МОДЕЛ ОПТИМИЗАЦИЈЕ РЕЦИКЛАЖЕ ЧВРСТОГ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА

By Ana Tasić

WORD COUNT 46182
TIME SUBMITTED 08-JUL-2025 02:11PM
PAPER ID 117122112

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ
БЕОГРАД
ДЕПАРТМАН ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

МОДЕЛ ОПТИМИЗАЦИЈЕ РЕЦИКЛАЖЕ ЧВРСТОГ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА

Ментор:
Проф. др Мирослав Поповић

Студент: Ана Тасић
Број индекса: 485021/2021

Београд, 2025.

Захвалница

На овом месту желим да изразим своју најдубљу захвалност свима који су ме подржали током израде докторске дисертације.

Посебну захвалност дугујем свом ментору, проф. др Мирославу Поповићу, на помоћи, стручном вођству и подршци током истраживачког процеса. Његова усмерења и савети били су кључни за развој идеје и успешан завршетак дисертације.

Најискренију захвалност упућујем члановима комисије, проф. др Небојши Бачанину и др Марку Миленковићу. Непроцењива помоћ и посвећеност проф. др Бачанина значајно је допринела квалитету ове дисертације. Конструктивни коментари и корисне сугестије др Миленковића такође су битно унапредили квалитет рада. Посебно желим да се захвалим колегама са Департмана за информатику: проф. др Миодрагу Живковићу и асистенту г. Луки Јовановићу, за помоћ у софтверском делу и бројне корисне савете.

Дубоку захвалност дугујем свом супругу Стојану на безрезервној подршци, неизмерном стрпљењу и разумевању током свих изазова на овом путу. Велику захвалност изражавам својој сестри Ерики, чије су знање и конструктивне критике пружиле непроцењиву помоћ. Такође, захваљујем својим родитељима, Ани и Јовици, који су непрестано веровали у мене и пружали ми значајну моралну и емотивну подршку.

Хвала свима који су били део мог академског пута и допринели остварењу овог важног циља.

Садржај

1. Увод 1

1.1. Отпад: стварање, састав и проблеми 2

1.1.1. Стварање комуналног отпада 3

1.1.2. Састав чврстог комуналног отпада 7

1.1.3. Проблеми везани за отпад 11

1.2. Управљање чврстим комуналним отпадом 12

1.2.1. Третман чврстог комуналног отпада 18

1.2.1.1. Термички третман отпада 19

1.2.1.2. Биолошки третман отпада 25

1.2.1.3. Рециклирање чврстог комуналног отпада 26

1.2.2. Одлагање чврстог комуналног отпада на депоније 30

1.2.2.1. Утицај одлагања отпада на депоније на животну средину и здравље људи 32

1.2.3. Сепарација отпада 33

1.2.3.1.Примена вештачке интелигенције за сепарацију чврстог комуналног отпада 35

1.3. Правни оквир и политика заштите животне средине на европском, националном и локалном нивоу 36

1.3.1. Развој европске еколошке политике и важећи прописи 36

1.3.2. Законски оквири Републике Србије 42

1.3.2.1. Устав Републике Србије 42

1.3.2.2. Закон о заштити животне средине 43

1.3.2.3. Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања 45

1.3.2.4. Закон о управљању отпадом 45

1.3.2.5. Закон о амбалажи и амбалажном отпаду 47

1.3.3. Локална политика у области управљања отпадом 47

1.3.4. Усклађивање политике Србије са политиком Европске уније 50

1.4. Управљање комуналним отпадом у Београду – актуелно стање 53

1.4.1. Административна подела града и надлежности 53

1.4.2. Количине генерисаног отпада у Београду 55

1.4.3. Морфолошки састав комуналног отпада у Београду 56

1.4.4. Сакупљање и третирање отпада на територији 17 општина града Београда 60

1.4.4.1. Једанаест градских општина Београда 60

1.4.4.2. Шест приградских општина Београда **Error! Bookmark not defined.**

1.4.5. Дозволе за управљање отпадом 68

2. Предмет и циљ рада 69
2.1. Основне хипотезе 70
3. Материјали и методе 71
3.1. Социодемографски профил испитаника 72
3.2. Структура анкете 73
3.2.1. Информисаност испитаника 74
3.2.2. Претходно искуство 74
3.2.3. Спремност испитаника да сортира отпад 75
3.2.4. Мотиватори 75
3.3. Методе вештачке интелигенције за сепарацију чврстог комуналног отпада 75
4. Резултати истраживања 81
4.1. Резултати спроведене анкете 81
4.1.1. Фактори који утичу на мотивацију 81
4.1.2. Социодемографски профил 83
4.1.2.1. Пол 83
4.1.2.2. Старосна група 83
4.1.2.3. Ниво образовања 85
4.1.3. Информисаност 87
4.1.4. Претходно искуство 87
4.1.5. Постојање услова за примарну сепарацију у оквиру стамбене јединице 90
4.1.6. Организација одношења отпада 91
4.1.7. Предлози грађана за побољшање система управљана отпадом 91
4.2. Сепарација чврстог комуналног отпада употребом вештачке интелигенције 93
4.2.1. Резултати првог нивоа оптимизације 93
4.2.2. Резултати другог нивоа оптимизације 95
4.2.2.1. Резултати AdaBoost модела 95
4.2.2.2. Резултати XGBoost модела 101
4.2.3. Статистичка провера резултата 106
5. Дискусија 107
6. Закључак 111
Литература 113

1. Увод

Технолошким развојем човек је почео да утиче на природу, мења је и прилагођава својим потребама. Индустријализација је убрзала овај утицај и данас су последице човековог делања несагледиве и пореметиле су еколошку равнотежу на планети.

Иако је Британско еколошко друштво, најстарија организација тог типа, основано 1913. године (Hale, 1995), групе за заштиту животне средине су почеле стидљиво да се појављују у другој половини 20. века, а затим су прерасле у један од најважнијих глобалних, научних и политичких покрета (Rootes, 1999). Почетна борба „заштитара“ против загађивача скренула је пажњу јавности, а данас и подигла општу еколошку свест (Memery, Megicks, & Williams, 2005; Zugang, Anderson, & Cruz, 2012), што је приморало компаније да траже нове начине и еколошки прихватљиве моделе пословања (Flammer, 2013; Fraj-Andres, Martinez-Salinas, & Matute-Vallejo, 2008). Како би се процес загађивања животне средине зауставио и природа сачувала неопходан је интердисциплинарни приступ, дугорочна стратегија, као и дефинисање и имплементација комплексних мера. Одрживо управљање комуналним отпадом је начин да се дође до побољшања стања и конкретних резултата.

Годинама су се све врсте отпада, без икаквог третирања, једноставно бацали у природно окружење. Човек није био свестан да овакав поступак штети његовом станишту. Депонован отпад доводи до контаминације вода, земљишта, ваздуха, али и директно угрожава животе људи и целокупан живи свет у околини. Индустријским развојем променила се и врста отпадног материјала, 20. век је донео вештачке материјале који имају дуг век распадања. Са друге стране и сам пораст броја становника као и економски напредак доводе до стварања све веће количине отпада (World Bank, 2018). У складу са овим очекивано је да развијене земље имају тренд стварања и више комуналног отпада (EEA, 2016). Република Србија је економски слабија од земаља Европске уније, чијим принципима тежи (Резолуција о придруживању Европској унији, 2004), и очекивано генерише мање количине комуналног отпада. Досадашње искуство показује да економски напредак и висок расположиви доходак доводи до веће личне потрошње и самим тим и веће количине генерисаног отпада по глави становника (World Bank, 2018).

У данашњим развијеним, еколошки освешћеним, друштвима тежи се да се смањи количина отпада коју сваки појединац генерише. Прелази се са предмета за једнократну употребу, на коришћење производа за вишекратну употребу (Directive EU/2019/904), а поред тога што се настоји да се производ што дуже користи, циљ је да се век употребе производа или материјала продужи и његовим модификовањем, чиме би добио нову већу употребну вредност (енгл. Up-cycling). Одрживост и век трајања производа процењују се његовим животним циклусом, који узима у обзир све економске, друштвене и еколошке ефекте производа, од добијања основних сировина, преко производње, употребе, евентуалног рециклирања до коначног одбацивања (Klöpffer, 2003).

Конференција Уједињених нација о човековој средини, одржана у Стокхолму 1972. год. прва је таквог карактера у свету, дебатовано је о важности активног укључивања како научне заједнице тако и јавности у решавању проблема животне средине (UN, 1972). Говорници су истакли неопходност укључивања јавности будући да ефикасност преузетих акција зависи од захтева, али и подршке јавности.

У Београду постоји акција да се грађани подстакну на примарну сепарацију отпада (ЈКП Градска чистоћа) која има за циљ да утиче на повећање стопе рециклаже комуналног отпада, међутим обухват акције није на задовољавајућем нивоу. Нека

истраживања су показала да грађани разумеју појам рециклаже и рециклабилност појединих материјала (Радовић & Маринковић, 2019). Декларативно се становништво Србије слаже и упознато је са тиме да је њихова локална, а самим тим и шира животна средина угрожена, шта више око 64% грађана Београда сматра да је „наша животна средина таква да угрожава здравље свих грађана", а са овом тврдњом се не слаже 11,3% грађана (Матијевић & Младеновић Јанковић, 2014), али када треба да дође до конкретне примене ствари се драстично погоршавају.

Организованост и свеобухватност система управљања отпадом са циљем третирања отпада, пре него његовог депоновања, није на адекватном нивоу. Како подаци Европске комисије из 2020. год. у Србији се рециклира само 3% комуналног отпада што указује на неразвијеност система управљања отпадом. Међутим, применом нове методологије прорачуна генерисане количине комуналног отпада и степена рециклаже добијено је да степен рециклаже за 2023. годину у Србији износи 15,5% (АЗЖС, 2024), иако се количине генерисаног и третираног отпада нису значајно промениле.

Према Резолуцији о придруживању Европској унији (2004) и Директиви о отпаду (2008) Европске уније Србија тежи одрживој циркуларној економији, која има за циљ да што дуже задржи ресурсе у употреби и након употребе их поново врати у производни процес (EEA, 2020).

Додатни еколошки проблем јесте чињеница да највећи број активних сметлишта, око 70%, нема адекватну документацију, није урађена студија о процени утицаја на животну средину, немају неопходне дозволе, шта више нису уопште предвиђене за изградњу просторно–планским документима (АЗЖС, 2019).

Управљање отпадом спада у једно од централних питања проблематике заштите животне средине.

1.1. Отпад: стварање, састав и проблеми

Порастом броја становника, развојем индустрије, стварањем значајнијег економског богатства долази до стварања све веће количине отпада. Његово нагомилавање има погубне последице и може довести до девастирања животне средине, чиме негативно утиче и на здравље људи. Будући да последице неконтролисаног нагомилавања отпада често нису одмах приметне неопходно је да се овај проблем решава пре потпуне деградације животне средине, кад ће решавање проблема бити отежано. С тога је неопходно приметити да је „управљање отпадом…делатност од општег интереса" (Закон о управљању отпадом, 2023).

Закон о управљању отпадом (2023) под појмом отпад подразумева материје и предмете које „држалац одбацује, намерава или је неопходно да одбаци" (члан 5). Врсте отпада препознате у законској регулативи Републике Србије су (Закон о управљању отпадом, 2023):

- комунални (кућни отпад)
- комерцијални,
- индустријски,

а према опасним карактеристика отпад се дели на: инертни, неопасан и опасан.

Као једна од поткатегорија чврстог отпада наводи се комунални отпад. Према Организацији за економску сарадњу и развој (Organisation for Economic Co-operation and Development) (OECD, 2015) комунални отпад је дефинисан као отпад који потиче из домаћинстава (тј. отпад који је настао активностима домаћинства) и сличан отпад из

малих комерцијалних активности, пословних зграда, институција као што су школе, зграде владе и малих предузећа. Према регулативи Републике Србије „комунални отпад јесте одвојено сакупљен отпад из домаћинстава…“, и осталих извора, ако је по природи и саставу сличан овом отпаду (Закон о управљању отпадом, 2023). Отпад из индустрије може се сматрати мешаним комуналним отпадом, ако је по карактеристикама сличан отпаду из домаћинства (Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада, 2024).

Према Закону о управљању отпадом (2023) није дозвољено мешање опасног отпада са комуналним, а ако су већ измешани одвајање се обавља ако за то постоји економска исплативост, у супротном такав отпад се сматра опасним. Ова забрана односи се на цео процес од производње, преко лица која су укључена у транспорт и третман отпада до коначно његовог одлагања, осим у случају да је мешање одобрено као део процеса прераде (Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада, 2024). Међутим, одређене категорије комуналног отпада, назначене у Правилнику о категоријама, испитивању и класификацији отпада (2024), могу садржати опасан отпад. Будући да шира категорија комуналног отпада обухвата и отпад који није чврст, за потребе истраживања бавићемо се одабраним категоријама чврстог комуналног отпада. Према Каталогу отпада (Правилник, 2024) могу се издвојити одабране категорије чврстог комуналног отпада: стакло, пластика, папир и картон, текстил, дрво, метали, земља и камен и други. Одређене врсте материјала које се сакупљају и, према Каталогу (Правилник, 2024), дефинишу као амбалажни отпад такође се сврставају у комунални отпад. Амбалажни материјал може имати различита својства.

