0.2000	0.0075
22.	A ₅₂ - promena rasporeda prostorija u odnosu na orijentaciju	0.6667	0.0334	0.3333	0.0074
23.	B ₄₂ - upotreba žetvenih ostataka za zagrevanje	0.3333	0.0738	0.2500	0.0061
24.	A ₃₅ - izolacija cevi za dovod tople vode	0.6667	0.0973	0.0789	0.0051
25.	A ₃₆ - sanacija dimljaka	0.6667	0.0973	0.0387	0.0025

Na slici 4.2.4.3.2 je izdvojeno šest ključnih indikatora i grafički predstavljene vrednosti težinskih koeficijenata za svaku grupu u kojoj se nalaze kao i njihova ukupna vrednost.



Slika 4.2.4.3.2 Vrednosti težinskih koeficijenata za sve attribute

4.2.4.4 Primena AHP metode na savremene materijale za energetski efikasne zgrade

U ovom delu je sprovedeno rangiranje tri osnovne grupe kriterijuma koje je potrebno uzeti u obzir prilikom izbora optimalnog EE materijala: fazno promenljivi materijali (PCM), inovativni termoizolacioni materijali i reflektujući premazi.



Slika 4.2.4.4 Hijerarhijska struktura odlučivanja u optimizaciji rangiranja materijala

Tabela 4.2.4.4.1 Matrice poređenja materijala

	⁵⁴ A	B	C	W
A	1	3	4	0.625
B	1/3	²² 1	2	0.238
C	1/4	1/2	1	0.137

$$\lambda_{\max} = 3.018, CI = 0.009, CR = \frac{0.009}{0.58} = 0.015 < 0.1$$

	A1	A2	W
A1	1	3	0.75
A2	1/3	1	0.25

	³¹ B1	B2	W
B1	1	1/5	0.167
B2	5	1	0.833

	⁴⁶ C1	C2	W
C1	1	5	0.833
C2	1/5	1	0.167

Tabela 4.2.4.4.2 Rangiranje materijala za EE

Oznaka	Kriterijum	Težina	Rang
A ₁	PCM – neorganska jedinjenja	0.469	1
A ₂	PCM – organska jedinjenja	0.156	3
B ₁	VIP – vakuumski izolacioni paneli	0.040	5
B ₂	Izolacione pene	0.198	2
C ₁	Spoljašnji premazi	0.114	4
C ₂	Unutrašnji premazi	0.023	6

Rangiranje naprednih materijala ukazuje na dominantnost neorganskih jedinjenja PCM-a kao i na značaj izolacionih pena. Na taj način moguće je olakšati nalaženje optimalnog rešenja za postizanje EE.

4.2.5 Koncept obrazovnog profila Elektrotehničar obnovljivih izvora energije

Ideja o uvođenju OIE u obrazovni sistem je zasnovana na projekcijama savremenog tržišta i potrebama za stručnom radnom snagom u savremenim oblastima elektroenergetike i energetske efikasnosti. Na osnovu DAKUM mape stručnih kompetencija pristupa se formiranju strukture

stručnih predmeta. Prilikom formiranja planova i programa, stručne kompetencije moraju biti obuhvaćene nastavnim sadržajem. Posebna pažnja posvećena je formiranju sadržaja praktične nastave na koju se najveći broj stručnih kompetencija odnose. Rad Komisije i ceo proces je sve vreme bio pod kontrolom Zavoda za unapređenje obrazovanja i vaspitanja [135]. U tabeli 4.2.5.1, prikazana je struktura stručnih predmeta obrazovnog profila Elektrotehničar obnovljivih izvora energije u dualnom sistemu.

Tabela 4.2.5.1 struktura stručnih predmeta obrazovnog profila elektrotehničar OIE

Nastavni plan: ELEKTROTEHNIČAR OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE (dualni sistem)										
OBAVEZNI STRUČNI PREDMETI		I RAZRED		II RAZRED		III RAZRED		IV RAZRED		UKUPNO godišnje
1	Fizika	2+0								74
2	Osnove elektrotehnike	3+1		3+0						296
3	Potrošači i izvori energije	2+0								74
4	Softverski alati u elektroenergetici			0+2						74
5	Mašinske instalacije sa termodinamikom			2+0						74
6	Električne instalacije			2+1						111
7	Merenja električnih i neelektričnih veličina			2+1						111
8	Elektronika u energetici					3+1				140
9	Distributivne mreže i postrojenja					2+0+(18)				88
10	Električne mašine					2+1				105
11	Obnovljivi izvori energije					2+0+(12)		3+1+(30)		236
12	Tehnička dokumentacija							0+2		62
13	Sistemi upravljanja							0+2		62
14	Preduzetništvo							0+2		62
15	Energetska efikasnost i održivi razvoj							1+0		31
16	Zaštita energetskih postrojenja							2+0+(30)		92
17	Praktična nastava	0+0+4		0+0+6		0+0+6+(30)		0+0+6+(30)		826
B: IZBORNI PREDMETI										272
1	Tabela 4.2.5.2					2+0		2+0		132
Ukupno:		12	444	19	703	19	725	21	741	2613

Na osnovu tabele 4.2.5.1, može se uočiti da je broj časova praktične nastave značajno povećan. To za posledicu ima da će učenici ovoga obrazovnog profila jedan dan nedeljno imati praktičnu nastavu koja će se realizovati prema nastavnom planu i programu. Mesto realizacije praktične nastave je školska radionica u prvoj godini školovanja, dok od druge godine učenici idu na jednodnevnu praksu u firme partnere koji se u okviru svojih aktivnosti između ostalog bave obnovljivim izvorima energije. Realizacija praktične nastave je u potpunosti usklađena sa najvažnijim stručnim predmetima u toku četvorogodišnjeg obrazovanja.

U okviru prve godine učenici se upoznaju sa osnovnim elementima i tehnikama mašinske i elektrotehničke prakse. U drugoj godini praktična nastava je u najvećoj meri usklađena sa elementima električne instalacije, opreme i pribora. U trećoj godini praktična nastava je usklađena sa elementima obnovljivih izvora energije koji se izučavaju u okviru ove školske godine. To su termodinamički sistemi, biomasa i geotermalni sistemi. U četvrtoj godini sadržaji praktične nastave usklađeni su sa elementima obnovljivih izvora energije koji se izučavaju kroz teorijski deo i laboratorijske vežbe. U toku završne školske godine učenici imaju priliku da rade na sistemima fotonaponskih elektrana i vetroelektrana. Osim toga u toku treće i četvrte godine u okviru praktične nastave predviđen je blok od 30 časova što će omogućiti učenicima da jednu nedelju u kontinuitetu rade na praktičnoj nastavi [136].

Nastavnim planom i programom predviđen je i odgovarajući broj časova na trećoj i četvrtoj godini za izborne stručne predmete. Tako se učenicima pruža sticanje dodatnih znanja. Spisak izbornih stručnih predmeta prikazan je u tabeli 4.2.5.2

Tabela 4.2.5.2 Spisak izbornih stručnih predmeta

	Lista izbornih predmeta	Razred			
		I	II	III	IV
1	Tržište električne energije			2	
2	Elementi upravljanja			2	
3	Termički i rashladni uređaji			2	
3	Elektromotorni pogon				2
4	Napredne elektroenergetske mreže				2
6	Računari u sistemima upravljanja				2

5 DISKUSIJA

5.1 Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu projekata obnovljivih izvora energije

Imajući u vidu da veliki broj faktora utiče na definisanje projekata, u rangiranju su razmatrane tri osnovne grupe kriterijuma i 30 različitih podkriterijuma. Rangirani rezultati su dobijeni primenom AHP i FAHP metode, pri čemu su podkriterijumi najvišeg ranga isti u obe primenjene metode. Odabir indikatora performansi, njihovo rangiranje primenom metode i praćenje vrednosti najviših rang indikatora ukazuju na razvoj prilagodljivog modela OIE projekata. Razvoj modela ukazuje da zainteresovane strane, treba da razmotre ekonomske i finansijske faktore kao i fizičku infrastrukturu za pravilno upravljanje i prevenciju troškova i vremenskih prekoračenja, kako bi došlo do transformacije energetskog sektora upotrebom OIE tehnologija. Zato vreme i troškovi, kao prioritetni indikatori koji utiču na performanse projekta, ukazuju na značajnu vezu prethodno navedenim faktorima. Analiza osetljivosti se koristi da se utvrdi koliko je osetljiv neki model odlučivanja. Često se koristi kod ocene projekata. Kod analize osetljivosti proverava se šta će biti ako se promene ulazni podaci, npr. iznos investicije, troškovi ili prihodi. Na taj način se mogu utvrditi brojke koje su još uvek prihvatljive i sačiniti profil rizika. Analiza osetljivosti je uključena na nivou kriterijuma povećanjem važnosti težine I_i u odnosu na U_i i F_i i težine za U_i u odnosu na I_i i F_i . Sa povećanjem značaja I_i za vrednosti manje od 0,1, redosled prvih 10 kriterijuma se ne menja. Međutim, s povećanjem važnosti U_i za 0,1 (što je prvo na rang listi U_i kriterijuma), prelazi na 10. mesto. Istovremeno, za 0,17 skače na 8. mesto, što ukazuje na stabilnost rangiranja u odnosu na faktore U_i . S druge strane, povećanjem važnosti težine I_i u odnosu na druga dva kriterijuma, za 0,05 nema promena, dok za 0,06, I_3 prelazi sa 7. na 6. mesto. Kada se I_2 promeni za 0,16, prelazi sa 3. na 2. mesto, a I_5 sa 7. na 6. mesto. Analiza osetljivosti pokazuje da nema značajnih promena u rangiranju. Primena FAHP metode je prikladna za razvijanje modela predloženog projekta sa aspekta stepena rizika. Analiza je pojasnila da su faktori okruženja najvažniji jer ekonomija ima veze sa raspoređivanjem resursa, dok su finansijska ograničenja strogo vezana za novac. Projekti uzimaju u obzir spoljne faktore na koje utiču odluke, kao što su neprilagođena fizička infrastruktura, nerazvijena ekonomija i finansijska nestabilnost. Srbija se obavezala na povećanje tržišta novih energetskih tehnologija. Za izradu OIE projekata najvažnije je da se stvore određeni uslovi, kako bi preduzeli odgovarajuće mere. Na slici 5.1 su razmatrani uslovi za izradu koncepta OIE projekata za ključne faktore. Studija

slučaja pokazuje da faktori okruženja imaju veliki uticaj na razvoj koncepta OIE projekata, mada iako se izdvajaju ekonomski, finansijski i fizička infrastruktura kao prioriteti, ni ostali iz ove grupe kriterijuma, ne mogu da budu manje važni jer nalaze u prvoj polovini rangiranih indikatora. Veliki broj indikatora kvaliteta se može izmeriti i proceniti, ali najvažniji su vreme, troškovi, kvalitet i zadovoljstvo korisnika. Prikazaćemo određene mere za prva šest rangirana indikatora na slici 5.1

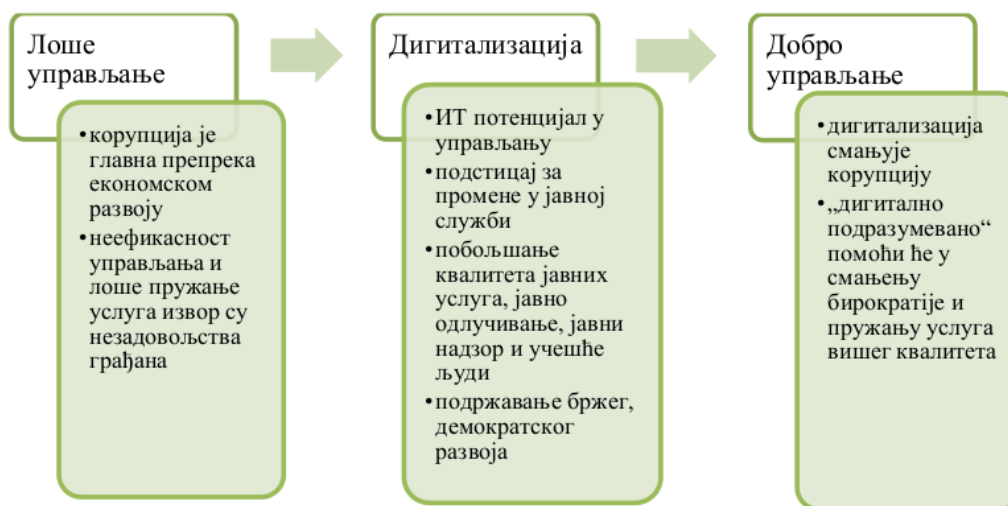
Финасијски фактор • подршка државе кроз програме и јавне позиве • обукама за писање пројеката и разрада пројектних идеја • регулаторна ограничења • стимулација и одзив инвеститора	Економски фактор • подршка пројекту кроз реализацију, саветовање и праћење • имплементација обуке за писање пројекта и пројектних идеја • отворено тржиште различитих извора енергије • објективна процена будућих уштеда и испорука квалитета	Физичка инфраструктура • улагања у инфраструктуру ниских емисија угљеника • избор и процена локације (географска, подземни и временски услови) • примена полиса из области грађевинарства, енергетике и заштите животне средине
Време • процена времена за писање пројекта и разраду пројектних идеја • процена времена проналаска адекватних учесника и партнера • процена времена остваривања пројекта	Трошкови (цена) • оптимална процена трошкова за писање пројекта • оптимална процена трошкова остваривања пројекта • минимизација трошкова субвенцијама	Социолошко-технолошки ресурси • ангажовање учесника пројекта који имају одговарајуће знање • анализа одговарајућих вештина у управљању пројектима • коришћење постојећих ресурса • анализа технолошког развоја

Slika 5.1 Tedencija stvaranja uslova za izradu koncepta OIE projekata

Integrisanje OIE u sistem bi uticalo na manju potrošnju električne energije i manju emisiju ugljenika. Primena mera energetske efikasnosti ključna je za dostizanje ciljeva u oblasti OIE, što je jedna od smernica održivog energetskog sistema.