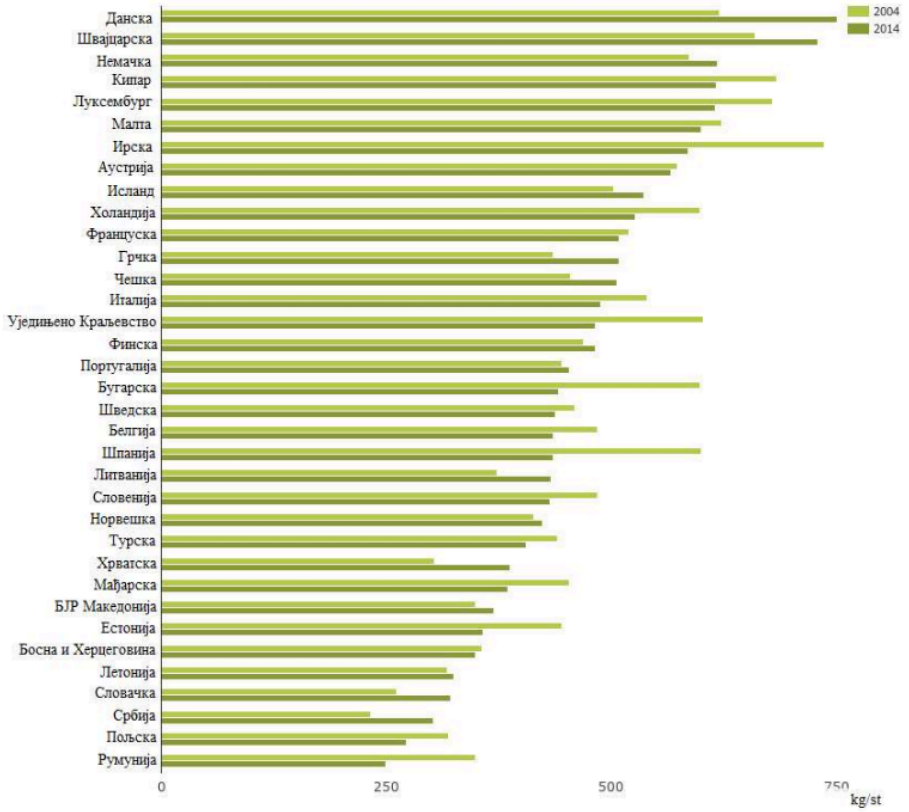
1.1.1. Стварање комуналног отпада

Будући да су зависно од извора података и самих докумената јављају различите класификације отпада, као један од изазова се јавља адекватан начин поделе отпада према саставу што даље води ка различитим видовима третмана. Према подацима Републичког завода за статистику (РЗС, 2019,а), а усклађени са Европском класификацијом отпада, може се одвојити више врста отпада из домаћинстава: одбачена електрична и електронска опрема, једина категорисана као опасан отпад, хемијски отпад, разне врсте муљева, метални (гвоздени, негвоздени и мешани гвоздени и негвоздени), отпад од стакла, папира и картона, гуме, пластике, дрвета, текстила, одбачена електрична и електронска опрема категорисана као неопасан отпад са отпадним батеријама и акумулаторима, животињски и мешани отпад и из припреме хране, биљни отпад, отпад из домаћинства и њему сличан, сортирани остаци, мешани материјали, као и неразврстани и други. Важно је напоменути да су се појмови комунални отпад и кућни отпад током времена различито дефинисали и нису све земље имали исту дефиницију и поделу.

Посматрањем података Организације за економску сарадњу и развој, приметно је да код држава чланица постоји тренд пораста генерисања отпада из домаћинства, као и комуналног отпада. Према доступним подацима за земље Европе 1980. год. највећа количина генерисаног комуналног отпада била у Норвешкој, износила је 550 kg/st, док у Холандији није прелазила 370 kg/st кућног отпада (OECD, 2005). Током последње декаде 20. века, највеће количине отпада стварале су Ирска, Италија, Немачкоја, Холандија и Француска, генеришући више од 400 kg/st (EEA, 2001). Велике количине генерисаног комуналног отпада током 2002. год. имале су Норвешка, Шпанија, Швајцарска, Ирска и Исланд, где је сакупљено чак 730 kg/st (OECD, 2005). Током 2004. год. више није реткост да се сакупи више од 400kg/st отпада, као што је било током

деведесетих (EEA, 2016). Највећа забележена количина отпада током 2004. год. измерена је у Ирској, где је сакупљено 737 kg/st, а прате је Кипар 684 kg/st и Луксембург 679 kg/st (EEA, 2016). Најмање сакупљеног отпада измерено је у Србији (податак за 2006. год), укупно 233 kg/st (EEA, 2016).

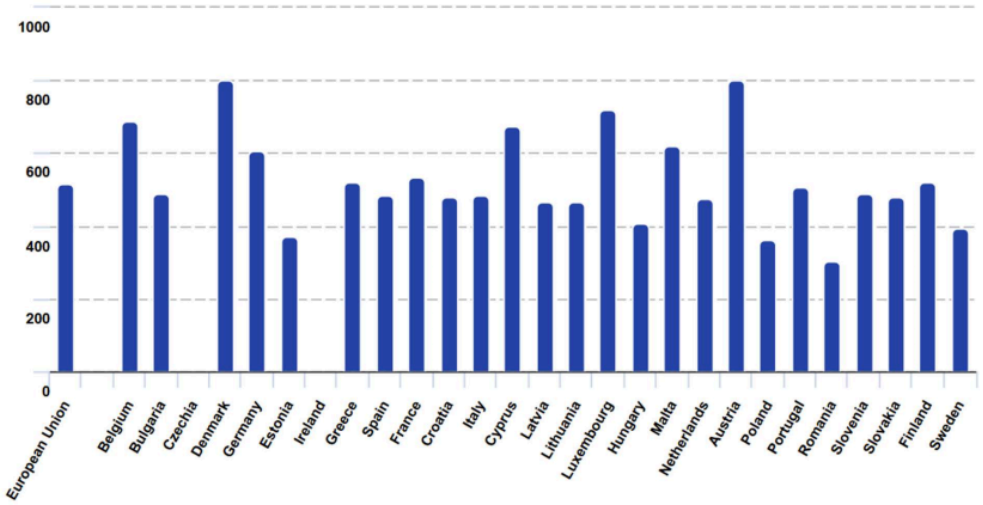
До свеукупног смањења генерисања отпада у Европи дошло је у периоду од 2004. до 2014. год. Установљено је да је просек сакупљене количине опао за 7%, док је у укупној количини генерисано 3% отпада мање. Међутим, опадајући тренд није могуће уочити у свакој држави. Укупно у 54,3% посматраних држава дошло је до смањења генерисања комуналног отпада, док је у 45,7% држава дошло до повећања. Током 2014. год. највише сакупљеног отпада било је у Данској са генерисаном количином 758 kg/st, следе Швајцарска 730 kg/st и Немачка 618 kg/st (Слика 1). Најмање је генерисано у Румунији (249 kg/st), Пољској (272 kg/st) и Србији (302 kg/st). (EEA, 2016)



Слика 1. Поређење европских земаља према количини генерисаног комуналног отпада по глави становника за 2004. и 2014. годину (68)

У наредном периоду настављен је висок тренд генерисања отпада. Током 2018. године највише отпада је сакупљено у Данској (766 kg/st) (EC, 2019,a), а већ 2019. године та количина је достигла 844 kg/st (Eurostat, 2025). Просечна вредност

генерисаног комуналног отпада по глави становника у државама чланицама Европске уније у 2018. години износила је 489 kg/st (EC, 2019,a), док је 2019. године вредност порасла на 502 kg/st (Eurostat, 2025), а 2022. год. била 515 kg/st. (Слика 2) (Eurostat, 2025).



Слика 2: Генерисан комунални отпад по глави становника у земљама ЕУ 2022. год. (89)

Према приказаним подацима у Еко-билтену (2019, 2020, 2024) може се уочити да тренд генерисања укупног отпада из домаћинства у Србији варира, али показује тенденцију раста (табела 1). Овакав тренд не одступа од осталих држава Европе.

Табела 1. Генерисан отпад из домаћинства 2014 – 2023. године

Година	Отпад из домаћинства (t)	Опасан отпад (t)	Неопасан отпад (t)
2014	1.637.251	…	1.637.251
2015	1.572.718	…	1.572.718
2016	1.589.709	…	1.589.709
2017	1.884.902	27*	1.884.876
2018	1.863.029	0	1.863.029
2019	1.976. 291	0	1.976.291
2020	2.063.247	29.017	2.034.229
2021	2.115.219	42.476	2.072.743
2022	2.225.139	27.812	2.197.327
2023	2.166.796	47.642	2.119.154

(Извор: 316, 320, 322) *Односи се на одбачену електричну и електронску опрему (316). Према Уредби ЕУ о статистици отпада (ЕС/849/2010) обухвата одбачену опрему, не узимајући у обзир одбачена возила, као ни отпад од батерија и акумулатора.

Узимајући у обзир процене број становника Републике Србије Републичког завода за статистику и попис становништва 2022. год, у посматраном периоду овај параметар се кретао од 221,65 kg у 2015. години до 334,76 kg/st 2022. године (табела 2). Подаци Европске агенције за животну средину и Републичког завода за статистику указују на количине које Србију сврставају међу земље са мањом количином генерисаног отпада по глави становника.

Табела 2. Генерисан отпад из домаћинства по глави становника 2014 – 2019, 2022. год.

Година	Отпад из домаћинства (kg/st)
2014	229,57
2015	221,65
2016	225,22
2017	268,47
2018	266,81
2019	285,31
2022	334,76

С друге стране, према достављеним подацима ЈК предузећа за 1013 локалних самоуправа и процењеним вредностима за остале, Агенција за заштиту животне средине изнела је индикаторе комуналног отпада (Управљање отпадом у Републици Србији у периоду 2011-2018. годин). Подаци су допуњени за период од 2018. до 2023. год. информацијама приказаним у Извештају о управљању отпадом у Републици Србији 2011-2023 (АЗЖС, 2024) (табела 3).

Табела 3. Индикатори комуналног отпада

	Укупна количина генерисаног отпада (мил. t)	Количина прикупљеног и депонованог отпада од стране општинских ЈКП (мил. t)	Просечан обухват прикупљања отпада (%)	Средња дневна количина комуналног отпада по становнику (kg)	Средња годишња количина по становнику (t)	Подвргнуто поступку поновног искоришћења (R1 – R11[1]) (mil. t)
2011	2,71	2,09	77	1,01	0,37	
2012	2,62	1,83	~70	0,99	0,36	
2013	2,41	1,92	80	0,92	0,34	
2014	2,13	1,67	~80	0,81	0,3	
2015	1,84	1,36	82	0,71	0,26	
2016	1,89	1,49	~82	0,73	0,27	
2017	2,15	1,8	83,7	0,84	0,3	
2018	2,23 (2,8[+])	1,95 (2,22[+])	87,2	0,85 (1,10[+])	0,31	0,450
2019	2,83	2,24	86,2	1,11	/	0,462
2020	2,95	2,34	86,4	1,15	/	0,478
2021	3,02	2,36	88	1,24	/	0,495
2022	3,18	2,59	87	1,28	/	0,560
2023	3,07	2,59	88,3	1,26	/	0.484
2030*	3,48		100	1,39	0,50	

(Извор: 207, [+]211, [1]300, *307)

У складу са очекиваним трендом да високо развијене земље стварају више комуналног отпада (EEA, 2016), закључак да Србија генерише количине комуналног отпада као економски слабије развијене земље и јесте у складу са њеним степеном развоја. Из приказаних података закључује се да долази до постепеног повећања генерисане количине отпада по глави становника.