5.2 Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu pametnih gradova sa aspekta informacionih tehnologija

Rangiranje indikatora u ovom delu koristi metodu AHP koja ukazuje na dominantnu ulogu u upravljanju učešćem, pristupu uslugama i e-upravljanju. Dobro upravljanje povlači za sobom dobro upravljanje javnim sektorom (efikasnost, efektivnost i ekonomičnost), odgovornost, razmenu i slobodan protok informacija (transparentnost) i razvoj pravnog okvira (pravda, poštovanje ljudskih prava i sloboda (World Bank). E-uprava treba da olakša prelazak sa tradicionalnog obavljanja ovog upravljanja putem elektronskog medija kako bi se olakšao efikasan, brz i transparentan proces širenja informacija javnosti i drugih agencija i obavljanje aktivnosti administracije upravljanja. Slika 5.2.1 daje pregled pametnog upravljanja i digitalne transformacije.



Slika 5.2.1 Tendencija usmerena ka digitalnoj transformaciji

Još jedan dominantan faktor koji ukazuje na ulogu IKT u konceptu pametnog grada je pametna energija. Novom energetsom društvu biće potrebna nova tehnologija da bi se uravnotežila ponuda i potražnja energije. Grad mora biti u stanju da se zauzme, upravlja i analizira podatke i pametno ih raspoređuje u javnom interesu. Potreban je i održivi poslovni model isporuke pametnih energetskih rešenja. Nacionalne politike, propisi i tržišna pravila trebalo bi da omoguće delovanje na nivou cele države. Potrebno je uključiti angažovanje i učešće javnosti i poslovanja u novi fleksibilan sistem upravljanja.

Svakodnevno se sve više i više senzora električne energije (pametnih brojila) postavlja u privatna domaćinstva, pružajući ogromnu količinu podataka koji se mogu skladištiti, analizirati i kombinovati sa drugim izvorima informacija kao što su pametni telefoni ili uređaji koji omogućavaju pristup Internetu. Nove softverske tehnologije mogu se koristiti za programiranje pametnih brojila za kontrolu i upravljanje svim komponentama u skladu sa zahtevima opterećenja. Usvajanje pametnih brojila omogućiti će kupcima da očitaju potrošnju u datom trenutku. Slika 5.2.2 predstavlja šemu energetskih sistema u pametnim gradovima



Slika 5.2.2 Energetski sistemi u pametnim gradovima

Predlog aktivnosti i mera koje bi trebalo preduzeti, na osnovu sopstvene individualne vizije, ciljeva, mogućnosti i izazova, su sledeći: integracija resursa, strateško fizičko i digitalno planiranje. Tok aktivnosti i mera bi odredio optimalnu energiju i efikasnost resursa celokupnog sistema. Integracija treba da obuhvati fizičke, organizacione i socijalne aspekte: pristup energetske uslugama, fleksibilnost sistema, EE, obnovljivu energiju i angažovanje ljudi.

Sledeći ključni indikator su inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem. Upravljanje saobraćajem je glavni izazov zbog sve većeg broja vozila i multimodalnog transporta. Potražnja za sigurnošću, operativnim performansama i efikasnošću transporta pokreće potražnju za tržištem inteligentnog transportnog sistema. Sistem poboljšava efikasnost prevoza nudeći funkcije kao što su predviđanje saobraćaja, informacije o putnicima, savetodavne usluge, analitika i podrška odlučivanju, regulisanje naplate, senzori na putu, globalni sistemi za pozicioniranje i komunikaciju. Ovakav sistem ima mnogo širi koncept od softverskog rešenja, te njegovo usvajanje ide u pravcu strategije pametnog transporta. Njegova baza podataka, npr. za proizvođače automobila, omogućava detaljni uvid u performanse vozila u različitim okruženjima. Ne samo vezano za automobile, sistem pruža široku upotrebu podataka i u drugim industrijama, kao što su avio-kompanija, maloprodaja, zdravstvena zaštita itd. Slika 5.2.3 prikazuje strukturu sistema i usluga inteligentnog upravljanja saobraćajem. Tržište i pružanje usluga ima rastuću potrebu za smanjenjem zastoja u saobraćaju, posebno u većim gradovima. Pored toga, inteligentni transportni sistemi nude prednosti poput smanjene potrošnje goriva, smanjenja kašnjenja i zaštite životne sredine.



Slika 5.2.3 Inteligentni sistemi i usluge upravljanja saobraćajem

5.3 Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu pametnih gradova sa aspekta solarne energije

Metodom FAHP je izvršeno rangiranje, pet kriterijuma i 22 podkriterijuma, koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razvoja koncepta infrastrukture pametnog grada. Na osnovu analize indeksa optimizma, za $\lambda = 0$, G4 ima veći značaj u odnosu na T1, a C4 u odnosu na T2, i G2 u odnosu na T4 i T2. U tom scenariju indikatori u grupi kriterijuma T (solarna energija) su manje značajni od indikatora G (infrastruktura elektromreže). Za dalje aktivnosti identifikovali smo deset najboljih indikatora rangiranja za $\lambda = 1$, koji predstavljaju optimistične stavove donosioca odluka, jer je tendencija usmerena ka korišćenju solarne energije.

Najdominantaniji indikator, za indekse optimizacije $\lambda=1$, je praćenje i upravljanje električnim opterećenjima u realnom vremenu, što povećava izbor optimalnih tarifa, a snabdevačima pruža mogućnost da prošire ponudu. Pametna brojlara moraju biti usklađena sa mrežnim uslovima, tako da energija može biti optimalno raspodeljena. Pametni merač upravlja i kontroliše energiju iz mreže, sve jedinice za zajedničku proizvodnju i kućne uređaje. Štednja energije i zaštita životne sredine, uvođenjem alternativne energije, vodi smanjenju emisije gasova staklene bašte i globalnog zagrevanja, što predstavlja polazne osnove ovog istraživanja. Trebao bi postojati tehnički potencijal za ostvarenje ove mere, kao što je smanjenje ili prebacivanje potražnje za energijom. Planiranje i održavanje korišćenog zemljišta smanjuje uticaj na životnu sredinu kroz projektovanje raskrsnica i koridora sa ultra-niskom emisijom. Solarna energija je pogodan vid alternativne energije za klimatsko područje većine regiona u jugoistočnoj Srbiji, pa bi ih trebalo težiti da ona postane integralni deo održivog urbanog razvoja. Maksimalna potražnja za hlađenjem prostora se poklapa sa maksimalnim solarnim zračenjem, ali to ne umanjuje dobru praksu solarne pripreme potrošne tople vode i podršku sistemu grejanja. Bežični širokopojasni pristup Internetu omogućava prenos podataka, pristup podacima uređaja, sinhronizaciju funkcija uređaja sa pametnim akcijama i definisanje informacija koje se šalju i primaju kao usluge kontrole energije. Postoji više rešenja koja uključuju IKT tehnologije za mrežnu integraciju OIE.

Kontinuirano praćenje energije i povratne informacija omogućavaju poboljšanje performansi energetskih mreža. Evaluacija upravljanja energijom doneće širok spektar mera na nivou prioriteta. Kombinovanje informacija o predviđanju potrošnje energije može da omogući operatorima mreže da planiraju integraciju obnovljive energije u mrežu i da naprave ravnotežu između njih. Upravljanje energijom mora dugoročno zauzeti svoje mesto u javnim programima u smislu podsticaja za subvencije. Metodologija za podršku strateškim ulaganjima u obnovljive

tehnologije u gradu temelji se na proceni potencijala za nove energetske usluge i tarife. Potrošači mogu automatski prilagoditi svoju potrošnju energije različitim cenama tokom dana pružajući informacije o potrošnji u realnom vremenu.

Rezultati praćenja podataka o potrošnji energije omogućavaju vraćanje na početak ciklusa praćenja i na taj način potencijalno pokreću više analiza, implementacije i kontrole. Praćenje i analiza podataka o planiranju mreže glavni su deo razvoja elektrifikacije grada koja kvantifikuje odnos između potrošnje i nezavisnih parametara i daju povratne informacije o merama za očuvanje energije u odnosu na očekivane ciljeve.

<i>Праћење и управљање електричним оптерећењима</i> • планирање и праћење потрошње енергије • имплементација мерних контролних уређаја • прикупљање података о потрошњи енергије • периодична анализа и интерпретација података према референтним вредностим • повратне информације о мерама за уштеду енергије • мере за континуално побољшање електрификације града	<i>Заштита животне средине и уштеда енергије</i> • смањење употребе необовљивих извора енергије • стратешко планирање уштеде енергије кроз јавни превоз, бициклизам и пешачење • коришћење енергије на ефикаснији начин • улагање у ниско-емисиону инфраструктуру	<i>Соларни системи загревања и хлађења</i> • примена нових технологија заснованих на соларним системима • планирање и интегрисање управљања земљиштем • реконструкција термичког омотача • унапређење постојећих техничких система за грејање, хлађење, осветљење и вентилацију	<i>Широкопојасни бежични приступ Интернету</i> • даљински приступ функцијама управљања • употреба ИКТ-а за мрежну интеграцију ОИЕ • повећање транспарентности, оптимизација енергетске ефикасности • развијање и активација великог броја различитих енергетских апликација
--	--	--	--

Слика 5.3 Тенденција усмерена ка развоју инфраструктуре паметног града

Утврђивање исплативог развоја система заснива се на поређењу трошкова и вредности примарне енергије на свим нивоима. Да би се постигла економска искористивост потенцијала у односу на трошкове проширења дистрибутивне мреже, требало би тражити повољне локације за коришћење соларне енергије. Планирање енергетског система и интеграција система управљања животном средином од пресудног су значаја за инфраструктуру паметног града.

5.4 Aktivnosti i mere usmerene ka razvoju pametnih gradova sa aspekta energetske efikasnosti zgrada

Poboljšanje EE i održivi razvoj, kod novoprojektovanih i postojećih zgrada, može dovesti do procesa toplotne modernizacije i održive revitalizacije. Primenjen je AHP metod, a rezultati rangiranja pokazuju dominantnu ulogu kada je u pitanju razućenost i oblik objekta, kao i vrsta stakla iz grupe kriterijuma projektovanje objekta. Zatim je znaćajan indikator teren koji je u padu ka jugu iz grupe kriterijuma izbor lokacije. Osim toga uočava se da vrsta i debljina termoizolacije, kao i dimenzije objekta imaju znaćajan rang koji utiću na ostvarivanje veće EE sa znaćajnim rangom. Predložen metod se može uspešno primenjivati u donošenju odluka u različitim segmentima arhitektonskog projektovanja i urbanistićkog planiranja. Rezultati rangiranja FAHP metodom pokazuju dominantnu ulogu kriterijumi: razućenost i oblik objekta, vrste i debljine termićke izolacije, kao i vrste stakla, i potrebno je upravljati njima prilikom planiranja konstrukcije. Pored toga, prednost treba dati nagibu terena prema jugu. Najpovoljniji oblik parcele je pravougaoni ćija je uća strana orijentisana u pravcu sever-jug, a ulica je u pravcu istok – zapad. Dnevni boravak i trpezarija bi trebalo da su orijentisani na jug, spavaće sobe na istok, kuhinja na severozapad, a sanitarije i stepenište na sever. U slućaju kada izbor lokacije nije moguć, preporućuje se preseljenje nove zgrade u odnosu na postojeću, tako da njena jućna fasada nije u senci.