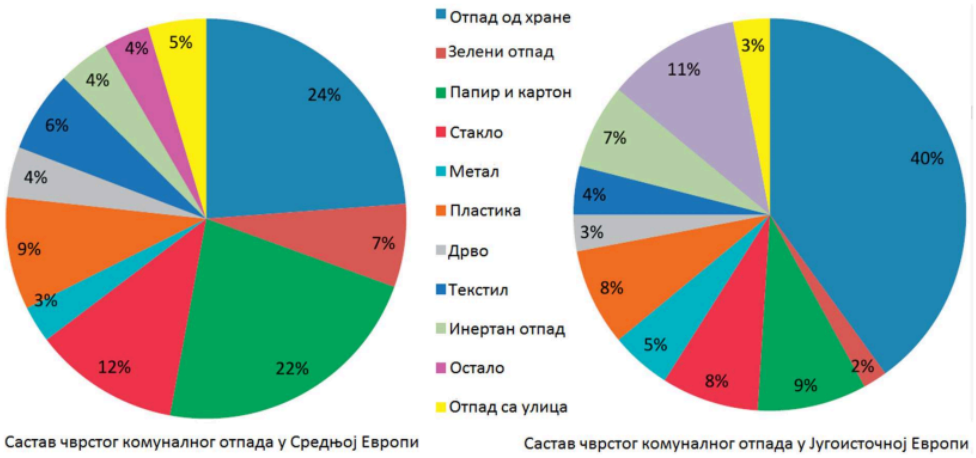
Према подацима и проценама Светске банке (2018) током 2016. године у свету је генерисан комунални отпад достигао количину од 2,01 милијарди тона. Сматра се да ће, услед убрзаног пораста броја становника и урбанизације, до 2050. године доћи до повећања укупне количине отпада за 73% у односу на 2020. годину и да ће достићи тежину од 3,88 милијарде тона на глобалном нивоу (World Bank, 2021). Узимајући ово у обзир, јасно је да је неопходно предузети мере које би смањиле последице утицаја оваквог развоја ситуације на животну средину. Ограничен капацитет животне средине и стварање велике количине отпада, а коначно и његово депоновање, доводе до нарушавања општег природног баланса и смањења могућности природе да се пречисти.

1.1.2. Састав чврстог комуналног отпада

Састав отпада је веома хетероген. Учешће различитих компонената у укупном саставу није исти за сва посматрана места и зависи од различитих фактора као што су култура живљења, социјалне специфичности и активности локалног становништва, климатских услови, годишњег доба, стандарда посматраног региона, величине града и других (Кубуровић & Јововић, 1995; Илић & Милетић, 1998; Ковачевић, 1995, World Bank, 2018). Поред овог, промене у животним навикама и мењањем технологије у индустрији током времена доводи до промена у тренду настајања појединих врста отпада. Као најзначајније врсте чврстог комуналног отпада, које прати и Организација за економску сарадњу и развој, издвајају се папир и картон, пластика, стакло, метали, текстил и органски материјал.

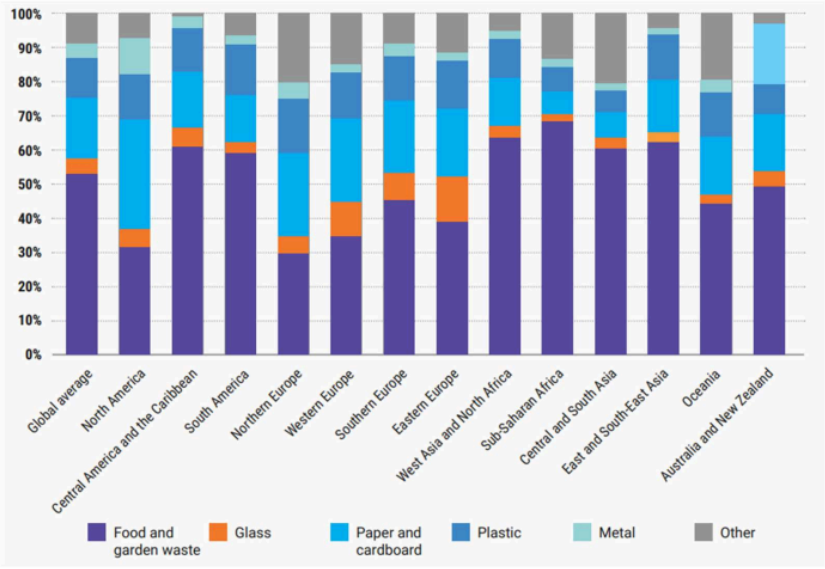
О саставу отпада у европским државама може се донети закључак на основи неколико спроведених студија. Према студији из 2015. године у домаћинствима у Данској највећи део отпада у укупној количини генерисаног отпада чини отпад органског порекла, са више од 42%, а значајан удео имају и папир и картон (15,8%) и стакло (12,6%), док је у домаћинствима најмање сакупљено метала и пластике, са вредностима нешто преко 2% (Edjabou, и други, 2015). Према Yildiz и сарадницима (2013) у европском делу Истанбула, на три трансфер станице, где се отпад привремено складишти, припрема и претовара, сакупљено је највише органског отпада, у просеку 54,45%, следи отпад од пластике, чији највећи део чине пластичне кесе са 10,21%, затим остали пластични отпад са 3,14% и PET флаше 1,19%. Такође, папир и картон имају значајан удео у укупном комуналном чврстом отпаду, 14,39% (Yildiz, и други, 2013). На поменуте три трансфер станице текстила је сакупљено 4,59%, стакла у просеку 3,08%, док метала тек нешто преко 1% (Yildiz, и други, 2013). Јонеску и сарадници (2013) су за две студије случаја састава чврстог комуналног отпада одабрали две регије које су представљале себи сличне регионе Средње и Југоисточне Европе, засноване на степену развоја система менаџмента чврстог комуналног отпада. Округ Дамбовита, који се налази у јужној Румунији, је представљао резултате Југоисточне Европе, што сматрају интересантним за истраживање као пример система менаџмента отпада држава које су међу последњим приступиле Европској унији. Развој средњеевропског модела студије случаја заснован је на моделу управљања отпадом у покрајини Трентино, у североисточној Италији. У овим областима живи око 600.000 становника, који годишње произведу око 300.000 тона чврстог комуналног отпада (Ionescu, и други, 2013). Разлике у саставу сакупљеног отпада приказане су на слици 3.

Из приказаног уочава се да у чврстом комуналном отпаду доминира биодеградибилни отпад, тј. отпад од хране са зеленим отпадом, а следе папир и картон, стакло, пластика, нешто мањи проценат текстила, метала, дрвета и друго.



Слика 3: Састав чврстог комуналног отпада у Средњој и Југоисточној Европи (108)

Према подацима (2024) Програма Уједињених нација за животну средину на светском нивоу јасно доминира биоотпад и отпад од хране, са уделом вишим од 50%, а следе папир и картон и пластика. Детаљнији подаци за свет и регионе света су приказани на слици 4 (UNEP, 2024).



Слика 4. Састав комуналног отпада у свету (171)

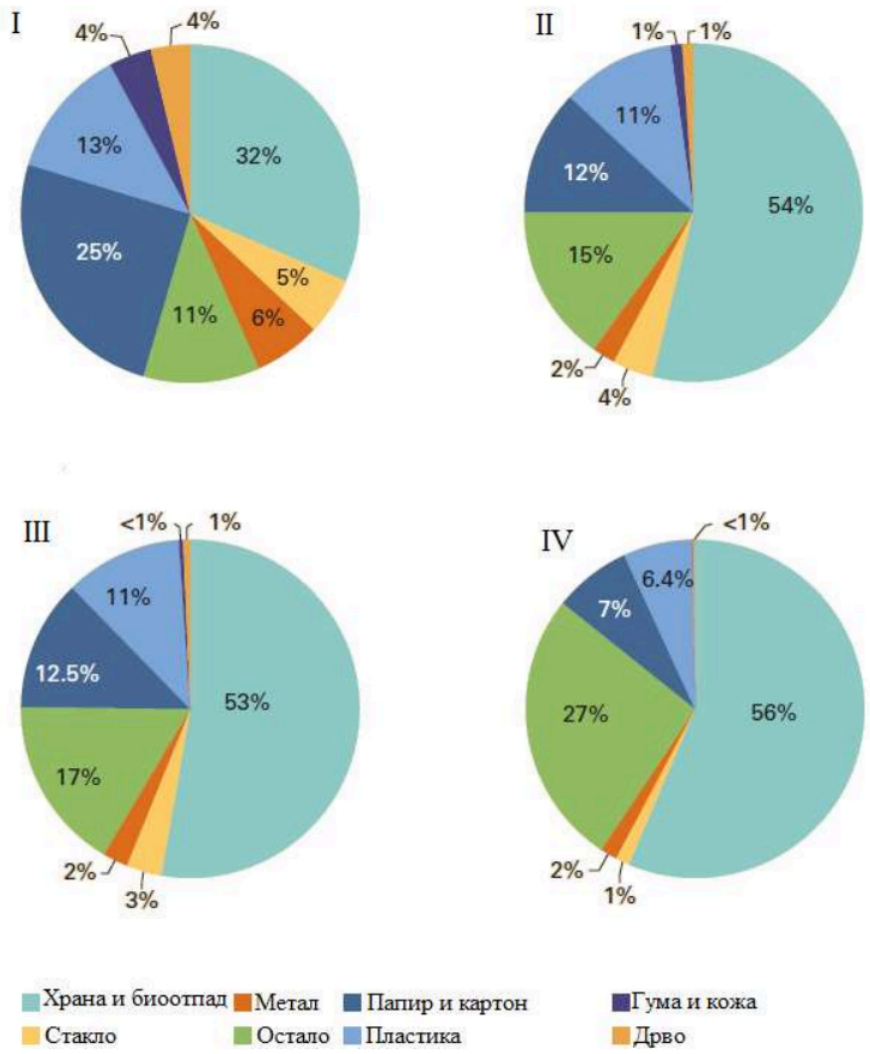
Истраживања која су спровела од стране Факултета техничких наука у Новом Саду 2009. и 2016. године указује да је морфолошки састав чврстог комуналног отпада у Републици Србији, као и Београду, приказани у табели 4, сличан као и у посматраним осталим европским земљама. Биоразградиви отпад има највећи удео у укупној количини комуналног отпада, следе картон и папир и пластика, док је најмањи удео метала и коже. Упоредним приказом састава отпада за 2009. и 2016. годину за Београд (табела 4) може се уочити тренд кретања састава за поједине врсте материјала. Уочава се да је у Београду дошло до повећање удела биоразградивог отпада, који сада чини више од половине укупног комуналног отпада. Са друге стране дошло до смањења удела папира и картона са 22,69% на 15,64%, као и смањења удела стакла, текстила, метала, коже и фиких елемената. Такође, смањен је и удео пластике у саставу чврстог комуналног отпада, међутим, интересантно је приметити да је дошло до повећања удела пластичних кеса за чак 25%. Како се у Београду од почетка 2020. године примењују посебни услови употребе пластичних кеса у трговинама, у складу са Одлуком о условима коришћења кеса за испоруку робе на месту продаје роба и услуга (2018), може се очекивати да количина отпада од пластичних кеса буде смањена.

Табела 4. Састав чврстог комуналног отпада у Србији и Београду

Састав отпада (%)				
	Србија	Београд (2009)	Београд (2016)	
Баштенски отпад	11,88	6,68	19,65	
Остали биоразградиви отпад	30,96	30,93	32,70	
Картон	7,52	8,97	7,30	
Картон са воском	0,98	1,74		
Картон са алуминијумом	0,90	1,20	1,20	Картон (тетрапак)
Папир	7,33	10,78	7,14	
			3,29	PET
Пластичне кесе	6,65	5,61	7,01	
Тврда пластика	4, 37	4,73	1,42	
Пластични амбалажни отпад	3,99	4,58	1,57	
Стакло	5,26	6,84	4,77	
Текстил	5,04	5,31	4,53	
Пелене	4,00	3,67	3,95	
Метал-алуминијумске конзерве	0,36	0,40	0,48	Алуминијум еферозни
Метал-амбалажни и остали	1,45	1,98	0,79	Метал (ферозни)
Кожа	0,60	0,61	0,24	
Фини елементи	8,70	5,98	3,96	

(Извор: 352, 353)

Интересантан податак показује истраживање Светске банке (2018), који указује на значајне промене састава отпада зависно од економског развоја државе (слика 5). Удео органске материје у укупној количини отпада опада са повећањем прихода. Удео папира и пластике расте са приходом, што се може објаснити већом количином ових материјала у добрима које користе потрошачи у богатијим земљама.



Слика 5. Састав отпада на глобалном нивоу према приходима држава (187)

* I Висок приход
II Виши-средњи приход
III Нижи-средњи приход
IV Низак приход

Светска банка (2019) класификује Републику Србију као државу са вишим–средњим приходом, што са мањим варијацијама и јесте у складу са приказаним подацима генерисања појединих компоненти отпада.

Одређивање састава и карактеристика комуналног отпада један је од основних параметара које је неопходно одредити, јер директно утиче на доношење одлука у

процесу управљања отпадом и одабиру најбољег начина за третирање отпада, могућности рециклаже и његово поновно искоришћавање.

1.1.3. Проблеми везани за отпад

Када је човек почео да ствара насеља, као последица начина живота јавило се нагомилавање отпада. У средњовековним градовима, бацање чврстих отпадака и отпадака од хране по улицама изазвало је намножавање глодара и инсеката, преносиоца зараза. Тек 19. век доноси значајан нови задатак јавних служби, сакупљање и одлагање отпада на хигијенски начин. (Илић & Милетић, 1998)

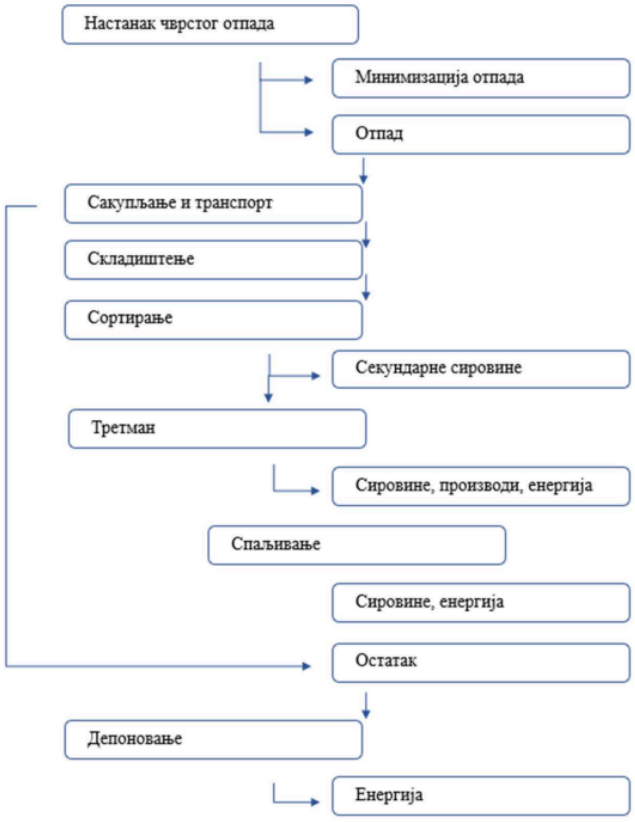
Савремени градови суочавају се са проблемом великог броја становника и самим тим генерисањем велике количине отпада, што негативно утиче на животну средину и комфор живота. Да би се постигао одређен квалитет живота неопходно је редовно чистити градове и одржавати их уређеним и у складу са санитарним нормама друштва. Неопходност регулисања одношења отпада уско је повезано са проблемима који настају услед нагомилавања отпада. Проблеми нагомилавања отпада се могу поделити у неколико група (Deffinika и др, 2021; Vaverkova 2019; Шкобаљ, 2008):

- Здравствено–еколошки проблеми – нагомилан отпад може бити полазиште разних епидемија. Болести које су промениле популацију Европе су болести које су изазване загађењем животне средине, загађењем извора воде или глодарима;
- Еколошки проблеми – нагомилавање и неадекватно одлагање доводи до загађивања атмосфере, хидросфере, земљишта, што води поремећају екосистема, а преко ланца исхране могуће је и угрожавања здравља популације локалне средине, а даље и људске популације;
- Количински проблеми – посебно обраћајући пажњу на запремину отпада, а смањујући доступност земљишта.
- Економски проблеми – елиминисање загађења, третман отпада или успостављање нових технологија које елиминишу загађење могу произвести значајне трошкове. Такође, уочено је да близина депоније смањује вредност оближњих грађевинских објеката.
- Друштвени проблеми – догађаји који изазивају незадовољство друштва или неке друштвене групе. Овакви догађаји се најчешће јављају при покушају одлагања отпада који може угрозити здравље људи који живе у близини и који могу имати друге импликације.

Можда најпознатији проблем услед неадекватног одлагања отпада јесте пример Напуља. Овај вишедеценијски проблем управљања отпадом узрокован је друштвеним стањем посматране области, а последице су осетили сви становници регије. У периодима највеће кризе улицама Напуља су остајале гомиле комуналног отпада које данима нису одношене. Осим измењеног визуелног идентитета градског амбијента, јавили су се и други проблеми, санитарно–еколошки и друштвени. Нагомилавање кућног отпада на улицама насеља у региону Кампанија довело је до повећања ризика по јавно здравље, што је условило и затварање школа (Senior & Mazza, 2004). Спроведене студије показале су виши ниво ризика од обољевања од тумора (Senior & Mazza, 2004), што је приметно и у повећаном ризику од истих болести и код кућних љубимаца (Marconato, и др, 2009). Уклањање велике количине отпада и њихово депоновање условиле су нове економско–политичке препирке, које су и биле узрок овог стања. На примеру Напуља јасно је да комплексност проблема управљања отпадом може утицати и оставити последице на више различитих нивоа друштва.

1.2. Управљање чврстим комуналним отпадом

У домаћој законској регулативи управљање отпада се дефинише као „спровођење прописаних мера за поступање са отпадом у оквиру сакупљања, транспорта, складиштења, третмана, односно поновног искоришћења и одлагања отпада, укључујући и надзор над тим активностима и бригу о постројењима за управљање отпадом после затварања и активности које предузима трговац и посредник“ (Закон о управљању отпадом, 2023). „Власник и/или други држалац отпада дужан је да предузме мере управљања отпадом у циљу спречавања или смањења настајања, поновну употребу и рециклажу отпада, раздвајање секундарних сировина и коришћење отпада као енергента, односно одлагање отпада“ (Закон о заштити животне средине, 2024). Будући да је пажња све више окренута заштити животне средине неопходно је да управљање буде еколошки безбедно. Управљање отпадом као вишеетапно решавање проблема комплексног систем, који се састоји из неколико подсистема, Илић и Милетић (1998) су приказали дијаграмом (слика 6).



Слика 6. Систем управљања чврстим отпадом (262)

Из приказаног дијаграма уочава се да систем управљања чврстим комуналним отпадом на самом почетку мора да крене како од свести људи тако и од производних процеса и технологија које би производиле мање отпада. Сакупљање, транспорт и складиштење су кораци који следе, док се као веома важан корак издваја сортирање

отпада према врсти материјала, чиме се одвајају секундарне сировине. Остали материјал се даље третира, добијају нове сировине и производи или се користи за добијање енергије. Коначно, материјал који није могуће више искористити се депонује. Оваквим интегралним начином управљања чврстим отпадом обезбеђује се смањење количине отпада, испраћен је комплетан процес од места његовог стварања, преко модификације, до коначног одлагања. „Интегрално управљање отпадом укључује бројне кључне елементе и партнере у процесу доношења одлука; коришћења разних опција управљања отпадом са локалним системом одрживог управљања где сваки корак у процесу управљања отпадом представља део целине“ (Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године, 2010).

Политика савременог друштва о максималном искоришћењу материјалних ресурса и смањењу генерисања отпада намеће одрживо управљање отпадом, као идеју се са отпадом поступа подстичући економске, социјалне и еколошке циљеве одрживог развоја (Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године, 2010). Ови принципи утврђени су и стратешким циљевима Програма управљања отпадом у Републици Србији за период 2022 – 2031. године.

Данас се као водећи принцип управљања ресурсима појавило размишљање о животном циклусу ресурса, што је за последицу имало брзе промене у политикама животне средине и већини секторских политика (EEA, 2010,a). Процена животног циклуса је најчешће коришћен алат за анализу технологије управљање отпадом и њено оптерећење животне средине (Miteva, 2019). Идејом продужења животног циклуса производа политика циркуларне економије све више добија на значају.

Циркуларна економија представља стратегију развоја која подразумева напредак и економски раст без повећања потрошње ресурса, док се у основи мењају индустријски системи, укорењени процеси производних ланаца, од дизајна производа до нових пословних и тржишних модела, као и потрошачке навике крајњих корисника (EC, 2014,b). Прелазак на циркуларну економију захтева промене не само у технологији већ и социјалне и организационе иновације, промене у финансијским методама и политикама (EC, 2014,a). Кључни циљеви ове стратегије су да се ресурси задрже у употреби што је дуже могуће, да се на крају животног циклуса врати у производни процес и тиме извуче максимум из њих (EEA, 2020), истовремено смањујући стварање отпада (Eurostat, 2019). Ово се најбоље постиже поновном употребом и поправком производа, а на крају животног циклуса и рециклирањем. На слици 7 представљене су основне фазе циркуларне економије. Када ресурс дође до краја свог животног циклуса он остаје у привреди, тј. враћа се у производни циклус; рециклира се, регенеришу се производи и сами материјали, чиме ресурс поново може профитабилно да се користи и тиме се доприноси стварању додатне вредности (EC, 2014,a; EEA, 2020). Систем циркуларне економије задржава додату вредност производа што је дуже могуће и тиме смањује могућност настајања отпада (EC, 2014,a), али и смањења екстракције нових примарних сировина (EEA, 2020). Током 2004. године стопа кружне употребе материјала (енгл. circular material use rate), удео секундарних материјала који замењују примарне (Еко-билтен, 2024), у Европској унији износила је у просеку само 8%, 2016. год. 12% (Eurostat, 2019), а током 2023. год. у ЕУ износила је 11,8% (EEA, 2024). Највише је забележено у Холандији где је преко 30% материјала поновно искоришћено (EEA, 2024). Ако се задржи овакав тренд Европској унији ће бити потребан век да достигне кружење материјала од 40% (Eurostat, 2019); циљ за 2030. годину је постављен

на 23% (EEA, 2024). Табела 5 приказује државе ЕУ са највишом стопом кружне употребе материјала. Највишу стопу 2016. године имала је Холандија, док су најнижу стопу имале Грчка, Румунија и Ирска са стопом мањом од 2 % (Eurostat, 2019). Холандија је имала највишу стопу и 2023. године (EEA, 2024). Процењује се да се повећањем ефикасности ресурса до 2030. године може смањити употреба материјала који улази у процесе за 17% до 24% (Meyer, 2012). Подаци за Србију показују да је стопа кружне употребе материјала на изразито ниском нивоу. За 2015. годину износила је 1,1%, 2022. год. 1,3%, а 2023. год. 1,1% (податак није коначан) (Еко-билтен, 2024).

Табела 5. Државе Европске уније које су 2023. и 2016. године имале највишу стопу кружења материјала (%) са упоредним приказом за 2010. годину

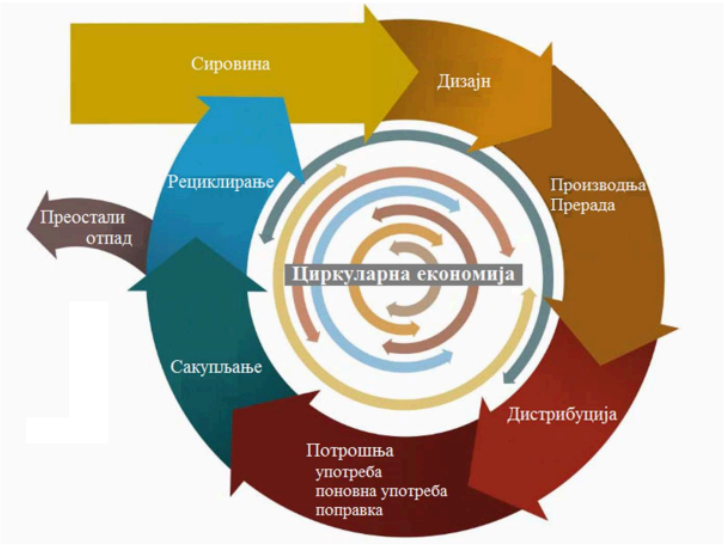
Држава	2010. год.	2016. год.	Државе са највишом стопом кружне употребе материјала 2023. год.
Холандија	25,4	29	Холандија
Француска	17,5	19,5	Италија
Белгија	12,6	18,9	Малта
Уједињено Краљевство*	15,6	17,2	Белгија
Италија	11,6	17,1	Естонија
Естонија	8,8	11,8	Француска
Немачка	11	11,4	Аустрија
Аустрија	6,3	10,6	Немачка
Пољска	10,8	10,2	Чешка
Словенија	5,9	8,5	Словачка

(Извор: 73, 88)

* Уједињено Краљевство од 2020. године није чланица ЕУ.

Када је циркуларна стопа појединих материјала у питању, уочавају се значајне разлике према категорији материјала. Током 2016. године стопа кружења металних руда износила је 25%, док су неметални материјали, укључујући стакло, имали стопу циркулације 15%. Биомаса, укључујући папир, дрво и друго, имала је стопу кружења 9%, а вредност за материјале из фосилне енергије, укључујући пластику и фосилна горива, износиле је само 2,5% (Eurostat, 2019). Сличне вредности стопе кружења су задржане и током 2023. године. Кружење металних руда током 2023. године износило је 24,7%, неметалних материјала 13,6%, биомасе 10,1%, а материјала из фосилне енергије 3,4% (EEA, 2024).

Стратегија развоја на начин који подразумева циркуларна економија може имати и еколошке и економске бенефите. Сматра се да овакав развој може довести до смањења емисије карбон–диоксида у Европској унији за 450 милиона тона до 2030. године, уштеду од 600 милијарди евра предузећима у ЕУ и отворити, према проценама, од 580.000 до око 700.000 нових радних места (EC, 2019,c; EC, 2018,b), а потрошачи добијају производе који дуже трају, могу се поново користити, поправити или рециклирати.