Kako smo ranije napomenuli FAHP toleriše nejasnoće ili dvosmislenosti dok AHP u potpunosti ne odražava naćin ljudskog razmišljanja, jer se ne donose svoje odluke kroz pojedinaćne brojćane vrednosti. Stoga, fazi AHP nam je u omogućio u slućaju ovako velikog broja indikatora i složenih problema odlućivanja da osnova razmatranja bude ljudska procena. Primenom obe metode višekriterijumskog odlućivanja ključni indikator i su unutar kriterijuma D – projektovanje objekta, a zatim u S – izbor lokacije. Eksperti su svojom procenom istakli da indikator i unutar kriterijuma R (R1 - upotreba pasivnih solarnih sistema i R2 - upotreba solarnih panela) mogu biti više rangirani samo kada je $\lambda = 0$, odnosno kada je stepen većeg rizika. U

svakom slučaju, za sve tri vrednosti indeksa optimizma izdvajaju se tri prioriteta indikatora D11 (razuđenost i oblik objekta), D21 (vrsta i debljina termoizolacije) i D31 (vrsta stakla).



Slika 5.4 Tendencija usmerena ka projektovanju novih zgrada

Prilikom projektovanja zgrada važno je imati u vidu uticaj razuđenosti i oblika zgrada zbog toplotnih gubitaka, koji se može umanjiti optimalnim odnosom između zapremine objekta i površine njegovog termičkog omotača.

Pored toga, istraživanje je fokusirano na kvantifikovanje uticaja OIE na efikasnost građevinskih firmi u zgradarstvu i razvoj različitih procedura odlučivanja. Iako su eksperti ocenili kao prioriteta indikatore one koji se tiču projektovanja objekta, ne možemo zanemariti indikatore obnovljivih izvora energije, jer u fazi planiranja projekta moguće je projektovati objekte sa pasivnim i aktivnim solarnim sistemima. To je savremeni trend u metodologiji projektovanja objekata jer utiče na potrošnju energije i unapređuje klimatsku odgovornost.

U procesu poboljšanja energetske performansi već izgrađenih zgrada trebalo bi da uzmemo u obzir brojne kriterijume i izaberemo najoptimalnije alternative koje će za kratko vreme omogućiti brz i profitabilan oporavak zgrade u periodu njenog izgrađivanja energetska efikasnost. Pored obezbeđenja određenog nivoa udobnosti stanovanja, kao jedne od osnovnih potreba savremenog

društva, potrebno je, u svetlu globalnog trenda održivog razvoja, ispuniti te potrebe na način koji će u potpunosti, ili barem neki u meri, čuva energetske resurse za buduće generacije. Mere i aktivnosti koje bi trebalo preduzeti kod postojećih zgrada, tiču se prevashodno, staklenih površina, zamena postojećih ili zaptivanje istih, i termoizolacije svih elemenata zgrade. U odnosu na nove zgrade ovde veći rang ima indikator koji se tiče OIE, u ovom slučaju postavljanje krovnih fotonaponskih panela. Studija slučaja postavljenih fotonaponskih panela i njihova iskorišćenost je prikazana u dodatku ove disertacije.

Najmanja vrednost u poboljšanju energetske performansi prepoznata je u promeni funkcionalnog rasporeda prostorija u odnosu na orijentaciju, zatim u primeni žetvenih ostataka za grejanje, izolaciji cevi za uvođenje tople vode u sistem grejanja, i u obnovi postojećeg dimnjaka. Da bi se pronašlo najbolje rešenje za poboljšanje energetske efikasnosti stambenih zgrada, predložene su aktivnosti i mere za prioritete indikatore, dobijene AHP metodom. Takođe u pravcu EE, izvršeno je rangiranje kriterijuma u izboru naprednih materijala i premaza. Rangiranje naprednih materijala ukazuje na dominantnost neorganskih jedinjenja PCM-a kao i na značaj izolacionih pena.

5.5 Aktivnosti i mere usmerene ka konceptu uvođenja obnovljivih izvora energije u obrazovni sistem

Osnovne karakteristike nastavnog plana i programa su savremeni sadržaji iz oblasti obnovljivih izvora energije i EE koji se realizuju kroz teorijsku nastavu, laboratorijske vežbe i višestruko povećani broj časova praktične nastave koji se realizuje u saradnji sa socijalnim partnerima. Na taj način omogućeno je razvijanje praktičnih znanja i veština direktno u saradnji sa firmama i kompanijama koje se bave obnovljivim izvorima energije. Učenik u toku praktične nastave ima priliku da u radnim organizacijama direktno primenjuje stečena teorijska znanja i usavršava stečene praktične veštine, što mu omogućava lakše snalaženje na budućem poslu, bolju produktivnost i napredovanje u karijeri. Od školske 2017/2018 godine u Srednjoj tehničkoj školi „Mihajlo Pupin“ – Kula i Elektrotehničkoj školi „Zemun“ – Zemun, počelo je školovanje učenika ovog obrazovnog profila u dualnom sistemu. U prvom ciklusu od četiri godine potrebno je pažljivo pratiti implementaciju ovog obrazovnog ciklusa kroz sledeće mere:



Slika 5.5 Tendencija usmerena ka evaluaciji obrazovnog profila

Implemencijom novog nastavnog plana i programa obrazovnog profila Elektrotehničar obnovljivih izvora energije po dualnom sistemu, učenici u okviru svog srednjoškolskog obrazovanja biće uvedeni u poslove kojima se bave firme u toj oblasti. Na kraju ovoga obrazovnog procesa poslodavac će dobiti radnika sa potrebnim znanjem i veštinama bez dodatne obuke. Obrazovanje na ovom nivou omogućava razvijanje svesti kod mladih, sa aspekta primene novih tehnologija i očuvanja životne sredine, što jeste deo osnove razvoja koncepta pametnog grada.

6 ZAKLJUČAK

Istraživanje u disertaciji je rezultat metodologije istraživanja i primene višekriterijumske analize u razjašnjavanju glavnih karakteristika kod komplikovanih odluka izrade koncepta:

1. OIE projekata
2. pametnog grada sa aspekta IKT-a
3. pametnog grada sa aspekta korišćenja OIE
4. postojećih i novoprojektovanih EE zgrada i upotrebe savremenih materijala
5. uvođenja OIE u obrazovni sistem

Razvijen je polazni model softvera za višekriterijmsku ocenu opravdanosti prethodno navedenih koncepta u održivom razvoju regiona u Srbiji. Opšta hipoteza u disertaciji od koje se krenulo u istraživanje je: „Razvoj OIE projekata u Srbiji unapređuje energetska efikasnost i omogućuje održivi razvoj regiona“ je potvrđena.

Implementacija savremenih tehnologija se može pratiti iz različitih pravaca, što je vrlo korisno onima koji donose odluke za implementaciju OIE kroz projekte. Studija slučaja Nišavskog okruga u Srbiji, gde potencijali postoje kada je klimatsko područje u pitanju, je pokazala da postoji potreba za razmatranjem prioritarnih indikatora modela OIE projekata. Da bismo povećali održivost razvoja jugoistočne Srbije i omogućili energetska sigurnost i veći prosperitet u budućnosti, ukazujemo na potrebu stvaranja fleksibilnog modela projekta OIE. Realizacije ovih projekata i uvođenje OIE, bi trebalo da razmatraju kroz odnos ekonomskih, finansijskih i institucionalnih faktora tokom vremena i socijalno-tehnoloških i infrastrukturnih troškova. Kroz ove prioritarnne indikatore, kao osnovnog cilja, mora da se obezbedi i podrška konceptu održivosti od strane upravljačkog vrha, da se informišu svi zainteresovani učesnici o nameri da se razvije i finansira koncept OIE projekta. Postoji zaključak da su ulaganja iz privatnog sektora potrebna kako bi se razvili kapaciteti za proizvodnju i korišćenje OIE, jer finansiranje iz javnih izvora nikada neće biti dovoljno za obezbeđivanje izvora u velikoj meri. Koncept OIE projekata je početna i ujedno glavna tema ove disertacije, kako bi se dalje istraživanje nastavilo u pravcu infrastrukture pametnih gradova u Srbiji. Posebne hipoteze koje su proizašle iz opšte, da uvođenje savremenih tehnologija unapređuje infrastrukturu grada zbog potreba rastuće populacije stanovništva u njima su takođe potvrđene, jer su informacione tehnologije zajedno sa OIE

otvorile ogromne mogućnosti za bržu energetska tranziciju i prepoznate su kao važni segmenti urbanizacije.

Prelazak sa konvencionalne elektroenergetske mreže na pametnu mrežu sa visokim stepenom obnovljivih izvora energije zahteva značajna istraživanja u proizvodnji, distribuciji i potrošnji električne energije. Naročito, sa strane potrošača, IKT može imati važnu ulogu u povećanju transparentnosti, optimizaciji EE i iskorišćavanju mogućnosti za otkrivanje i aktivaciju velikog broja različitih energetske aplikacije. Mnogi gradovi prevazilaze svoje resurse za infrastrukturu, a povećan protok stanovništva onemogućava efikasnu gradsku upravu. Upravljanje gradom može olakšati pristup administraciji jasnim i kompaktnim pristupom e-poslovanju. Izvesni koraci su preduzeti u Srbiji, mada primena ovih koraka sigurno kasni u odnosu na razvijene zemlje Evrope. Uspostavljanjem metodologije koja će nam pomoći da pronađemo optimalan put do održivog i pametnog grada u Srbiji, naše je istraživanje pokušaj modeliranja koncepta pametnog grada sa stanovišta uloge IKT-a. Polazna tačka za pametne gradove nalazi se u nekoliko ključnih indikatora: upravljanje participacijom, pristup uslugama i e-uprava, pametna energija, inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem, digitalna javna uprava, transparentnost i otvoreni podaci. Pored razvoja transparentnog upravljanja i upotrebe otvorenih podataka, potrebno je promovisati celoživotno učenje učenje i e-učenje. Ključni indikator pametna energija je preduslov razvijanja modela za planiranje i rad novih integrisanih energetske sistema u kombinaciji sa IKT rešenjima. Kroz smanjenje gubitaka energije, humaniji odnos prema životnoj sredini, a posebno kroz integraciju IKT-a, moramo omogućiti stalnu evaluaciju svih sistema koji moraju biti integrisani u jedinstveni globalni koncept pametnog grada. Razvijanje koncepta budućnosti pametne energije preduslov je za kreiranje željene strategije sa Nacionalnim akcionim planom. U tom kontekstu upravljanje energijom odgovorno je za sprovođenje programa na lokalnom, regionalnom i nacionalnom nivou.

Razvoj proizvodnje i implementacija solarne energije može da doprinese rešavanju mnogih kratkoročnih i dugoročnih problema u Srbiji. U postizanju koncepta infrastrukture pametnog grada uzeti su u obzir kriterijumi, kao što su planiranje mreže, izgradnja/nadogradnja zgrada, solarna energija, životna sredina, voda i otpad. Rangiranje nam ukazuje na ključne indikatore: praćenje i upravljanje električnim opterećenjima, solarno napajanje električnim energijom, EE i održivost gradnje i adaptacije kao i širokopojasni bežični pristup Internetu. Ovaj rezultat je u skladu sa upotrebom solarne energije od pojedinih domaćinstava do celog kompleksa zgrada i pokazuje jasan pravac za buduću razvoj energetske platforme u Srbiji. Opcije primene solarne energije treba da budu smislene, informativne i merljive, te da odražavaju mišljenje stručnjaka u skladu sa jasnim ciljem povećanja kvaliteta života, ne samo na nivou gradskih infrastrukturnih sistema, već i na regionalnom i nacionalnom nivou. Da bi se ovaj koncept realizovao, dobijen na

osnovu rangiranih indikatora, potrebno je obezbediti integrisani pristup u ispunjavanju uslova za postizanje EE i održivosti zgrada.