Слика 7. Поједностављени графички приказ основних фаза циркуларне економије (44)

Циркуларна економија има посебан значај за производе и материјале који се могу више пута користити и рециклирати. Можда највидљивији проблем животне средине за становништво је пораст генерисања пластичног отпада. Децембра 2015. год. усвојен је план за циркуларну економију Европске уније у којем је пластика препозната као приоритет, а 2017. год. потврђено је да је фокус на производњи и употреби пластике и циљу да се сва пластична амбалажа до 2030. године рециклира (EC, 2017). Пластична амбалажа је 2015. године чинила 39,9% од целокупно искоришћене пластике у Европи (EC, 2018,a). Европска комисија је 2018. године израдила стратегију за пластику у циркуларној економији.

Текстил као секундарна сировина која је лако доступна није довољно заступљена у процесима рециклаже, а сама гардероба је недовољно искоришћена. Текстил је рангиран као четврта најгора категорија према утицају на животну средину услед употребе примарних сировина и воде (после хране, становања и транспорта), друга је по употреби земљишта, а пета по емисији гасова стаклене баште (EEA, 2019,a). Европска комисија се у марту 2020. године у свом новом плану за циркуларну економију посебно осврнула на текстил и обавезала да ће предложити свеобухватну ЕУ Стратегију за текстил, која ће за циљ имати подстицање поновне употребе текстила, посебно узимајући у обзир модне марке са масовном производњом (engl. fast fashion brands) и покретање нових пословних модела (EC, 2020,a), што је 2022. године и учинила промовишући идеју одрживе моде под слоганом „fast fashion is out of fashion“ (EC, 2022). Стратегија обавезује произвођаче да преузму одговорност за своје производе чак и кад они постану отпад (EC, 2022).

Привреда која се заснива на циркуларној економији значајно смањује потрошњу примарних сировина и доприноси обнови биодиверзитета и природног капитала. Биоекономија даје значајан допринос одрживом развоју, укључује системе који се заснивају на биолошким ресурсима (биљкама, животињама, микроорганизмима и добијеним биомасама, као и органски отпад), а обухвата гране као што су пољопривреда, шумарство, рибарство, храну, биоенергију, индустрије које се заснивају на биоресурсима и друге (EC, 2018,c). Иако производња хране има значајан утицај на ресурсе, процењује се да у Европској унији 20% произведене хране пропадне (EC,

2020,a). Европска комисија је 2012. године у биоекономској стратегији за Европу, а касније и 2018. године у ажурираној верзији јасно изнела пет главних циљева нове одрживе економије:

1. Обезбеђивање сигурности хране и исхране – остао је кључан циљ;
2. Одрживо управљање природним ресурсима – услед растућег негативног утицаја на околину и губитка биодиверзитета постаје значајнији више него икад;
3. Смањивање зависности од необновљивих, неодрживих ресурса, било да се набављају у земљи или из иностранства – од пресудног је значаја за постизање енергетских и климатских циљева ЕУ;
4. Ублажавање и прилагођавање климатским променама – глобални изазов данашње генерације. Стратегија подржава развој производних система који имају мању емисију гасова стаклене баште;
5. Јачање европске конкурентности и отварање нових радних места – основни циљ биоекономије. Нови захтеви индустрије, пољопривреде, рибарства, шумарства и др. довешће до развоја нових специјализованих радних места.

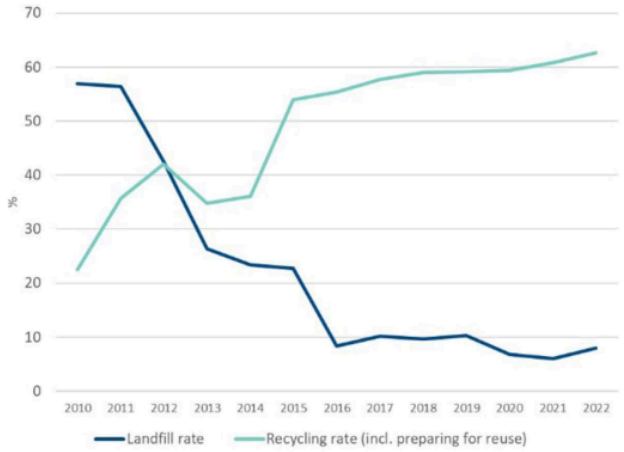
Прелазак на циркуларну економију биће системски и свепрожимајући, што ће захтевати усклађивање и сарадњу заинтересованих страна на свим нивоима Европске уније, националном, регионалном, локалном и међународном нивоу (EC, 2020,a).

Циркуларна економија је у ускоj вези са стратегијом „без отпада“ (енгл. zero waste), тежњи да се елиминише стварање отпада превенцијом стварања, поновним коришћењем производа и материјала и рециклирањем. Циљ је да се крајње депоновање отпада смањи на минимум и приближи уделу од 0%, као и да се избегне инсинерација отпада. Оваква стратегија се примењује у појединим деловима Европе. Тако је још 2007. године место у Тоскани, Капанори, постало прво насеље у Европи које се посветило имплементирању „zero waste“ стратегије (ZWE, 2014).

Први главни град Европе који се посветио циљу достизања „zero waste“ система управљања отпадом је Љубљана (ZWE, a), где је 2014. године и јавно најављено усвајање „zero waste“ стратегије (ZWE, 2019). Иако Словенија до 2001. године није ни имала националне циљеве за одвојено сакупљање отпада, након почетних корака које је направила општина Врхника (ZWE, b), Љубљана је брзо поставила високе циљеве. Пре окретању „zero waste“ стратегији ЈП „Snaga“ увело је сакупљање отпада одвојеног на извору. У периоду од 14 година, од 2004. до 2018. године, Љубљана је десетоструко повећала сакупљање примарно одвојеног отпада (ZWE, 2019) достигнувши 2018. године ниво од 68%, који је подвргнут рециклажи, компостирању или другом начину „опоравка“ (Snaga). Током 2020. године одвојеног отпада је сакупљено 69,5% (JP Voka Snaga). У поменутом периоду укупна количина отпада која је подвргнута третирању којим се материјал враћа у употребу порасла је са 16 kg по глави становника на 220 kg/st (ZWE, 2019). Упоредо подстицало се и смањење стварања отпада. Количина отпада коју су становници Љубљане произвели је испод европског просека (486 kg/st) и 2018. године износило је 359 kg/st, од чега 115 kg/st представља преостали отпад који није одвојен на извору настајања (ZWE, 2019). Успешност новог начина управљања отпадом вођен стратегијом „zero waste“ огледа се и у бројкама да је до 2018. године Љубљана смањила количине отпада које се шаљу на депонију за 95%, а укупна производња отпада се смањила за 15% (ZWE, 2019). Зато не чуди да је Љубљана 2016. године проглашена Зеленом престоницом Европе. Предност у односу на остала четири града кандидата финалиста Љубљана је стекла и тиме што једина није имала постројење за спаљивање, нити је планирала да гради, будући да се од тога одустало са побољшањем резултата новог начина управљања отпадом (ZWE, 2019).

Љубљана остаје посвећена свом циљу и тежи да до 2030. године повећа удео отпада издвојеног на извору на 80%. Такође, у складу са „zero waste“ стратегијом, обавезала се да смањи годишњу количину генерисаног отпада на 280kg/st, а следствено томе и да се смањи годишња укупна количина сакупљеног преосталог отпада на 50kg/st до 2030. год. (ZWE, 2019)

Резултати повећања степена рециклирања огледају се и на територији целе Словеније. Током 2022. године 63% сакупљеног кућног отпада је рециклирано или припремљено за поновну употребу, док се у протеклих десет година може уочити константан пад у стопи отпада који заврши на депонијама (слика 8). (EEA, 2025)



Слика 8. Удео депонованог и рециклираног комуналног отпада у Словенији у периоду од 2010. до 2022. године (76)

Примера добре праксе и тежње смањењу количине депонованог отпада има широм Европе. Својеврсну револуцију направила је Шведска, која толико ефикасно сортира, рециклира и третира отпад да само око 1% сакупљеног отпада шаље на депоније, што их приближава коначном циљу „zero wste“ стратегије (EC, 2014,c). Ова „шведска рециклажна револуција“ огледа се и у томе што су већ 2016. године премашени таргети владе за рециклажу стакла, пластике (без PET) и папира који су били предвиђени за 2020. годину (SI, 2019), што је приказано и у табели 6. Треба приметити да је количина отпада из домаћинства која се рециклира (око 2 милиона тона) приближно иста количини отпада која се спаљује и претвара у енергију (EC, 2014,c). Међутим и поред овог шведска постројења за спаљивање и претварање отпада у енергију имају довољно капацитета и да увозе отпад (EC, 2014,c).

Табела 6. Упоредни приказ удела рециклираног отпада 2016. године и таргета владе за 2020. годину у Шведској

Материјал	Рециклирано 2016. године (%)	Таргети за рециклирање за 2020. годину (%)
Стакло	93	70
Пластика	47	30
Папир	82	65

(Извор: 155)

Као одличан пример имплементације „zero waste“ стратегије може се навести и регион Венето, где фирма „Contarina“ управља отпадом у већем делу округа Тревизо, укључујући и сам град. Област, коју насељава више од 550.000 становника, рециклира више од 85% отпада, а преостали отпад је сведен на свега 53 kg/st/god. Овим Тревизо надмашује просечну стопу рециклирања у целом региону Венето, где она износи 65%. (ZWE, 2018)

Република Србија је кренула лаганим корацима ка новој економско–еколошкој стратегији. У новембру 2019. године, уз помоћ Немачке организација за међународну сарадњу одржана је конференција „Националне перспективе циркуларне економије – искористимо могућности!“. Обраћајући се, министар заштите животне средине, напоменуо је да су темељи развојних промена и измена законских прописа принципи циркуларне економије (МЗЖС, 2019).

Да би се регија посветила и достигла циљеве „zero waste“ стратегије, као кључни актери успеха показали су се политичка подршка, добро управљање и посвећеност сталном напретку и достизању нових циљева (ZWE, 2019). Иако стратегија развоја заснована на циркуларној економији и „zero waste“ принципима захтева нове вештине и знања, нове начине финансирања и више заинтересованих страна, одржива побољшања ефикасности ресурса јесу достижна и, поред чистије животне средине, могу донети значајне економске бенефите. Будући да цео свет тежи и посвећен је економском напретку, као и континуираном побољшању животних услова, постаје пресудно озбиљно бавити се управљањем отпадом, као и проблемом исцрпљености ограничених ресурса наше околине.

1.2.1. Третман чврстог комуналног отпада

Управљање чврстим отпадом је област која обухвата низ корака којима је циљ смањење и евентуално елиминисање отпада из животне средине. Први корак је свакако смањење настајања отпада, поновном употребом материјала или технологијама које користе мање материјала. Након сакупљања, транспорта и сортирања отпада, који је веома хетероген, следи третирање. Према Закону о управљању отпадом (2023) третман отпада укључује поновно искоришћење и одлагање, као и припрему за ове поступке. Из претходно сакупљеног отпада се одвајају компоненте које могу бити искоришћене као секундарне сировине које се враћају у процес обраде, да би се припремиле за своју првобитну употребу или употребиле у сличним процесима. Сировине које се не одвајају за рециклажу због немогућности даље обраде, улазе у другачији процес, као што је термичка или биолошка обрада отпада. За третман отпада доступне су различите опције, међутим, не постоји јединствена технологија која сама може да реши проблем управљања отпадом (Zaman, 2010).

У Србији се отпад користи и третира на више начина. Подаци Републичког завода за статистику за 2018. годину показују да је укупно 135.328 тона отпада коришћено као гориво за производњу енергије, док је током 2019. године приметан пад у количини отпада који се на овај начин третира (108.962 t), а пораст се уочава 2022. год (169.438). За посматране године (табела 7) уочава се тренд раста рециклираног отпада са максималном количином достигнутом 2022. године, 1.966.324 тона рециклираног отпада. Од 2014. до 2019. године примећује се општи тренд раста количине отпада који се користи за добијање нових искористивих сировина. Међутим, у питању је веома низак удео укупне количине отпада, будући да је 2019. године рециклирано свега 2,45% отпада, а за производњу енергије искоришћено је тек 0,16% отпада (слика 9). Највећи проценат отпада 97,39% (2019. година) је на неки начин одложен. Упоредни приказ удела врсте третмана отпада за 2014. и 2019. годину (слика

9) указује да се за 5 година ситуација у Србији није променила, тј. није остварен видљив напредак.