Indikatori uspešnosti projekata kvantitativno i kvalitativno prikazuju doprinose i rezultate postignute u metodologiji istraživanja za novoprojektovane i postojeće zgrade. Rezultati analize ključnih indikatora performansi ¹⁸ ukazuju na mogućnost smanjenja potrošnje energije, projektima novih EE zgrada ali i energetskim sanacijama postojećih zgrada. EE u zgradarstvu podrazumeva efikasno korišćenje energije uz primenu optimalnih mera čiji je cilj: smanjenje potrošnje energije uz finansijsku uštedu za krajnjeg korisnika, ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, smanjenje troškova održavanja i produženje životnog veka zgrada, doprinos zaštiti okoline i zaustavljanju globalnih klimatskih promena. S obzirom da se, u Nacionalnim akcionom planu, u centru pažnje nalaze mere EE u sektorima proizvodnje i distribucije energije sa procenama smanjenja potrošnje primarne energije, EE je predmet i našeg istraživanja. Sprovedeno istraživanje fokusirano je na projektovanje i na adaptaciju zgrada. U ovom delu su istraživani indikatori sa kojima se najčešće susrećemo u praksi, a predloženi model se takođe može uspešno primeniti u odlučivanju o izgradnji i oporavku drugih vrsta objekata. Istraživanje pokazuje da zamena stakla na prozorima i vratima, obezbeđivanje njihove dobrog zaptivanja i zamena i nadogradnja termoizolacije za toplotne omotače zgrade, igraju dominantnu ulogu i uklanjaju uzroke gubitka toplote u najkraćem roku, poboljšavajući toplotna i energetska svojstva postojećih zgrada. Pored toga, može se primetiti da uvođenje staklenika, dvostrukih fasada, termoizolacije u unutrašnjim hladnim delovima potkrovlja, podruma i stepeništa, kao i primena krovnih fotonaponskih solarnih panela, takođe, utiču na postizanje veće EE. Istraživanja pokazuju da se predložena metoda može uspešno primeniti u procesu odlučivanja o korišćenju obnovljive energije u okviru rekonstrukcije postojećih arhitektonskih zgrada kao ina izbor savremenih materijala za EE zgrade. Predloženi metodi se mogu uspešno primenjivati u donošenju odluka u različitim segmentima.

U obrazovanju, osim predviđenih znanja i veština koji bi mladi trebalo da steknu, programi će ih osposobiti i da energiju koriste pravilno i da u isto vreme pozitivno deluju u svom okruženju, usmeravajući i ostale da slede njihov primer.

Konačno, da bi se razvila svest i odgovarajuće zdravo okruženje, potrebno je razviti snažan politički okvir. Vlada može odlučiti da primenjuje polise koje omogućavaju brzu primenu (kratkoročne aktivnosti), kao što su postavljanje nacionalnih ciljeva, pojednostavljenje zakonodavstva i dodeljivanje subvencija. Ulaganje u obnovljive izvore energije najbolje je podstaknuto korišćenjem dobro definisanih projekata koji stvaraju infrastrukture pametnih gradova, daju podsticaje za ulaganja i postavljaju dugoročne ciljeve za proizvodnju OIE sistema. Stoga bi oni trebali biti smisleni, informativni, merljivi i zasnovani na mišljenju eksperata sa jasnom ciljem. Posebne hipoteze koje proizilaze iz opšte: „Uvođenje savremenih tehnologija

unapređenje infrastrukturu grada sa aspekta uštede energije, zaštite okoline i razvijanje svesti u obrazovnom sistemu“ su potvrđene.

3
Usmeravanje ka korišćenju OIE je postepeno i u velikoj meri zavisi od uspostavljanja realnih i dostižnih ciljeva koji su specifični i jasno izraženi i sadrže vremenski raspored ostvarivanja, vodeće organizacije odgovorne za ostvarivanje istih, koje pravilno i efikasno primenjuju planirane aktivnosti, kao i stalno praćenje ostvarenog napretka kroz interno i eksterno izveštavanje o rezultatima postignutim u ostvarivanju postavljenih ciljeva. To podrazumeva da se procesi upravljanja i mobilnosti, kao i samo življenje, odvijaju sa nižim ekonomskim troškovima i većim stepenom socijalne i ekološke održivosti - većim standardom stanovništva sa smanjenim zagađenjem i povećanjem zaštite okoline. U tom smislu, odgovarajuće polise, poput energetske, ekonomske, socijalne, polise zaštite životne sredine, uz održivu ravnotežu prirodnih resursa i nižeg niva zagađenja, trebalo bi da omoguće održiv energetski sistem, putem zakona, propisa i akcionih planova o obnovljivim izvorima u pravcu efikasnije ekonomije i boljeg društvenog života.

7 LITERATURA

- [1] World Bank (2010) Cities and climate change: an urgent agenda (English). Urban development series knowledge papers; no. 10. Washington, DC: World Bank.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/194831468325262572/Cities-and-climate-change-an-urgent-agenda>
- [2] *Klimatske promene i izgrađeni prostor: politika i praksa u Škotskoj i Srbiji*; CLIMATE CHANGE AND THE BUILT ENVIRONMENT: POLICIES AND PRACTICE IN SCOTLAND AND SERBIA Monografija, Posebnaizdanja br. 70 2013, Beograd
- [3] Politis, S. et al. Energy Scenarios for SE Europe: A close look into the Western Balkans. Eds: Politis, S; Zucker, A.; Contributors: Stambolis, C. et al., Proceedings of the Enlargement and Integration Action Workshop, Vienna, 15th of December 2015.
- [4] Misak, S.; Prokop, L. Green Energy and Technology. In *Operation Characteristics of Renewable Energy Sources*; Chakraborty, S., Simoes, M.G., Kramer, W.E., Eds.; Springer International Publishing: Basel, Switzerland, 2017; ISBN 978-1-4471-5103-6.
- [5] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018) The World's Cities in 2018—Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/417)
- [6] Joss, S.; Sengers, F.; Schraven, D.; Caprotti, F.; Dayot, Y. (2019) The Smart City as Global Discourse: Storylines and Critical Junctures across 27 Cities, *Journal of Urban Technology* 26:3-34. <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1558387>
- [7] Lazaroiu, G.C.; Roscia, M.C. (2012) Definition methodology for the smart cities model. *Energy* 47:326-332. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.028>
- [8] Khazaei, M.; Razavian, M.T. (2013) Sustainable urban development (an innovative approach in the development of cities around the world). *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.* 4:1543–1547.
- [9] Albino, V.; Berardi, U.; Dangelico, R.M. (2015) Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology* 22:3-21.
<http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- [10] De Santis, R.; Fasano, A.; Mignolli, N.; Villa, A. (2014) Smart city: fact and fiction. *Paper No. 54536*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA).

- [11] Milošević, D.; Stanojević, A.; Milošević, M. AHP method in the function of logistic in development of smart cities model. Proceeding 6th International Conference: Transport and logistic Til, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia, May 2017; pp. 287-294.
- [12] Gheasi, M.; Nijkamp, P. A Brief Overview of International Migration Motives and Impacts, with Specific Reference to FDI. *Economies* 2017, 5, 31.
- [13] Đukić, A., AntoniĆ, B. The concept of a smart city as response to climate changes, Monograph Spatial, ecological, energy and social aspects of cities development and climate changes, Belgrade, 2016., pp. 15-32. (In Serbian)
- [14] Randhawa, A.; Kumar, A. Exploring sustainability of smart development initiatives in India, *International Journal of Sustainable Built Environment* 2017, 6(2), 701-710.
- [15] Albino, V.; Umberto Berardi, U.; Dangelico, R. M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives, *Journal of Urban Technology*, 2015, 22:1, 3-21.
- [16] Lara, A.P.; Moreira, D.C.E.; Furlani, T.Z.; et al. Smartness that matters: towards a comprehensive and human-centred characterisation of smart cities, *J. open innov.*, 2016, 2:8. <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0034-z>
- [17] https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Perspectives_for_the_Energy_Transition_2017.pdf
- [18] Vuković, M. Istraživanje metodologije upravljanja inovacionim projektima u oblasti energetske efikasnosti preduzeća, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije Beograd, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Beogradu, maj, 2014.
- [19] European Commission, “Smart Cities And Communities-European Innovation Partnership,” Brussels 2012
- [20] Pucar, M. Energy development aspects of settlements and climate change—Strategies and laws in Serbia. In *Climate Change and the Built Environment: Policies and practice in Scotland and Serbia*, Monograph, 2013, Special 70th ed.; Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić, I., Eds.; Institute for Architecture and Urban Planning of Serbia (IAUS): Belgrade, Serbian, 2013; pp. 57–109, ISBN 978-86-80329-72-7. (In Serbian)
- [21] Golusin, M.; Tešić, Z.; Ostojić, A. The analysis of the renewable energy production sector in Serbia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2010, 14, 1477–1483, doi:10.1016/j.rser.2010.01.012.
- [22] Protić, M. Managing the Impact of Climate Changes in Serbia-case study, Editor-in-Chief: Academician Prof. Dr. Radović-Marković, M.; Publisher: Faculty of Business Economics and Entrepreneurship, Belgrade, Serbia, *International Review* 2013, No.1-2, pp.128-140. ISSN 2217-973

- [23] Leković, V. Institutional aspects of economic and social modernization: sustainable development strategies of the Republic of Serbia; In Economic and Social Aspects of Serbia Joining the EU; Jakšić, M., Stojanović Aleksić, V., Mimović, P., Eds.; Publisher: Faculty of Economics, University of Kragujevac: Kragujevac, Serbia, 2015; pp. 49–64, ISBN 978-86-6091-059-4. (In Serbian)
- [24] Vuletić, G. Specifičnosti upravljanja projektima u građevinarstvu, MONTENEGRIN JOURNAL OF ECONOMICS, 2010, 12, VI, 161-171.
- [25] Sector for Energy Efficiency and Renewable Energy Sources
<http://www.mre.gov.rs/latinica/energetska-efikasnost-obnovljivi-izvori.php> (Accessed on 08.11.2018)
- [26] Evans, A.; Strezov, V.; Evans, J.T. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2009, 13, 1082–1088.
- [27] Energy Sector Development Strategy of the Republic of Serbia for the Period by 2025 with Projections by 2030; Republic of Serbia, Ministry of Mining and Energy: Belgrade, Serbia, 2016, 7–58.
- [28] Ristanović, M.; Banjac, M. Case study of Serbia. In Proceedings of the 7th International Forum on Energy for Sustainable Development International Conference on Renewable Energy, Regional Seminar, Baku, Azerbaijan, 18–21 October 2016; Available online: https://www.unece.org/.../energy/se/pp/...invest/CS_Serbia.pdf (accessed on 28 November 2017)
- [29] Uvalić, M.; Cvijanović, V. Towards A Sustainable Economic Growth and Development in the Western Balkans; Published by Friedrich-Ebert-Stiftung, Regional Office for Croatia and Slovenia, 2018. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kroatien/14688.pdf>
- [30] Directive (EU) 2018/844 of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union L 156:75–91. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>
- [31] Zibret, B.; Lewe, T. Time to develop an energy master plan for southeast Europe Eurostat, Energy Community; A.T. Kearney analysis.
<https://www.atkearney.com/energy/article/?a/time-to-develop-an-energy-master-plan-for-southeast-europe> (Accessed on 23.01.2019)
- [32] Brnabić, A.; Turković, M. Renewable Energy Policy Considerations: A Roadmap for Deploying Renewable Energy Sources In Serbia And The Regional Perspective; Ed.-in-Chief Jeremić, V.; Publisher: Center For International Relations And Sustainable Development (CIRSD), 2015. <https://www.cirsd.org/en/publications/studies>

- [33] Misak, S.; Prokop, L. Green Energy and Technology. In Operation Characteristics of Renewable Energy Sources; Chakraborty, S., Simoes, M.G., Kramer, W.E., Eds.; Springer International Publishing: Basel, Switzerland, 2017; ISBN 978-1-4471-5103-6.
- [34] Smart Cities: "Ranking of European medium-sized cities," Centre of Regional Science, Vienna UT, October 2007.
- [35] Mihajlov, A. Fundamentals of Analytical Instruments in the Environmental Field. Ph.D. Thesis, Univerzitet Educons, Sremska Kamenica, Serbian, 2011. (In Serbian)
- [36] Chaichana, C.; Wongsapai, W.; Damrongsak, D.; Ishihara, N.K.; Luangchosiri, N. Promoting Community Renewable Energy as a tool for Sustainable Development in Rural Areas of Thailand. In Proceedings of the 4th International Conference on Power and Energy Systems Engineering, CPESE 2017, Berlin, Germany, 25–29 September 2017.
- [37] Vucicevic, B.; Jovanovic, M.; Afgan, N.; Turanjanin, V. Assessing the sustainability of the energy use of residential buildings in Belgrade through multi-criteria analysis. *Energy Build.* 2014, 69, 51–61.
- [38] Cvetković, V.; Prelević, D.; Schmid, S. Geology of South-Eastern Europe. In Mineral and Thermal Waters of Southeastern Europe; Papić, P., Ed.; Springer International Publishing: Zürich, Switzerland 2016; ISBN 978-3-319-25377-0.
- [39] Nikolić, M.; Ilic, B. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I NJIHOVA UPOTREBA U NIŠKOM REGIONU, 3 rd Conference with International Participation-SUSTAINABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2018, Zlatibor, Srbija.
- [40] <http://www.vetrogeneratori.co.rs/pl.html> (accessed on 28 November 2019)
- [41] <https://www.energetskiportal.rs/ministarstvo/fid-in-tarife> (accessed on 18 May 2017)
- [42] Tsoutsos, T.; Drandaki, M.; Frantzeskaki, N.; Iosifidis, E.; Kiosses, I. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy* 2009, 37, 1587–1600.
- [43] Batty, M. Big data, smart cities and city planning, *Dialogues in Human Geography*, Vol. 3, No. 3, 2013, 247-279.
- [44] Hernández-Moreno S., De Hoyos-Martínez J. Indicators of urban sustainability in Mexico, *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, Vol.7, No.16, 2010, 46-60.
- [45] Glasmeier, A.; Christopherson, S. Thinking about smart cities, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Vol. 8, 2015., 3-12
- [46] Deakin, M. Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge, *Triple Helix*, 2014,1-16.

- [47] Giffinger, R.; Fertner, C.; Kramar, H.; Kalasek, R.; Pichler-Milanovic, N.; Meijers, E. Smart cities - Ranking of European medium sized, Centre of Regional Science, Vienna, 2007.
- [48] Giovannella, C.; Dascalu, M.; Scaccia, F. Smart City Analytics: state of the art and future perspectives, *International Design and Architecture Journal*, Vol. 20, 2014, 72-87.
- [49] Golej, J. Smart growth and sustainable development New trends in land development, In *Proceedings of International Scientific Conference People, Buildings and Environment*, Kroměříž, Czech Republic, 2014, 164-176.
- [50] Monzon, A. Smart Cities Concept and Challenges: Bases for the Assessment of Smart City Projects, *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 579, 2015, 17-31.
- [51] <http://vtaraenergygroup.com/index.php/portfolio/iot-smart-cities> (accessed on 12 May 2017)
- [52] Kabalci, E.; Gorgun, A.; Kabalci, Y. Design and implementation of a renewable energy monitoring system, 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, May 2013 Istanbul, Turkey, 13-17.
- [53] Lovehagen, N.; Bondesson, A. Evaluating sustainability of using ICT solutions in Smart cities-methodology requirements, *ICT4S-ETH Zurich*, February 2013,14-16.
- [54] Meeus, L.; Delarue, E.; Glachant, J.M. Smart Cities Initiative: “How to Foster a Quick Transition Towards Local Sustainable Energy Systems,” Final Report, January 2011. <http://think.eui.eu>
- [55] Uvođenje energetskeg menadžmenta u gradove i opštine u Srbiji, Rezultati istraživanja i predlog praktične politike, PALGO centar, Beograd, 2011.
- [56] Capehart, L.B.; Turner, W.C.; Kennedy, W.J. Guide to energy management, 7th edition, _e Fairmont press, Inc.2012.
- [57] “A New EU Energy Technology Policy towards 2050: Which Way to Go?” Final report, European University Institute, 2013.
- [58] Energy 2020, “A Strategy for competitive, sustainable and secure energy,” European Commission, Directorate-general for Energy, European Union, 2011.
- [59] Sustainable Practices: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, Information Resources Management Association, Idea Group,U.S. (Verlag) 2014, 250-256. ISBN: 978-1-4666-4852-4
- [60] Vidadili, N.; Suleymanov, E.; Bulut, C.; Mahmudlu, C. Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2017**, *80*, 1153–1161, doi:10.1016/j.rser.2017.05.168.

- [61] De Santis, R.; Fasano, A.; Mignolli, N.; Villa, A. Smart city: fact and fiction. *Paper No. 54536*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA), 2014.
- [62] Giffinger, R.; Gudrun, H. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities. *ACE: Architecture, City and Environment*, 2010, 4:7-26.
<http://hdl.handle.net/2099/8550>
- [63] Desouza, K.C.; Flanery, T.H. Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 2013, 35:89-99.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.003>
- [64] Platonova, I. Diffusion of Renewable Energy Technologies in Rural Communities: Exploratory Study of Development Partnerships in Cajamarca, Peru. In: Sustainable Practices: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, Published in the United States of America by Information Science Reference, 2014, 1047-1072. ISBN: 978-1-4666-4852-4
- [65] Vuković, M. Research of the methodology of managing innovation projects in the field of energy efficiency of enterprises. Dissertation, University commercial academy of Novi Sad, Faculty of applied management, Belgrade, May 2014. (in Serbian)
- [66] Zeiler, W. Green Buildings and Renewable Energy Application Based on Life Cycle Performance Costing. In: Sayigh A (ed) Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy: Selected Papers from the World Renewable Energy Networks's Med Green Forum, Springer International Publishing Switzerland 2017, 73-89.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-30746-6_6
- [67] Golusin, M.; Tešić, Z.; Ostojić, A. The analysis of the renewable energy production sector in Serbia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2010, 14, 1477–1483,
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.01.012>
- [68] Vukadinović, A.; Radosavljević, J.; Protić, M.; Ristić, D. *Mere za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada. Tehnika 3*, 2015, 409-414.
- [69] Abotah, R.; Daim, T.U. Towards building a multi perspective policy development framework for transition into renewable energy. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 2017, 21, 67–88.
- [70] Kosorić, V. *EKOloška kuća*, 2. izdanje, Beograd: Građevinska knjiga, 2012.
- [71] Ignjatović, D.; Jovanović-Popović, M. Karakteristike građevinskog resursa u kontekstu energetske optimizacije, Zbornik radova energetska efikasnost zgrada, Građevinski fakultet u Beogradu, Beograd, Srbija, 2005, 59-66.
- [72] Iyer, K.C.; Jha, K.N. Factors affecting cost performance: Evidence from Indian construction projects. *Int. J. Project Manag.* 2005, 23, 283–285.

- [73] Love, P.E.D.; Tse, R.Y.C.; Edwards, D.J. Time-cost relationship in Australian building construction projects. *J. Constr. Eng. Manag.* 2005, *131*, 187–194
- [74] Navon, R. Automated Project Performance Control (APPC) of construction resources, *Autom. Constr.*, 2003, 78–81. <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2003-78>
- [75] Vuletić, G. The project management specifics in construction works. *Monten. J. Econ.* 2010, *6*, 161–172. (In Serbian)
- [76] Ignjatović, D.; Jovanović-Popović, M. Karakteristike građevinskog resursa u kontekstu energetske optimizacije, u *Energetska efikasnost zgrada*, D. Šumarac, Edit., Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2005, 59-66.
- [77] Đorđević, Đ.; Stajić, LJ.; Avramović, B.; Vešović, M. Povećanje energetske efikasnosti zgrada kroz razvoj inteligentnog merno- kontrolnog sistema za upravljanje potrošnjom električne energije, 5. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA Savremena dostignuća u građevinarstvu, 21. april 2017. Subotica, SRBIJA.
- [78] Stein, E.W. A comprehensive multi-criteria model to rank electric energy production technologies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2013, 22:640–654. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.001>
- [79] Diakaki, C.; Grigoroudis, E.; Kabelis, N.; Kolokotsa, D.; Kalaityzakis, K.; Stavrakakis, G. A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings, *Energy*, 2010, vol. 35, 5483-5496.
- [80] Pucar, M. Energetska efikasnost u urbanističkom planiranju i projektovanju zgrada, *Energetska efikasnost zgrada*, Šumarac Dragoslav, Beograd: Građevinski fakultet, 2005, 81-101.
- [81] Vukadinović, A.; Radosavljević, J.; Protić, M.; Ristić, D. Mere za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada, *Tehnika*, 2015, vol. 3, 409-414.
- [82] Cui, Y.; Xie, J.; Jiaping, L.; Pan, S. Review of Phase Change Materials Integrated in Building Walls. *Procedia Engineering*, 2015, 121: 763 -70
- [83] Isai, F.; Fantucci, S.; Capozzoli, A.; Periono, M. Vacuum Insulation Panels: thermal bridging effects and energy performance in real building applications. *Energy Procedia*, 2015, 83: 269-78
- [84] Lukić, P.; Tamburić, J.; Stojić, D. Energy efficiency of buildings with phase-change materials. *Facta Universitatis Architecture and Civil engineering*, 2012, Vol. 10, No. 3: 343-52
- [85] Adams, E. R.; Hogan, R. L.; Steinke, L. J. DACUM, The Coordinator's Guide to Occupational Analysis, Published by Edwin & Associates, LLC, Wilmington, DE, 2018, 24-38. ISBN:0999175300

- [86] Gerasimović, M.; Stanojević, Lj.; Veljović, A. ; Cvijović, N.; Jakovljević, J. Razvoj standarda zanimanja kao deo procesa razvoja programa obrazovanja za tehničara mehatronike tehnika i informatika u obrazovanju 3. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak, 7–9. maj 2010.
- [87] Kovačić, B. Aspekti održive gradnje, Agencije za energetska efikasnost Republike Srbije, Održiva gradnja i Urbane Oaze, OCD Ekoist, 2012, 13-35.
- [88] Nastavni plan i program Elektrotehničar obnovljivih izvora energije, „Službenom glasniku RS – Prosvetni glasnik“ br. Br. 5. od 12. juna , Beograd, 2017.godine
- [89] Milošević, M.; Stanojević, A.; Milošević, A.; Milošević, D. Višekriterijumska analiza energetske efikasnosti AHP metodom u planiranju i arhitektonskom projektovanju. *Zbornik XII međunarodne naučno-stručne konferencije „STEP-GRAD 2016“: Savremena teorija i praksa u graditeljstvu*, 2016, 295-302.
- [90] Mihajlov, A. Osnove analitičkih instrumenata u oblasti životne sredine, Sremska Kamenica: Univerzitet Educons, 2011.
- [91] Jaramillo-Nieves L.; del Río, P. Contribution of Renewable Energy Sources to the Sustainable Development of Islands: An Overview of the Literature and a Research Agenda. *Sustainability* 2010, 2, 783–811. <https://doi.org/10.3390/su2030783>; ISSN 2071-1050
- [92] Mansfield, N.R.; Ugwu, O.O.; Doran, T. Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects, *Int. J. Proj. Manag.*, 1994, 12 (4), 254.
- [93] Thomas, E.U.; Martin, L. Essentials of construction project management, first ed., University of New South Wales Press Ltd., Australia, 2004.
- [94] <https://www.mre.gov.rs/energetska-efikasnost-obnovljivi-izvori.php>
- [95] Engobo, E. Social responsibility in practice in the oil producing Niger Delta: assessing corporations and government's actions, *J. Sustain. Dev. Africa* 11 (2) (2009) 113–115.
- [96] Williams, W. Citizenship questions and environmental crisis in the Niger Delta: a critical reflection, *Nordic J. Afr. Stud.* 11 (3) (2002) 377–382.
- [97] Odeh, A.M.; Battaineh, H.T. Causes of construction delay: traditional contracts, *Int. J. Proj. Manag.* 20 (1) (2002 Jan) 67–73.
- [98] Obalola, T.F. Evaluation of the effects of project environment on project performance in Lagos and Abuja, Nigeria (dissertation), Federal University Technology, Akure, Nigeria, 2006.
- [99] Akinsola, A.O.; Potts, K.F.; Harris, F.C. Identification and evaluation of factors influencing variations on building project. *Int. J. Project Manag.* 1997, 15, 263–267, [doi:10.1016/S0263-7863\(00\)0081-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)0081-6)