Табела 7. Количина третираног отпада према врстама третмана

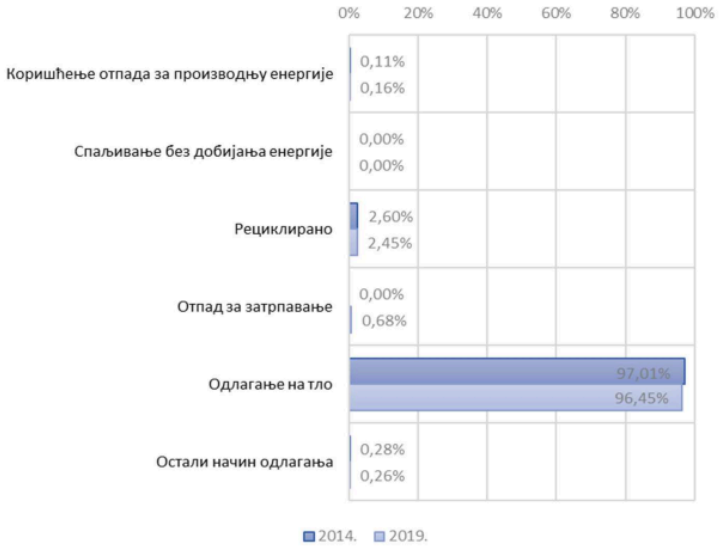
Врста третмана (количина – тона)	Коришћење отпада за производњу енергије	Спаљивање без добијања енергије	Рециклиран	Отпад за затрпавање	Одлагање на тло	Остали начин одлагања
2014	55.633	73	1.284.999	/	47.970.739	136.047
2015	54.997	15	1.169.288	/	49.507.931	83.036
2016	84.943	/	1.353.802	367.988	46.606.184	102.798
2017	92.926	3	1.333.897	324.677	48.583.839	120.246
2018	135.328	/	1.531.298	437.897	48.788.424	131.467
2019*	108.962 (103.766)	/	1.618.646 (1.732.869)	446.615	63.797.726 (63.889.621)	171.512
2020	109.774	/	1.818.143	593.775	55.534.915	129.416
2021	103.322	/	1.816.892	416.244	69.098.902	140.022
2022	169.438	/	1.966.324	459.246	173.545.864	205.342
2023+	211.181	/	1.826.691	173.903	178.467.892	235.160

(Извор: 316, 320, 322)
Није јасно зашто је количина отпада која се одлаже на тло драстично промењена у 2022. год.
*Допуњени подаци су 322.
+Подаци нису коначни.

1.2.1.1. Термички третман отпада

Термички третман отпада има дугу историју, а током друге половине 19. века појавиле су се пећи за инсинерацију, а које су уједно и користиле енергију добијену спаљивањем отпада (Илић & Милетић, 1998). Ради усклађивања са законодавством, а посебно ради смањења емисија у воду и ваздух, технологија постројења за инсинерацију је у протеклих 25 година претрпела брз технолошки развој (Neuwahl и др, 2019). Свакако је и данас најзаступљенији облик третирања и то управо спаљивање.

Домаћа законска регулатива препознаје термички третман отпада у виду инсинерације и ко-инсинерације. Инсинерација (спаљивање) је дефинисана као третман са основном улогом да, у стационарним или мобилним постројењима, термички обради отпад са или без добијања енергије, „…а који обухвата и пиролизу, гасификацију или плазма поступак, ако се супстанце које су резултат обраде накнадно спаљују“ (Закон о управљању отпадом, 2023). Ко-инсинерација (ко-спаљивање) је, за разлику од инсинерације, дефинисана као третман „чија је првенствена сврха производња енергије или производа и који користи отпад као основно или додатно гориво, укључујући третман путем оксидације, као и остале поступке термичког третмана отпада као што су пиролиза, гасификација или плазма поступак, ако се супстанце које су резултат обраде накнадно спаљују“ (Закон о управљању отпадом, 2023).



Слика 9: Упоредни приказ удела врста третмана отпада 2014. и 2019. године у Србији

1.2.1.1.1. Спаљивање

Процес спаљивања (инсинерације) одвија се тако што се у оксидационим условима отпадни материјал спаљује у горионицима на високим температурама, између 850° и 1100°C (Khan и др, 2022)

Инсинерација има своје позитивне и негативне стране. Једна од битнијих предности спаљивања јесте значајно смањење запремине сагоривог чврстог отпада. Запремина се смањује за око 90%, а за око 70% се може смањити првобитна тежина (Luo, и др, 2019). Овим се смањује и количина коначно депонованог материјала (EMEP/EEA, 2009), што је посебно осетно у условима где нема довољно земљишта погодног за одлагање. Предност инсинерације је и добијање енергије из отпада, стварање топлоте (Cudjoe & Acquah, 2021).

Димни гасови могу бити штетни. Оваквом оксидацијом запаљивог материјала у отпаду настају топлота, водена пара, азот, угљендиоксид и кисеоник (Williams, 2005), а зависно од састава отпада и услова под којим се сагоревање врши у садржају се могу наћи и угљенмоноксид (CO), хлороводоник (HCl), флуороводоник (HF), оксиди азота (NO_x), амонијак (NH_3), сумпордиоксид (SO_2), испарљива органска једињења (VOCs), полихлоровани бифенили (PCBs), диоксини и фурани (PCDD/F), једињења тешких метала: олова, живе, никла, кадмијума и друге супстанце (Neuwahl и др, 2019). Због оваквих карактеристика продуката постројења за спаљивање морају бити посебно пројектована, тако да вредности емисије буду у складу са законом прописаним вредностима. Емисија гасова и честица у атмосферу свакако представља једну од највећих претњи, посебно у градовима. Суспендоване честице имају изражен негативан утицај на здравље људи. Оне се преко респираторних органа уносе у организам па се самим тим непосредно и највише оштећују органи дисајног тракта, а посредним путем и други органи. Студије су показале да су загађења респирабилним честицама повезана са повећањем респираторних и кардиоваскуларних обољења и морталитета од истих

(Arden Pope III, и други, 2002), а као носиоци токсичних материја могу изазвати патолошке или физиолошке промене у организму (WHO, 2013). Посебно су опасне честице са дијаметром мањим од 2,5μm ($PM_{2,5}$) које при повећању концентрације од 10 $\mu g/m^3$ повећавају ризик од кардиоваскуларних обољења за 9%, а за 14% ризик од рака плућа (Jerrett, и други, 2005). Поред директног утицаја на здравље, једињења и честице из отпадних гасова могу утицати на свеопшти квалитет живота смањујући радијацију Сунца или пак негативно утичући на нпр. век трајања конструктивних елемената грађевинских конструкција, на убрзану корозију метала, материјала за завршне радове на екстеријерима објеката (Шкобаљ, 2010). Процењује се да је на глобалном нивоу аерозагађење у урбаним областима узрок милион прераних смртних исхода годишње (Goodsite & Hertel, 2012).

Строги савремени прописи довели су до тога да инсинератори у неким европским постројењима користе више од једног уређаја за пречишћавање гасова. За уклањање честица, а посебно финих честица, из димних гасова користе се уређаји различите ефикасности као што су разне врсте филтера, врећасти филтери, електростатички таложници, разни типови скрубера, док се за уклањање компоненти као што су диоксини, фурани, жива може користити нпр. активни угаљ, који адсорбује штетне материје на своју површину, а који се у даљем поступку одстрањује из отпадног гаса. Модификацијом самог процеса спаљивања и дизајном пећи може да се утиче на редукцију емитовања оксида азота. (National Research Council (US), 2000; Cloirec, 2012)

Укупан број инсинератора, као и просечан капацитет постројења за инсинерацију чврстог комуналног отпада за поједине државе Европе приказани су у табели 8. У Србији се спаљивање отпада који се користи за добијање енергије врши у цементарама (Михајловић, 2015), а како је РТС (2024) пренео, на депонији у Винчи је 2024. године почело са радом постројење које производи топлотну и електричну енергију спаљивањем отпада.

Табела 8. Географска дистрибуција постројења и просечан капацитет постројења за спаљивање чврстог комуналног отпада у појединим државама Европе

Држава	Просечан капацитет инсинератора чврстог комуналног отпада (килотона/год)	Укупан број инсинератора за спаљивање чврстог комуналног отпада
Холандија	488	13
Португалија	390	3
Шпанија	264	10
Немачка	256	89
Уједињено Краљевство	246	НП[1]
Финска	180	9
Аустрија	178	12
Италија	161	44
Белгија	141	16
Шведска	136	34[2]
Данска	114	29[3]
Француска	113	127
Швајцарска	110	29
Норвешка	60	15
Просек	193	

(Извор: 137)

1- НП - нема податка

2 - Укупно 54 инсинератора отпада раде у 34 инсталације.

3 - Укључује сва постројења за инсинерацију и ко-инсинерацију која третирају неопасан чврст отпад.

1.2.1.1.2. Пиролиза

Пиролиза је термичко разлагање органског дела отпада у средини која је без кисеоника или је сиромашна кисеоником. Разлагање органског материјала се одиграва у посебним реакторима, у одговарајућом условима уз помоћ доведене топлоте. За разлику од спаљивања који је егзотерман процес, пиролиза је изузетно ендотерман (Илић & Милетић, 1998; Khiari, Marias, Zagrouba & Vaxelaire, 2004). Постоји више типова реактора који се користе у пиролизи различите врсте отпада, као што су реактори са фиксним слојем, шаржни и полушаржни реактори, ротационе пећи, реактори са флуидизованим слојем, микроталасни реактори, али и нека иновативна решења као плазма и соларни реактори (Czajczynska и др, 2017). Према брзини загревања и других параметара процеса добро су изучене спора, брза и флеш пиролиза (Czajczynska и др, 2017; Косанић, 2015). Зависно од примењене технологије температуре се могу кретати око 400°C до око 800°C (Kan и др, 2016).

Главни продукти пиролизе су (Kan и др, 2016):

- Пиролитички гас, који је, зависно од органског садржаја материјала, углавном састављен од водоника, метана, угљенмоноксида и других гасова, а може се користити за рад постројења и локално тржиште;
- Течни продукти, пиролитичко уље, катран; ако би се користили као гориво, неопходно је да се уље и катран подвргну даљој обради;
- Чврсти производи, као што је пиролитички кокс.

Зависно од температуре и услова под којима се одвија пиролиза разликује се заступљеност продуката у укупној количини добијених производа. При нижим температурама настаје више катрана и угља, док више температуре утичу на већу продукцију гаса. На састав самих производа пиролизе утиче и састав првобитног отпада, услови под којима се одвија реакција, али и решење конструкције реактора. (Kan и др, 2016; Van Ree и др, 2001; Шкобаљ, 2008)

Процес пиролизе може имати значајну улогу и посебну пажњу треба обратити на врсте остатака и на њихову даљу употребу или третман, јер би могли постати извор секундарних сировина или се користити за производњу енергије и у самом третману отпада. Као пример се може узети пиролиза пластике, која је имала експлозиван развој прво у Немачкој, и Јапану, а затим и у САД-у (Шкобаљ, 2008). Поливинил хлорид (PVC) је један од најчешће коришћених полимера, а само током 2013. године у свету је употребљено око 39,3 милиона тона овог полимера (Ceresana, 2014). Очекује се да ће потражња до 2026. године да порасте на 56,2 милиона тона (Ceresana, 2019). Ово намеће брзо проналажење решења на који начин третирати овај производ да би могао да се користи као секундарна сировина. Иако би се изучавајући пиролизу PVC-а могло закључити да је овај процес изузетно штетан за животну средину и људе, будући да се процесом ослобађа хлороводоник (HCl), који услед корозивних карактеристика може оштетити чак и инсталације постројења за пиролизу (Czajczynska и др, 2017), истраживачи налазе могућности ко-пиролизе са нпр. биомасом како би смањили емисију HCl (Yu, Sun, Ma, Qiao, & Yao, 2016). Будући да се у домаћинствима отпад често не одваја, пиролиза комуналног отпада може бити значајна због мешовитог састава. За пример се може узети амбалажа Тетра-пак, коју би потрошач који жели да раздваја отпад имао проблем да класификује, а као мешовити био би коначно послат на депонију. Овај вишеслојни картон са премазом се углавном састоји од око 70% папира, полиетилена ниске густине (око 25%) и око 5% чини алуминијумска фолија (Wu & Chang, 2001). Третирање оваквог отпада пиролизом може бити добро решење, будући

да је метода погодна како за третман папира, тако и пластике, а алуминијум се из чврстих остатака лако може уклонити, чак без видљивих структурних и хемијских оштећења на температурама до 750°C (Czajczynska и др, 2017).

Предности пиролизе су многобројне. Чистија производња енергије у односу на инсинерацију, мање се генеришу оксиди азота (NO_x) и сумпор-диоксид (SO_2), а очекиван је и бољи квалитет чврстих остатака (Saffarzadeh и др, 2006). Овим процесом се може избећи проблем загађивања диоксином и фураном (Conesa и др, 2009) будући да се одвија у анаеробним условима. Такође, представља ефикасан начин за остваривање нешкодљивости и искоришћења ресурса, а уз високу ефикасност претварања енергије, ниску оперативну цену и високи капацитет прераде (Hwang и др, 2012; Zhou и др, 2013). Не смеју се заборавити ни недостаци, трошкови припремања отпада и неопходно пречишћавање насталих гасова и отпадних вода, што повећава цену процеса пиролизе. Ниже температуре пиролитичког процеса доводе до изостанка тешких метала у пиролитичком гасу и лакшем достизању законски одређених граничних вредности за поједина једињења, међутим, они остају заробљени у чврстом остатку (Menedez и др, 2002).