- [100] Youker, R. Managing the International Project Environment. *Int. J. Project Manag.* 1992, 10, 219–226, [doi:10.1016/0263-7863\(90\)081-J](https://doi.org/10.1016/0263-7863(90)081-J).
- [101] Leković, V. Institucionalni aspekti ekonomske i društvene modernizacije: strategija održivog razvoja Republike Srbije, zbornik radova 2015, EKONOMSKO-SOCIJALNI ASPEKTI PRIKLJUČIVANJA SRBIJE EVROPSKOJ UNIJI.
- [102] Iyer, K.C.; Jha, K.N. Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects, *Int. J. Proj.Manag.*, 2005, 23 (4), 283–285.
- [103] Ling, F.Y.Y., Low, S.P., Wang, S.Q.; Lim, H.H. Key project management practices affecting Singaporean firms' project performance in China, *Int. J. Proj. Manag.*, 2007, 27 (1), 59–61.
- [104] Milošević, M.R.; Milošević, D.M.; Stević, D.M.; Stanojević, A.D. Smart City: Modeling Key Indicators in Serbia Using IT2FS. *Sustainability* 2019, 11, 3536.
- [105] Stanojević, M.; Spalević, P.; Dukić, M.; Milovanović, I.; Šaljić, V. The Security Threats in Wireless Sensor Network for Secure Applications, Slovenian Section IEEE 2017, 112-115.
- [106] Batagan, L. Indicators for economic and social development of future smart cities, *Journal of Applied Quantitative Methods* 2011, Vol. 6, No. 3, 27-34.
- [107] Okuda, T.; Hirasawa, S.; Matsukuma, N.; Fukumoto, T.; Shimura, A. Smart Mobility for Smart Cities, *Hitachi Review* 2012, Vol. 61, No. 3, 141-146.
- [108] Smart Cities: "Ranking of European medium-sized cities," Centre of Regional Science, Vienna UT, October 2007.
- [109] Bringault, A.; et al. Cities heading towards 100% renewable energy. Report, Publisher CLER, Energy Cities, Réseau Action, Pan European 2016. ISBN 978-2-919083-09-1
- [110] Kahraman, C.; Kaya, İ. A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives. *Expert Systems with Applications* 2010, 37:6270–6281.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.095>
- [111] Aswin Raj, C.; Aravind, E.; Ramya Sundaram, B.; Shriram, K.V. Smart Meter Based on Real Time Pricing, *Procedia Technology*, vol. 21, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.10.018>
- [112] Spalević, Ž.; Ilić, M.; Spalević, P. Electronic Monitoring Devices and Data Processing, Book of Proceedings International Scientific Conference of IT and Business-Related Research, Apr. 2015, 242 - 247.
- [113] Zhang, S.; Tang, Y. Optimal schedule of grid-connected residential PV generation systems with battery storages under time-of-use and step tariffs, *Journal of Energy Storage* 2019, 23:175-182.

- [114] Kramers, A.; Höjer, M.; Lövehagen, N.; Wangel, J. Smart sustainable cities—Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities. *Environmental Modelling & Software*, 2014, 56:52-62. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.019>
- [115] Milošević, A.; Milošević, M.; Milošević, D.; Selimi, A. Ahp multi – criteria method for sustainable development in construction. *Proceeding 4th International Conference: Contemporary Achievements in Civil Engineering*, 2016, 929-938.
- [116] Gunasekaran, M.; Mohamed Ismail, H.; Chokkalingam, B.; Mihet-Popa, L.; Padmanaban, S. Energy Management Strategy for Rural Communities' DC Micro-Grid Power System Structure with Maximum Penetration of Renewable Energy Sources. *Appl. Sci.* 2018, 8:585. <https://doi.org/10.3390/app8040585>
- [117] Milošević, M.; Milošević, A.; Milošević, D.; Stanojević, A.; Dimić, V. Multicriteria Analysis of Contemporary Materials for Energy-Efficient Buildings, II međunarodna naučno – stručna konferencija SFERA 2016: Oblikovanje i toplinska izolacija fasadnih zidova: Tradicionalni i savremeni pristup, Mostar, 3-4. novembar, 2016, 46-51.
- [118] Zeiler, W. Green Buildings and Renewable Energy Application Based on Life Cycle Performance Costing. In: Sayigh A (ed) *Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy: Selected Papers from the World Renewable Energy Networks's Med Green Forum*, Springer International Publishing Switzerland 2017, 73-89. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30746-6_6
- [119] Hoye, T. Community Green: Sustainable Energy for Affordable Housing. College of Professional Studies Professional Projects, Paper 48, Marquette University, May 2013.
- [120] Maradin, D.; Cerović, L.; Mjeda, T. Economic Effects of Renewable Energy Technologies. *Our Economy* 2017, 63:49–59. <https://doi.org/10.1515/ngoe-2017-0012>
- [121] Ramirez Camargo, L.; Stoeglehner, G. Spatiotemporal modelling for integrated spatial and energy planning. *Energy, Sustainability and Society* 2018, 8:32. <https://doi.org/10.1186/s13705-018-0174-z>
- [122] Ilić, B.; Mihajlović, D.; Omanović, A. Upravljanje prirodnim resursima i njihova održivost management on natural resources and their sustainability, Zbornik radova / 6. međunarodni simpozijum o upravljanju prirodnim resursima, Zajecar, Serbia June 25-26, 2016, 292-299. ISBN 978-86-7747-542-0
- [123] Nacionalni akcioni plan za korišćenje obnovljivih izvora energije republike srbije (u skladu sa obrascem predviđenim Direktivom 2009/28/EZ – Odluka 2009/548/EZ), Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine, 2013, Beograd, RS
- [124] Šare, A.; Krajačić, G.; Pukšec, T.; Duić, N. The integration of renewable energy sources and electric vehicles into the power system of the Dubrovnik region, *Energy, Sustainability and Society* 2015, 5(27).

- [125] Petrollese, M.; Cocco, D. Analysis and optimization of solar-pumped hydro storage systems integrated in water supply networks, *Energy* 2019, 116-176.
- [126] Srdjevic, B.; Medeiros, Y.D.P. Fuzzy AHP assessment of water management plans, *Water Resources Manage* 2008, 22:877-894. <https://doi.org/10.1007/s11269-007-9197-5>
- [127] Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada, Sl.glasnik RS, broj 61/2011.
- [128] Miljić, A.V.S. Bioklimatski elementi planiranja u održivom urbanom razvoju, u Zborniku radova Održivi prostorni, urbani i ruralni razvoj Srbije, Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, 2004,37-42.
- [129] Pucar, M.; Pajević, M.; Jovanović-Popović, M. Bioklimatsko planiranje i projektovanje - urbanistički parametric, Beograd: IP Zavet, 1994.
- [130] Jovanović, N. Principi bioklimatske arhitekture i pasivnih solarnih sistema na primeru stambenog objekta na brdu Vinik, *Nauka i praksa* 2013, 29-34.
- [131] Antunović, B. Fizika zgrade, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 2014.
- [132] Pucar, M.; Nenković-Riznić, M. Primena obnovljivih izvora električne energije sa aspekta ekonomske, ekološke i socijalne održivosti, *Proceedings 4th International Conference on Renewable Electrical Power Sources*, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije, Društvo za obnovljive izvore električne energije, Beograd, Srbija, 2016, 169-182.
- [133] Lukić, P.; Tamburić, J.; Stojić, D. Energy efficiency of buildings with phase-change materials, *FACTA UNIVERSITATIS, Series: Architecture and Civil Engineering*, 2012, vol. 10, no. 3, 343-352.
- [134] Isai, F.; Fantucci, S.; Capozzoli, A.; Periono, M. Vacuum Insulation Panels: thermal bridging effects and energy performance in real building applications. *Energy Procedia* 2015, 83: 269-78.
- [135] Zubielewicz, M.; Kaminska-Tarnawska, E.; Slurczyk, A.; Langer, E. Prediction of heat build-up of solar reflecting coatings based on physico-chemical properties of complex inorganic colour pigments (CICPs). *Progress in Organic Coatings* 2011,72: 65-72.
- [136] Ivanov, M.; Skoko, S.; Dimić, V.; Ćurić, M.; Herceg Roknić, A.; Savić, A.; Đurišić, M. (2017) Dual Education in the Area of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency in the Education System of the Republic of Serbia, 5. Međunarodna konferencije o obnovljivim izvorima električne energije, MKOIEE 2017 Beograd, 12-13. oktobar, 1-11.
- [137] Priručnik za razvoj programa stručne obuke, Razvoj sistema funkcionalnog osnovnog obrazovanja odraslih u Srbiji od 2011. do 2013.godine, izdav. Projekat „Druga šansa” *GOPA Consultants*, ured. Despotović, M.

- [138] Standard kvalifikacije Elektrotehničar obnovljivih izvora energije, Zavod za unapređenje obrazovanja i vaspitanja-centar za stručno obrazovanje i obrazovanje odraslih, Beograd, 2017.
- [139] Analiza profila elektrotehničar obnovljivih izvora energije-radionica DAKUM metod za opis posla – dužnosti i zadaci, Zavod za unapređenje obrazovanja i vaspitanja, Beograd, 2017.
- [140] Saaty, T.L. Analytic hierarchy process. In: Gass S.I., Harris C.M. (eds) Encyclopedia of Operations Research and Management Science. Springer, New York, NY, 2001.
https://doi.org/10.1007/1-4020-0611-X_31
- [141] Saaty, L. T. Decision making with the analytic hierarchy process, *Int. J. Services Sciences* 2008, vol. 1, no.1, 83-98.
- [142] Gass,S.I.; Rapcsák,T., "Singular value decomposition in the AHP", *European Journal of Operational Research*, 154, (2004), pp.573-584.
- [143] Matteo, U.D.; Pezzimenti, P.M.; Garcia, D.A. Methodological Proposal for Optimal Location of Emergency Operation Centers through Multi-Criteria Approach. *Sustainability* **2016**, 8, 50, <https://doi.org/10.3390/su8010050>.
- [144] Stojanovic, M. MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING FOR SELECTION OF RENEWABLE ENERGY SYSTEMS. *Safety Engineering* 2013, 3.
<https://doi.org/10.7562/SE2013.3.02.02>.
- [145] Tahir, Z.; Malek, J.A. Main criteria in the development of smart cities determined using analytical method, *Journal of the Malaysian Institute of Planners*, Vol. 14, 2016, 1-14.
- [146] Zadeh, L.A. Fuzzy sets. *Inf. Control* **1965**, 8, 338–353, [doi:10.1016/S0019-995890241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-995890241-X)
- [147] Buckley JJ (1985) Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets Syst.* 17:233–247.
[https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90090-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90090-9)
- [148] Rossi, R.; Gastaldi, M.; Gecchele, G. Comparison of fuzzy-based and AHP methods in sustainability evaluation: A case of traffic pollution-reducing policies. *Eur. Transp. Res. Rev.* 2013, 5, 11–26, doi:10.1007/s12544-012-0086-5.
- [149] Chang, D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *Eur. J. Oper. Res.* 1996, 95, 649–655, [doi:10.1016/0377-221700300-2](https://doi.org/10.1016/0377-221700300-2).
- [150] Mikhailov, L. A fuzzy approach to deriving priorities from interval pair wise comparison judgments. *European Journal of Operational Research* 2004, 159, 687–704.
- [151] Liou, T.S.; Wang, M.J. Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy Sets and Systems* 1992, 50:247–256. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(92\)90223-Q](https://doi.org/10.1016/0165-0114(92)90223-Q)
- [152] Kulak, O.; Durmusoglu, B.; Kahraman, C. Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom. *J. Mater. Process. Technol.* **2005**, 169, 337–345.