Чајчинска (Czajczynska) и сар. (2017) сматрају да би традиционалне и застареле методе управљања отпадом као што су депоновање, спаљивање и компостирање требало заменити модерним, ефикасним и једноставним решењима као што је пиролиза. За пиролизу чврстог комуналног отпад најпогоднije су ротационе пећи које обезбеђују довољан пренос топлоте са релативно ниском потрошњом енергије.

Како се пиролизом добија више искористивих продуката (нпр. гас, уље, кокс), него код спаљивања (топлота), стављањем у промет ових производа могу да се надокнаде трошкови процеса и пречишћавања добијених производа, чиме пиролиза добија на економској одрживости. Неки од проблема који се могу јавити су још увек мала заступљеност ове технологије (Dong и др, 2019), недостатак добро развијеног тржишта за добијене производе (Samolada & Zabaniotou, 2014), као и ограниченост процеса на органски део отпада. Како пиролиза представља новију, чистију технологију, мање оптерећује животну средину, неопходно је радити на даљем развоју технологије и тржишта за продукте, како би се комерцијализовала и тиме смањила цена процеса.

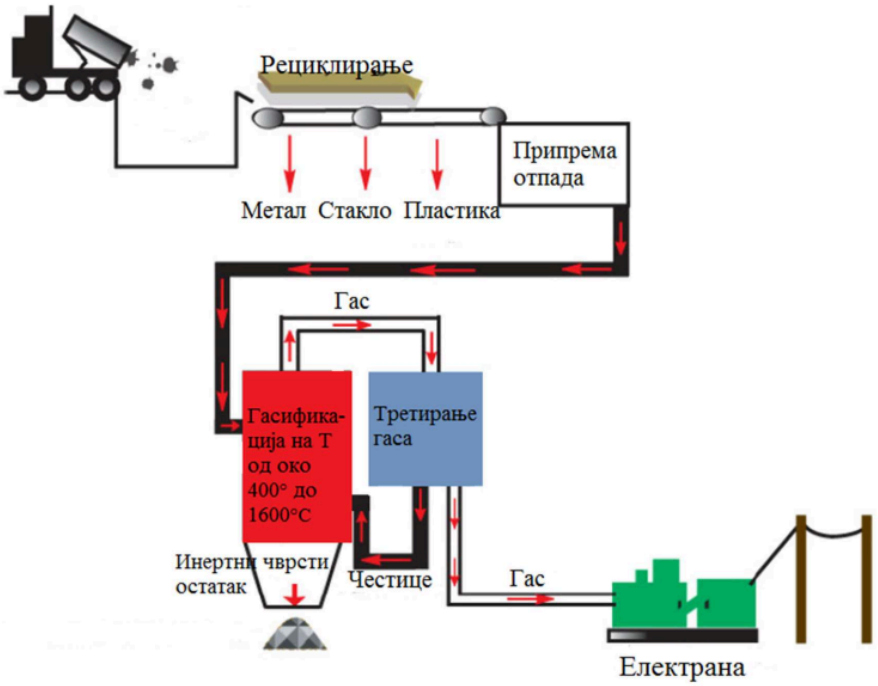
1.2.1.1.3. Гасификација

Гасификација је врста напредне конверзије када се врши превођење органског дела отпада у гасовито стање. Процес се своди на загревање припремљеног отпада, одређених физичких и хемијских карактеристика, који садржи угљеник, а у присуству недовољно ваздуха, водене паре, кисеоника или смеше истих, на контролисаном притиску и температурама углавном вишим од 800°C ради добијања горивих гасова (Ристић, 2000; Шкобаљ, 2008; Zafar, 2009). Процес припреме отпада обухвата сортирање, дробљење, млевење, мешање, сушење и др, а ради лакшег руковања, транспорта и складиштења (Zafar, 2009). Процес је у великој мери егзотерман, али је непходно довести одређену количину топлоте да би се иницирала и одржала гасификација (Zafar, 2009). У самом процесу настаје смеша гасова од угљен–моноксида (CO), водоника (H_2), угљен–диоксида (CO_2), метана (CH_4) (DEFRA & DECC, 2013) и одређене количине катрана, који се одлаже на депоније (Ристић, 2000).

Добијена смеша гасова користити за производњу топлоте и електричне енергије, а могуће је смешу и унапредити у чист гас – сингас, који може да послужи за добијање биометана (DEFRA & DECC, 2013). Постројења за производњу енергије из отпада у којима се обавља гасификација су електране које као извор енергије користе чврсти комунални отпад. Производ се може продати индустријским купцима или употребити

за погон турбина за производњу електричне енергије на лицу места (слика 10) (Zafar, 2009). Пиролиза и гасификација су еколошки прихватљивије методе третмана отпада него инсинерација, будући да се утрошена енергија ефикасније надокнађује (Zaman, 2010). Енергија добијена из чврстог отпада има неколико предности, као што су (Zafar, 2009):

- Значајно смањење укупне количине отпада, зависно од састава отпада и примењене технологије,
- Смањење загађења животне средине, побољшан квалитет остатака отпада,
- Опадање потражње за земљиштем ради одлагања отпада,
- Смањење трошкова превоза, отпад није неопходно одвозити далеко на одлагање,
- Побољшана комерцијална одрживост самог одлагања отпада услед продаје енергије/производа.



Слика 10: Шематски приказ гасификације чврстог комуналног отпада и коришћење гаса за потребе електране (197)

Предности гасификације се првенствено огледају у мањем загађивању животне средине. Будући да се процес одвија у редукованим оксидационим условима смањено је формирање диоксина, као и оксида сумпора и оксида азота, што за последицу има једноставније и јефтиније пречишћавање гасова. Коначно, гасови се могу користити за стварање електричне енергије на ефикаснији начин од конвенционалних парних котлова. Еколошка опасност лежи у стварању катрана, тешких метала, халогена и алкалних једињења, који могу створити и оперативне проблеме. Кључ за постизање комерцијално одрживог и чистог стварања нове енергије од гасификације чврстог комуналног отпада биће превазилажење проблема повезаних са поменутим загађивачима. (Zafar, 2009)

1.2.1.2. Биолошки третман отпада

Третман отпада који највише имитира природне процесе јесте биолошки третман отпада. Овакав облик третирања представља разградњу биоразградивог органског дела отпада, а како би се добиле корисне компоненте за кондиционирање земљишта, компост, и енергија, метан (Закон о управљању отпадом, 2023). Према законској регулативи ови третмани нарочито обухватају процесе аеробног компостирања и анаеробну дигестију, која се обавља у реактору или биореактору на депонијама.

Главну улогу у разлагању отпада и претварање истог у неки нуспродукт ћелијског метаболизма имају микроорганизми, најчешће бактерије (Grady и др, 2011). За обављање биолошког третмана неопходно је обезбедити одређене услове околине као што су одређена температура, садржај влаге, pH вредност и одсуство токсичних супстанци. Неопходни услови помажу развоју микроорганизама и метаболисању чврстог отпада.

Процес биолошког третмана отпада обухвата неколико фаза. У почетној фази се чврсти отпаци сортирањем, издвајањем, а након што се органске материје одвоје од преосталог дела чврстог комуналног отпада, уситњавањем и додавањем воде и хранљивих састојака, припремају за главни део процеса, тј. за разграђивање (Nges & Bjornsson, 2012). Разлагање се врши у одређеним условима уз или без присуства ваздуха, са адекватним мешањем масе (Takata и др, 2013). Последња фаза процеса обухвата припрему производа за пласман, складиштење и транспорт.

Биолошки третман отпада има посебну улогу у смањењу одлагања биоразградивог отпада на депоније и редукцији гасова са ефектом „стаклене баште“ (Закон о управљању отпадом, 2023). Овакав вид третирања отпада привлачи посебну пажњу, јер разне врсте микроорганизама имају способност да органске материје, својим метаболизмом, преведу у не само безопасне већ и корисне продукте.

1.2.1.2.1. Компостирање

Компостирање се може поредити са природном деградацијом органске супстанце, која је почела са појавом првих биљака. Први писани документи римске државе о компостирању и употреби компоста за унапређење плодности земљишта датирају од пре 2000 година (Илић & Милетић, 1998). То је контролисани биооксидациони процес који обухвата хетерогену органску материју у чврстом стању. Одиграва се под утицајем микроорганизама, а има циљ стварање компоста (Закон о управљању отпадом, 2023).

Процесом компостирања ослобађа се кисеоник (O_2) и ствара угљен–диоксид (CO_2), вода и стабилизоване органске материје (Ayilara и др, 2020). Компостирање може бити одлична опција, јер може смањити запремину чврстог комуналног отпада који захтева одлагање за 40–50%, при том разграђујући велики број опасних материја и уништавајући патогене (Singh и др, 2010). Главни продукт компостирања је хумус, минерализовани хранљиви састојци који су погодни за исхрану биљака, а не утичу штетно на околину..

Као проблем самог процеса може се јавити одабир локације, која не би требало да буде у близини стамбених зграда будући да се при неадекватном раду постројења могу јавити непријатни мириси, цурење и биоаеросоле (Border, 2003).

Иако се компостирању посвећује све више пажње, степен развијености процеса варира од земље до земље. Тако су поједине државе Европе почетком 21. века

третирале и више од 50% органског отпада компостирањем, као што су Холандија, Данска, Аустрија, док Грчка, Ирска, Португалија и Шпанија уопште нису обрађивале биоразградиви отпад на овај начин (Border, 2003). Посматрањем држава чланица ЕУ од 1995. до 2018. год. уочава се константан пораст третирања отпада компостирањем, са благим падом у периоду од 2009. до 2011. год. Средином последње декаде 20. века у Европској унији се компостирало 29 kg/st органског отпада, а у 2018. год. на овај начин је третирано 83 kg/st (EC, 2019,b), што чини пораст од 286%. Док се за исто период депоновање отпадног материјала смањило за скоро три пута (EC, 2019,b).

1.2.1.2.2. Анаеробна дигестија

Анаеробна дигестија је процес који је најсличнији процесима који се одвијају у мочварама или сличним воденим телима, а представља разлагање органског дела чврстог отпада у одсуству кисеоника до биогаса, тј. гасова са метаном.

Током историје интересовање за производњу биогаса варирало је везано за енергетске кризе и заинтересованости за енергетске изворе. Прво постројење биогаса стављено је у погон 50-их година у Бомбају, Индија (Meynell, 1976). Интересовање истраживача и индустрије за биогас нагло је порасло током седамдесетих и у првој половини осамдесетих година 20. века, а онда опет опало због недостатка конкурентности у односу на постројења заснована на јефтином лож уљу (Шкобаљ, 2008). Нови фокус на биогас појавио се са повећањем цене енергената и повећањем количине органског отпада, као и ширењем еколошке свести, тако се оваква постројења могу наћи у државама где је политика владе усмерена на обновљиве изворе енергије.

Крајњи производи анаеробне дигестије су биогас (60–70%) и органски остатак богат азотом (Стојановић, Живковић, & Манчић, 2017). Биогас се углавном састоји од око 60% метана, од чега зависе и његове особине као горива, 35% угљен–диоксида и 5% смеше водоника, азота, амонијака, сумпорводоника (Calbry-Muzyka и др, 2022; Шкобаљ, 2008). Остатак материјала се даље третира и настаје коначан продукт сличан компосту, биохумус (EPA, 2024).

Еколошке предности огледају се у новонасталим производима који су очишћени од патогених микроорганизама, а сама употреба биогаса не доводи до новог повећања садржаја угљен–диоксида у ваздуху, такође, смањује се емисија непријатних мириса. Недостаци анаеробне дигестије јесу значајни издаци за инфраструктурне захтеве, неопходност контроле гасова који настају током процеса, неопходно одржавање одређене температуре у реактору, такође, економски су исплативија велика постројења, а посебно се као проблем јавља и то да одређене органске материје тешко ферментирају. (Christensen, 2010; Шкобаљ, 2008)

1.2.1.3. Рециклирање чврстог комуналног отпада

Рециклажа представља поновну употребу појединих сировина, тј. технолошки процес којим се корисни отпад враћа у процес производње. Премда је појам рециклаже релативно нов, сама идеја поновне употребе отпада има дугу традицију. Истраживање Vaquero et al. (2012) указује да су људи још у горњем палеолиту у неком виду рециклирали своја оруђа. Истраживачи рециклирање сматрају значајном компонентом технолошког понашања касног горњег палеолита истраживаног налазишта Moli del Salt у североисточној Шпанији. Овакво понашање присутно је и на другим налазиштима и сматра се да није увек било узроковано недостатком материјала, већ је представљало смислену акцију и указује на висок ниво когнитивне сложености (Venditti, и др, 2019).

Закон о управљању отпадом (2023) рециклажу дефинише као операцију којом се одбачени производи или материјали третирају како би се поново користили за првобитну или неку другу намену, изузимајући коришћење у енергетске сврхе и прераду којим се добијају материјали који би се користили као гориво или за прекривање депонија. Чврст комунални отпад је сачињен од материјала који могу послужити као секундарна сировина и тиме је погодан за рециклажу. Домаћа законска регулатива дефинише секундарне сировине као „отпад који се може користити за рециклажу ради добијања сировине за производњу истог или другог производа“ (Закон о управљању отпадом, 2023, члан 3). Корисне компоненте отпада које се најчешће користе као секундарне сировине су папир и картон, метал, стакло, пластика и други.