- [153] Wang, Y.M.; Elhag T.M.S.; Hua, Z. A modified fuzzy logarithmic least squares method for fuzzy analytic hierarchy process. *Fuzzy Sets Syst.* 2006, 157:3055–3071.
<https://doi.org/10.1016/j.fss.2006.08.010>
- [154] Mohagheghi, V.; Mousavi, M.S.; Vahdani, B. A new multi-objective optimization approach for sustainable project portfolio selection: A real-world application under interval-valued fuzzy environment. *Iran. J. Fuzzy Syst.* **2016**, 13, 41–68.
- [155] Tanoumand, N.; Ozdemir, D. Y.; Kilic, K.; Ahmed, F. Selecting cloud computing service provider with fuzzy AHP, IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), Naples, 2017, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015681>.
- [156] Jilcha, K.; Berhan, E.; Kitaw, D. *Occupational Safety and Health Improvement Factors Prioritization Using Fuzzy AHP for Manufacturing Industries*; Eds.: Geremew, S.; Krishnan S.R., et al. ICAST2017, Faculty of Mechanical and Industrial Engineering, Bahir Dar Institute of Technology, Bahir Dar University: Bahir Dar, Ethiopia, May 2017, 17–45.
- [157] Bai, L.; Li, Y.; Du, Q.; Xu, Y. A Fuzzy Comprehensive Evaluation Model for Sustainability Risk Evaluation of PPP Projects. *Sustainability* 2017, 9, 1890,
<https://doi.org/10.3390/su9101890>.
- [158] Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, D. Analysis of the influence factors on the performance of renewable energy projects, Proceedings 6th International scientific tourism conference „Sustainable tourism-way to success“, Etno centar GEGULA, Faculty of Business and Law Kraljevo, Vrnjačka Banja, Srbija, 2017, 170-178.
- [159] Milošević, M.; Dimić, V. Multi-Criteria Analysis in ICT Implementation for Smart Cities, Successful Implementation of Information Tehnology: IT, Marketing, Education and Business Working Together for Business Success, Conference EEE 2018, Belgrade, 18-20. october, 2018, 83- 105.
- [160] Dimić, V.; Stanojević, A.; Milošević, M. Perspektive izrade projekata OIE na jugu Srbije, Zbornik IV Međunarodne naučno - stručne konferencije SFERA 2017: Tehnologija i ugradnja otvora, Mostar, 25-26. Oktobar, 2017.
- [161] Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, D.; Stević, D. (2018) Adjustable Model of Renewable Energy Projects for Sustainable Development: A Case Study of the Nišava District in Serbia. *Sustainability* 10:775. <https://doi.org/10.3390/su10030775>
- [162] Milošević, M.; Milošević, D.; Dimić, V.; Stević, D.; Stanojević, A. The Analysis of Energy Efficiency Indicators and Renewable Energy Sources for Existing Buildings, 5th International Conference on Renewable Electrical Power Sources - ICREPS2017, Belgrade, Serbia, 12-13 October, 2017, 205-212. ISBN:978-86-81505-84-7
<https://doi.org/10.24094/mkoiee.017.5.1.205>

- [163] Milošević, M.; Milošević, A.; Milošević, D.; Stanojević, A.; Dimić, V. Multicriteria Analysis of Contemporary Materials for Energy-Efficient Buildings, Paper presented at the Second International Scientific and Professional Conference: Design and Thermal Insulation of Facade Walls: Traditional and Contemporary Approach, Mostar, 3-4. November, 2016, 46-51.
- [164] Dimić, V.; Milošević, M.; Milićević, R.; Milošević, D. Višekriterijumska analiza indikatora za razvoj pametnih gradova sa aspekta primene OIE, ECOLOGICA 95, 2019.

8 DODATAK

Dodatak ovoj disertaciji u potpunosti opravdava i dobija na značaju kroz prikaz podataka o proizvodnji električne energije i njenoj isplativosti u obrazovanju.

Solarna elektrana snage 50kW može u proseku da ostvari prihod od 14.000 eura godišnje po ceni fid-in tarife od 23 ¢€/kWh

Nova cena snage do 30kw je 22,66¢€/kWh za period od 12 godina.

Cena investiranja po najpovoljnijoj ceni za najkvalitetniji fotonaponski panel je od 2€/1W iznosi 100.000.00 eura.

Vreme otplate je 7.1 godinu, a vreme rada fotonaponskog sistema 25 godina.

U periodu od 19. 05. 2011.god do 18. 11. 2012. god., ukupno ima 547 dana. U tom periodu solarna elektrana je radila 6.265 časova i proizvela 10.323,1 kWh, što znači da je u proseku dnevno radila 11,45h i proizvela dnevno prosečno 18.87 kWh.

Nadalje, je tabelarno prikazan pregled po godinama od 2011.-2018. godine.

PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA OD OKTOBAR - 2011.god. DO OKTOBAR - 2012.god.		
Period slanje računa.	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktobar 04. 11.2011.god.	337	7.899,81 din.
Novembar 05. 12. 2011.god.	216	5.139.25 din.
Decembar 10. 01. 2012.god.	144	3.447.36 din.
Januar 02. 02. 2012.god.	244	5.909.09 din.
Februar 01. 03. 2012. god.	223	5.671.85 din.
Mart 02. 04. 2012. god.	668	17.132.73. din.
April 07. 05. 2012. god.	611	15.716.63 din.
Maj 04. 06. 2012. god.	714	19327.77 din.
Jun 03. 07. 2012. god.	816	21632.98 din.
Juli 02. 08. 2012. god.	815	22.172.97 din.
Avgust 04. 09. 2012.god.	828	22.561.34 din.
Septembar 03. 10. 2012.god.	590	15.605.53 din,

	<u>6.206.0 kWh</u> <u>U proseku dnevno 17.002 kWh</u> <u>ili 1226,48 časova rada</u>	162.217,31 din. <u>1445,91€ ili 289.0 €/1W</u>
--	--	---

PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA OD OKTOBAR - 2012. DO OKTOBAR - 2013.god.		
Period slanje računa.	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktobar 01. 11. 2012. god.	455	11.875,23 din.
Novembar 04. 12. 2012.god.	282	7.353,83 din.
Decembar 10. 01. 2012. god.	194	4.993,30 din.
Januar 02. 02. 2013.god.	175	4484,45 din.
Februar 01. 03. 2013. god	183	4756,17 din.
Mart 02. 04. 2013. god.	440	11435,6 din.
April 07. 05. 2013. god.	657	16.773,21 din.
Maj 04. 06. 2013. god.	663	17.244,30 din.
Jun 03. 07. 2013. god.	687	17.989,15 din.
Juli 02. 08. 2013. god.	841	22.018,74 din.
Avgust 04. 09. 2013.god.	738	19.415,71 din.
Septembar 03. 10. 2013.god.	496	13.062,16 din.
	<u>5.811.00 kWh</u> <u>U proseku dnevno 15,90 kWh</u> <u>ili 1148,41 časova rada</u>	<u>1.316,53€ ili 263,30 €/1W</u>

PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA OD OKTOBAR - 2013. DO OKTOBAR - 2014.god.		
Period slanja računa	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktobar 05. 11. 013.	463	12.149,09
Novembar 02. 12. 013.	253	6638,89
Decembar 08. 01. 014.	217	5753,92
Januar 03. 02. 014.	175	4666,58

Februar 03. 03. 2014	298	7948,58
Mart 01.04. 2014.	568	15.090,47
April 01. 05. 2014.	568	15.100,78
Maj 02. 06. 2014.	638	16.973,21
Jun 02. 07. 2014.	710	18.895,44
Juli 01.08. 2014.	764	20.539,03
Avgust 01. 09. 2014.	716	19.267,56
Septembar 01.10.2014.	468	12.855,81
	<u>5.838.00kWh</u> <u>U proseku dnevno 15,99 00</u> <u>kWh</u> <u>ili 1153,7 časova rada</u>	<u>1.343,38€ ili 268,67 €/1W</u>

PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA OD OKTOBAR - 2014. DO OKTOBAR - 2015.god.		
Period slanja računa	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktober 05. 11. 2014.	411	11.275,55
Novembar 01. 12. 2014.	251	7.273,98
Decembar 05. 01. 2015.	177	4.932,14
Januar 03. 02. 2015.	196	5.532,66
Februar 05. 03. 2015.	294	8.173,26
Mart 14. 04. 2015.	533	14.715,43
April 06. 05. 2015.	657	18.230,75
Maj 09. 06. 2015.	722	20.038,36
Jun 09. 07.2015.	720	19.921,68
Juli 10. 08. 2015.	817	22.596,18
Avgust 02. 09. 2015.	702	19.422,99
Septembar 02.10. 2015	535	14.766,00
	<u>6.015.00 kWh</u> <u>U proseku dnevno 16,47</u> <u>kWh</u>	<u>1390,658€ ili 274,833 €/1W</u>

**PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA
OD OKTOBARA 2015. DO OKTOBARA 2016.god.**

Period slanja računa	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktobar 02.11.2015	376	10.464.08
Novembar 02.11.2015	318	8.191,6
Decembar 03.01.2016	85	2.401.24
Januar 03.02.2016	183	5.156.19
Februar 04.03.2016	340	8.081.08
Mart 04.04.2016	472	13.325.97
April 10.05.2016	609	17.207.80
Maj 08.06.2016	673	13.099.54
Jun 13.07.2016	716	20.310.37
Juli 01.09.2016	768	21.753.18
Avgust 06.09.2016	734	20.807.71
Septembar 06.10.2016	564	15.976.22
	kWh U proseku dnevno 5.835,00 kWh	162.776.30 din. 1323,38€ ili 264,67€/1W

**PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA
OD OKTOBARA 2016. DO OKTOBARA 2017.god.**

Period slanja računa	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktobar 07.11.2016	355	10.045.33
Novembar 05.12.2016	229	7.910,17
Decembar 05.01.2017	227	6.474.14
Januar 01.02.2017	218	6.217,72
Februar 01.03.2017	304	8.670,08
Mart 01.04.2017	555,57	15844,85
April 01.05.2017	585,00	16.684,20
Maj 01.06.2017	749,63	21.207,03
Jun 04.07.2017	763	21.148,48
Juli 04.08.2017.	851	23.43,25

Avgust	06.09.017	762	20.958,68
Septembar	02.10.2017	517	14.239,2
		<u>kWh</u> <u>U proseku dnevno 6.116,2 kWh</u>	<u>172.856,13 € ili 1440,46€/1W</u>

PREGLED PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE STŠ „MIHAJLO PUPIN“ – KULA OD OKTOBARA 2017. DO OKTOBARA 2018.god.		
Period slanja računa	Proizvedena električna energija po mesecima u kWh	Sredstva koja su ostvarena bez PDV – a
Oktobar	465	7.899,81 din.
Novembar	267	5.139.25 din.
Decembar	235	3.447.36 din.
Januar	218	5.909.09 din.
Februar	304	5.671.85 din.
Mart	555	17.132.73. din.
April	586	15.716.63 din.
Maj	750	19327.77 din.
Jun	763	21632.98 din.
Juli	851	22.172.97 din.
Avgust	762	22.561.34 din.
Septembar	517	15.605.53 din,
	<u>Ukupno 6273kWh</u>	162.217.31 din. <u>1445.91€ ili 289.0 €/1W</u>

Biografija

Osnovni podaci o kandidatu

Lični podaci i obrazovanje

Kandidat Violeta Dimić je rođena 17.06.1964. u Nišu i živi na adresi Todora Milovanovića 6/18 u Nišu. Osnovnu „Učitelj Tasa“ i srednju Gimnazija „Svetozar Marković“ školu je završila u Nišu. Akademske, a zatim magistarske studije je završila na Elektronskom fakultetu, Univerziteta u Nišu.

Radno iskustvo

- 2017. - danas, ETŠ „Nikiola Tesla“-Niš, profesor stručnih predmeta
- 2014.-2017., ETŠ „Nikiola Tesla“-Niš, profesor stručnih predmeta i organizator praktične nastave
- 2009.- 2014., ETŠ „Nikiola Tesla“-Niš, zamenik direktora
- 2006 - 2009., ETŠ „Nikiola Tesla“-Niš, profesor stručnih predmeta
- 2002 - 2007, Tehnička škola „12. februar“-Niš, profesor stručnih predmeta,
- 1997 - 2002, Elektronski fakultet-Niš, asistent- katedra za Mikroelektroniku
- 1992 - 1997, Elektronski fakultet-Niš, istraživač-saradnik,
- 1990- 1992, Optoelektronik d.o.o, odeljenje za projektovanje i izradu elektronskih ploča

Podaci o stručnom usavršavanju

Učešće u akreditaciji i realizaciji projekata Ministarstva spoljne i unutrašnje trgovine i telekomunikacija:

- "Informaciono komunikacione tehnologije u službi takmičenja učenika osnovnih škola iz oblasti računarstva i informatike", 09.2013 - 06.2014.
- „Informaciono komunikacione tehnologije u službi takmičenja učenika (faza 2)“, 06.2014 - 03.2015.

Učešće kao autor u akreditaciji i realizaciji stručnih skupova i seminara ZUOV-a

- stručnih skupova pod nazivom: „Mudl i Android platforma u organizaciji i realizaciji takmičenja učenika“ (29.11.2014, 05.12.2014, 06.12.2014, 13.12.2014, S7382014, S7362014, S7372014, S7352014)
- akreditovanih seminara: „Elektromagnetno polje u radnoj i životnoj sredini“(2011/12. i 2012/13.-2013/14.), „Građansko vaspitanje u stvarnoj i virtuelnoj učionici” (šk.2014/15. – 2015/16.god., 908), „Od hardvera do veb-servisa“ (2016/17.-2017/18., 204) i „Od hardvera do Internet servisa“ (2018/19., 2019/20. i 2020/21.)

Učešće kao član radne grupe ZUOV-a u pripremi i izradi

- nastavnih planova i programa oglednog obrazovnog profila Elektrotehničar informacionih tehnologija,
- nacрта pravilnika o bližim uslovima u pogledu prostora, opreme i nastavnih sredstava za ostvarivanje planova i programa obrazovanja i vaspitanja za stručne predmete za obrazovne profile trogodišnjih i četvorogodišnjih stručnih škola elektrotehničke struke.
- nastavnih planova i programa za novi obrazovni profil u stručnim školama Elektrotehničar obnovljivih izvora energije
- udžbenika Elektroenergetika, recenzent

Učešće kao mentor u izradi praktičnih radova i učešću na „*IEEEESTEC – Student project conference*“:

- Izrada Van De Grafov-og generator u laboratorijskim uslovima, IEEEESTEC 6th, L. Petrović, J. Krstić, M. Mihajlović, R. Mitić, V. Dimić (III nagrada u kategoriji “Rad sa najboljom praktičnom realizacijom”)
- Vetrogenerator male snage, IEEEESTEC 7th, L. Stanković, R. Mitić, V. Dimić
- Realizacija 3D efekata LED kockom, IEEEESTEC 8th, M. Šutanovac, S. Stojiljković, M. Nikolić, N. Jevtović, S. Petković, D. Mitić, V. Dimić (III nagrada u kategoriji “Rad sa najboljom praktičnom realizacijom”)
- Realizacija senzorske donatorske kutije, IEEEESTEC 8th, J. Manić, Đ. Jović, V. Veljković, P. Aleksov, A. Stojadinović, N. Marinković, V. Dimić
- Proračun i izrada Teslinog transformatora, IEEEESTEC 9th, B. Nikolić, P. Mirković, P. Popović, I. Milojković, V. Dimić
- Efekti asimetričnog kondenzatora, IEEEESTEC 10th, B. Nikolić, P. Mirković, I. Petrović, V. Dimić

Učešće u projektima kroz obuke zaposlenih u obrazovanju

- RIMSO, Razvoj instruktivnih materijala za stručno obrazovanje, 2016.
- CISCO ACADEMY, IT Essentials, 2016.
- ORACLE ACADEMY, Java Fundamentals, 2015.
- Microsoft Innovative Educator program, Obuka za upotrebu Microsoft alata OneNote, 2015.
- TEMPUS NeReLa, Obuka za upotrebu daljinskih izvođenja eksperimenata, 2015.
- RAZVIONICA- Digitalna riznica, Osnove učenja i nastave, 2015.
- TEMPUS ELFAK, Modeliranje i simulacija dinamičkih sistema, 2014.
- TEMPUS ELFAK, Računarske mreže i internet tehnologije, 2014.
- DG EAC "Western Balkans Platform on Education and Training: Regional conference on Erasmus and cooperation opportunities for the Western Balkans", 2014
- ORACLE ACADEMY, Database and Programming with SQL, 2013.

Rad na sticanju naučnih kvalifikacija:

Violeta Dimić, Neki aspekti primene principa prognoze svojstava materijala kod projektovanja i tehnologije materijala za piezoelektrične pretvarače, Magistarski rad, Elektronski fakultet Niš, Niš, 1995

Objavljeni radovi:

Spisak rezultata M10

Milošević, M.; **Dimić, V.** (2018). Multi-Criteria Analysis in ICT Implementation for Smart Cities. In *Successful Implementation Of Information Technology*, Eds.: Nikitović, Z.; Marković, D., D'Arconte, C. Publisher: Silver & Smith, London, England, 83-104. **M14**

Spisak rezultata M20

Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, D.; Stević, D. (2018). Adjustable model of the renewable energy project for sustainable development: A case study of the Nisava District in Serbia, *Sustainability*, 10(3), 775 **M22**

Spisak rezultata M50

Dimić, V.; Milošević, M.; Milićević, R.; Milošević, D. (2019) Višekriterijumska analiza indikatora za razvoj pametnih gradova sa aspekta primene OIE, *ECOLOGICA* 95. **M51**

Stević, D.; Milošević, M.; **Dimić, V.**; Milošević, D. (2018) Automatska klasifikacija šumske vegetacije na multispektralnim Landsat 7 snimcima, *ECOLOGICA* 90, 281-287. **M51**

Spisak rezultata M30

Milošević, M.; **Dimić, V.** (2018) Multi-Criteria Analysis in ICT Implementation for Smart Cities. 7th International Scientific Conference Book of Abstracts: Employment, Education and Entrepreneurship (EEE2018) Belgrade, Serbia, 18–20 October, p.36 **M34**

Milošević, D.; Milošević, M.; Stanojević, A.; **Dimić, V.**; Milošević, A. (2018) Primena FAHP metode u planiranju izgradnje objekata sa stanovišta energetske efikasnosti, 4th International Conference in XXI century, Mašinski fakultet u Nišu, 19.-20. april, Niš, 271-277. **M33**

Stević, D.; Milošević, M.; **Dimić, V.**; Milošević, D. (2018) Automatic classification of forest vegetation on multispectral landsat 7 records, Book of Abstracts of International Scientific Conference on Green Economy and Environment Protection, Beograd, 23-25. april, p. 88 **M34**

Dimić, V.; Stanojević, A.; Milošević, M. (2017) Perspektive izrade projekata OIE na jugu Srbije, IV Međunarodna naučno – stručna konferencija SFERA 2017: Tehnologija i ugradnja otvora, Mostar, 25-26. Oktobar. **M33**

Milošević, M.; Milošević, D.; **Dimić, V.**; Stević, D.; Stanojević, A. (2017) The Analysis of Energy Efficiency Indicators and Renewable Energy Sources for Existing Buildings, 5. Međunarodna konferencije o obnovljivim izvorima električne energije, MKOIEEE 2017 Beograd, 12.-13. oktobar, 205-212. **M33**

Ivanov, M.; Skoko, S.; **Dimić, V.**; Ćurić, M.; Herceg Roknić, A.; Savić, A.; Đurišić, M. (2017) Dual Education in the Area of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency in the

Education System of the Republic of Serbia, 5. Međunarodna konferencije o obnovljivim izvorima električne energije, MKOIEE 2017 Beograd, 12-13. oktobar, 1-11. **M33**

Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, D. (2017) Analysis of the Influence Factors on the Performance of Renewable Energy Projects, 6. Međunarodna naučna konferencija o turizmu BIST-SUSTAINABLE TOUR-WAY TO SUCCESS, Vrnjačka Banja, 23-25. jun, 100-178. **M33**

Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, A. (2017) Razvijanje svesti o upravljanju e-otpadom u informacionim tehnologijama, 4thInternational Scientific Conference Agribusiness MAK-2017 „EUROPEAN ROAD“ IPARD 2015-2020, Kopaonik, 27-28. January, 321-329. **M33**

Milošević, M.; Milošević, A.; Milošević, D.; Stanojević, A.; **Dimić, V.** (2016) Multicriteria Analysis of Contemporary Materials for Energy-Efficient Buildings, II međunarodna naučno – stručna konferencija SFERA 2016: Oblikovanje i toplinska izolacija fasadnih zidova: Tradicionalni i savremeni pristup, Mostar, 3-4. novembar, 46-51. **M33**

Dimić, V.; Selimi, A.; Milošević, M. (2016) Preventive maintenance and problem solving skills training in the development. In *Universal Design in Information Technology*, International Congress On Barrier-Free Information Technology (BILTEVT16), Manisa/Turska, 21-23. septembar, 75-83. **M33**

Spisak rezultata M60

Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, A.; Radenović, Ž. (2017) Sticanje stručnih znanja i veština za rešavanje problema održavanja računarskih sistema, „Menadžment znanja“, godina XII, br.3-4, 20-26. **M63**

VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA INDIKATORA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	mdpi.com Internet	334 words — 1%
2	www.cris.uns.ac.rs Internet	317 words — 1%
3	www.ni.rs Internet	248 words — 1%
4	www.icp-co.com Internet	128 words — < 1%
5	eee-conference.com Internet	128 words — < 1%
6	fedorabg.bg.ac.rs Internet	108 words — < 1%
7	polj.ns.ac.yu Internet	85 words — < 1%
8	odlucivanje.fon.bg.ac.rs Internet	82 words — < 1%
9	repository.iep.bg.ac.rs Internet	70 words — < 1%
10	nardus.mpn.gov.rs Internet	68 words — < 1%

11	Internet	66 words — < 1%
12	fedorani.ni.ac.rs Internet	65 words — < 1%
13	mcb.rs Internet	56 words — < 1%
14	www.door.hr Internet	53 words — < 1%
15	otvorenavlada.rs Internet	50 words — < 1%
16	www.gradjevinarstvo.co.rs Internet	45 words — < 1%
17	www.ftn.kg.ac.rs Internet	44 words — < 1%
18	pt.scribd.com Internet	42 words — < 1%
19	www.symopis2013.fon.bg.ac.rs Internet	42 words — < 1%
20	www.ekapija.com Internet	41 words — < 1%
21	www.merz.gov.rs Internet	40 words — < 1%
22	media.sjm06.com Internet	39 words — < 1%
23	sr.wikipedia.org Internet	37 words — < 1%
24	www.dlr.de Internet	36 words — < 1%

25	www.hindawi.com Internet	35 words — < 1%
26	izdanja.smeits.rs Internet	35 words — < 1%
27	www.infotrend.hr Internet	33 words — < 1%
28	www.eee-conference.com Internet	32 words — < 1%
29	repository.svkri.uniri.hr Internet	30 words — < 1%
30	doisrpska.nub.rs Internet	30 words — < 1%
31	www.mdpi.com Internet	28 words — < 1%
32	"Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions", Springer Science and Business Media LLC, 2021 Crossref	27 words — < 1%
33	R. F. Gray, D. M. Baguley, M. Il. Harries, I. Court, C. Lynch. "Profound deafness treated by the Ineraid multichannel intracochlear implant", The Journal of Laryngology & Otology, 2007 Crossref	25 words — < 1%
34	www.scribd.com Internet	24 words — < 1%
35	Mimica Milošević, Dušan Milošević, Ana Stanojević, Dragan Stević. "TOPSIS optimization for the choice of soil remediation contractor in Serbia", Tehnika, 2018 Crossref	24 words — < 1%
36	www.economicsandconomy.me Internet	23 words — < 1%

37	slglasnik.info Internet	23 words — < 1%
38	www.vps.ns.ac.rs Internet	21 words — < 1%
39	merz.gov.rs Internet	21 words — < 1%
40	obnovljiviizvorienenergije.rs Internet	20 words — < 1%
41	geothermalcommunities.eu Internet	19 words — < 1%
42	www.znrfak.ni.ac.rs Internet	18 words — < 1%
43	iaus.ac.rs Internet	18 words — < 1%
44	omaha.com Internet	16 words — < 1%
45	milosgradakovic.blogspot.rs Internet	15 words — < 1%
46	studfile.net Internet	14 words — < 1%
47	www.besplatniseminarskiradovi.com Internet	14 words — < 1%
48	www.ipedr.net Internet	13 words — < 1%
49	aseestant.ceon.rs Internet	13 words — < 1%
50	edoc.pub Internet	13 words — < 1%

51	es.scribd.com Internet	12 words — < 1%
52	doku.pub Internet	12 words — < 1%
53	tel.archives-ouvertes.fr Internet	11 words — < 1%
54	ethesis.helsinki.fi Internet	10 words — < 1%
55	Hajradin Radoncic, Samed Karovic. "Modern technologies in the development of the defense system of the Republic of Serbia", Vojno delo, 2016 Crossref	10 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES
EXCLUDE
BIBLIOGRAPHY

ON
ON

EXCLUDE MATCHES

< 15 WORDS