Да би отпадни материјал добио статус искористиве секундарне сировине, неопходно је да се материјал одвоји од некорисних компоненти. Посебан значај у поступку рециклирања има класификација материјала. На самом почетку јавља се проблем везан за прикупљање отпада будући да је чврст комунални отпад веома разноврстан. У следећем кораку материјали се раздвајају. Постројења за централизовану сепарација комуналног отпада се састоји од неколико комора са различитим функцијама. Након технолошког процеса обраде добијени материјал се пласира на тржиште, транспортује.

Процесом рециклаже смањује се антропогени утицај на животну средину. Позитивни ефекти рециклаже на друштво су многобројни, а могу се поделити на економске и еколошке. Предности рециклаже (Lamma, 2021; Илић & Милетић, 1998; Шкобаљ, 2008):

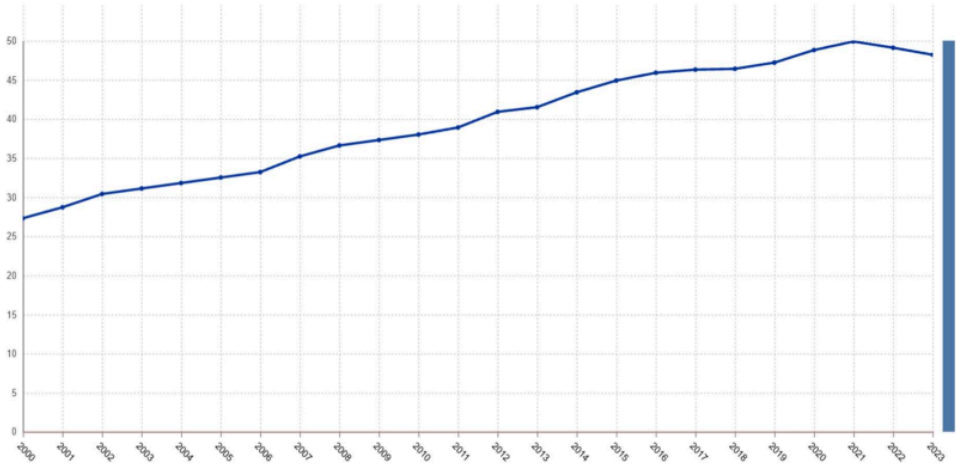
- Значајно смањени трошкови производње појединих сировина, посебно услед високе цене основне сировине, што може бити последица удаљености самог извора или дефицитарност сировине. Такође, рециклирањем се прескаче део технолошких процеса добијања метала из руда, смањујући тиме и загађивање околине;
- Смањује се трошак уклањања отпада, посебно за отпад који има високу цену уклањања и уништавања, а везано за поштовање прописа;
- Значајан еколошки допринос се огледа у смањењу депонованог отпада, што продужава век трајања депонија, смањује губитак земљишта услед изградња нових, чувају станишта, а смањује се и загађивање из депонија (нпр. редуковане емисије метана);
- Будући да се смањује и количина отпада која се спаљује, смањује се емисија гасова стаклене баште, честица и загађивање атмосфере;
- Чувају се природни ресурси, као што су вода, минерали, дрво (чиме се нпр. спречава смањење апсорпције угљен–диоксида из атмосфере).

Никако се не могу занемарити недостаци; негативне стране се посебно огледају у финансијским издацима овог техничко–технолошког процеса. У недостатке се могу убројити (EEA, 2024, b; Илић & Милетић, 1998; Шкобаљ, 2008):

- Неопходно улагање у инфраструктуру, док је исплативост рециклирања свих компоненти отпада са комплетним технолошким линијама приметна тек у великим системима, што га чини погодним само за велике градове;
- Иако позитивном економском ефекту драстично доприноси сепарација отпада на самом извору стварања, у домаћинствима, школама, предузећима, улици, оваква организација је сложена и у многоме зависи од људског фактора;

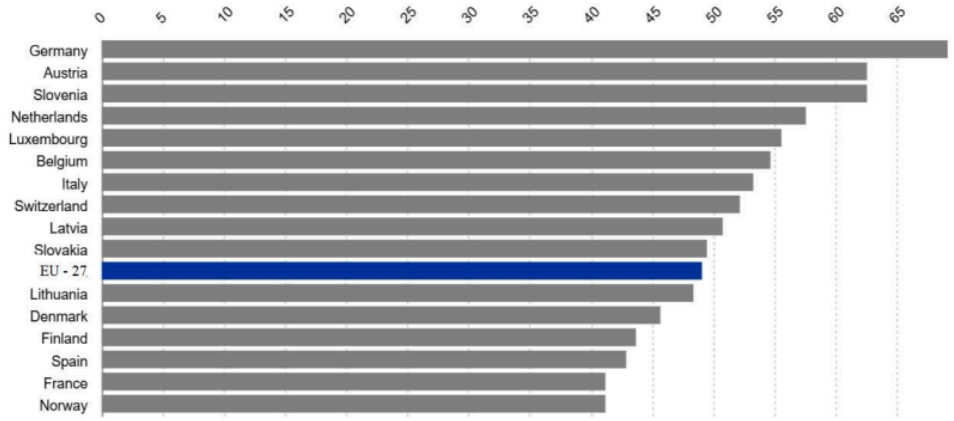
- Проблематична санитарна ситуација на местима ручног (секундарног) одвајања корисних компоненти;
- Промењив квалитет прикупљених секундарних сировина, што негативно утиче на пласман добијеног производа на тржиште;
- Са гледишта употребе енергије и додатних ресурса, вишекратна употреба производа би била боља опција од саме рециклаже.

Напретком рециклажних технологија омогућена је ефикаснија и обухватнија прерада комуналног отпада. У протеклих неколико декада стопа рециклаже у државама Европске уније има тренд раста (Слика 11) (Eurostat, 2025,a). Количина укупно рециклираног отпада на нивоу држава чланица Европске уније, укључујући рециклирање материјала и компостирање органског отпада, расте просечном годишњом стопом од 5% (Eurostat, 2019).



Слика 11: Удео рециклирања комуналног отпада за период 2000-2023. год. у ЕУ (90)

У државама Европске уније 2022. године је рециклирано 49,1% комуналног отпада (Eurostat, 2025,a). Међу државама Европе могу се приметити значајне разлике, док неке државе имају висок тренд и развијену рециклажу (Немачка, Аустрија, Словенија) (Слика 12), код других је тај проценат минималан (Македонија, Босна и Херцеговина, Црна Гора) (Eurostat, 2025). Према подацима Eurostat-а (2019) Србија је 2016. год. рециклирала тек 2,8% сакупљеног отпада, док подаци за 2022. годину, након промене методологије, указују на вишу стопу рециклирања (17,6%) (Eurostat, 2025,a).



Слика 12: Удео рециклирања комуналног отпада у неким државама Европе у 2022. (90)

Рециклирање амбалажног отпада је посебно значајно, јер има висок удео у укупној количини чврстог комуналног отпада. Директивом 852/2018 Европске уније (2018) предвиђено је да државе чланице до краја 2025. године достигну одређене циљеве рециклирања специфичних материјала амбалажног отпада и повећање таргета за 2030. годину, што је приказано у табели 9. Циљ је до краја 2030. године достигнути стопу рециклирања најмање 70% тежине целокупног амбалажног отпада (Directive 852, 2018). Будући да је политика Србије окренута у правцу приступања Европској унији и да је током преговора 2014. године прихватила правне тековине Европске уније о заштити животне средине (Screening report Serbia, Chapter 27 - Environment, 2016), циљеви прописани од стране ЕУ представљају обавезу и за Србију да би остварила чланство у заједници.

Табела 9. Циљеви рециклирања специфичних материјала амбалажног отпада до краја 2025. и 2030. године у Европској унији

Материјал из амбалажног отпада	Крај 2025. године (%)	Крај 2030. године (%)
Пластика	50	55
Дрво	25	30
Обојени метали	70	80
Алуминијум	50	60
Стакло	70	75
Папир и картон	75	85

(Извор: 39)

У рециклажној индустрији могу се јавити одређени проблеми. Већ је поменуто да је у већим системима рециклажа исплативија, јер је неопходно обезбедити довољно извора сировина за обраду. Такође, састав специфичног материјала доста варира, а квалитет је неопходан да би се постигла економичност процеса. Као последња ставка мора се узети у обзир и расположивост тржишта да би роба могла да се пласира.

1.2.2. Одлагање чврстог комуналног отпада на депоније

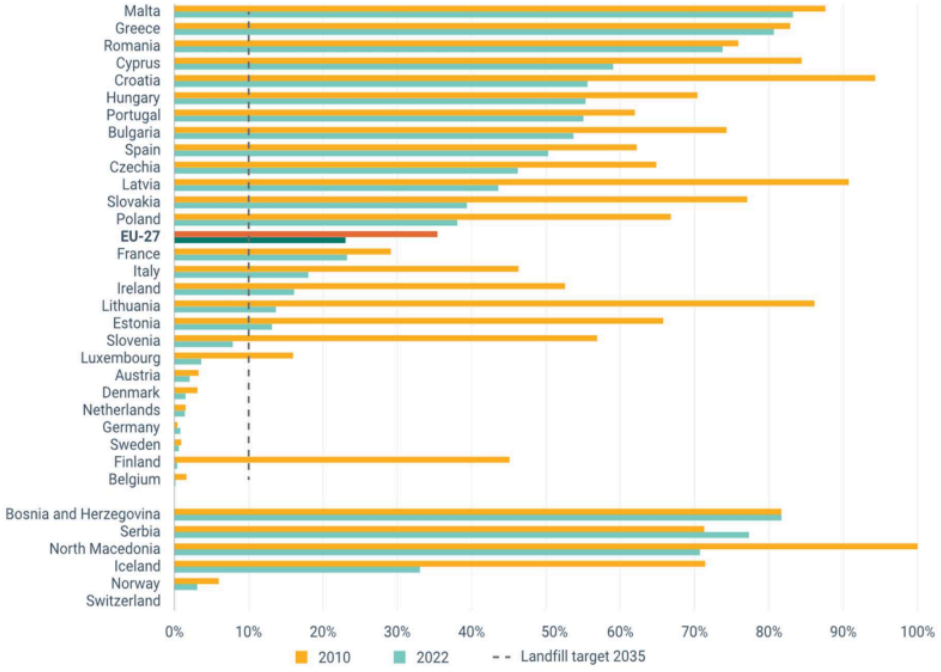
Појава настанка чврстог отпада, као и проблем његовог уклањања постоји од најранијег периода људског друштва. Дуго се овај проблем посматрао са становишта где би отпад могао да буде одлаган, а не на који начин и како.

Нове депоније пројектоване су да редукују утицај разлагања депонованог отпада у дужем временском периоду. Пројектом се предвиђају мере којима се спречава аерозагађење, загађивање вода и земљишта и које обезбеђују организовано управљање процедним водама и издвојеним гасовима (Уредба о одлагању отпада на депоније, 2010). Према домаћој законској регулативи препознато је више типова места за диспозицију отпада (Закон о управљању отпадом, 2023):

- Депонија – простор на површини или испод површине земље за санитарно одлагање отпада;
- Дивља депонија – јавна површина. која не испуњава прописане услове, на којој се неконтролисано одложе отпад;
- Несанитарна депонија, сметлиште – место где се одлаже отпад у полуконтролисаним условима, којим управља јавно комунално предузеће и има одређену инфраструктуру, као што су ограда, капија, булдожер, али тело депоније није изграђено у складу са прописом (нема водонепропусни слој, дренажни систем за одвођење отпадних вода и друго).

Будући да је комунални отпад веома хетероген и садржи органске и неорганске супстанце у самој маси отпада на депонији се одвија низ процеса и трансформација. Тако се специфични материјали чврстог отпада подвргавају различитим процесима. Процеси могу бити механички, иницијална компресија је сабијање отпада помоћу депонијске опреме, а касније се одвија слегање депонованог материјала кроз дужи временски период и биохемијски, када долази до аеробног или анаеробног разлагања органске компоненте микроорганизмима на једноставнија једињења (крајњи производи су угљен–диоксид, метан и вода). Метали, стакло, пластика, гума, текстил остају као инертни материјали и елементи или релативно инертна једињења. Ипак природни текстил се у одређеним облицима може излучити у подземне воде, а природна гума се споро разлаже. С друге стране кожа, дрво, папир могу излучити у подземне воде одређена једињења. Трансформација депонованог отпада може се пратити на основу састава гасова и процедне воде. (Abdel-Shafy и др, 2024; Pan и др, 2023; Шкобаљ, 2008)

У свету се већи део отпада одлаже на депоније. Само 9% отпада од пластике се рециклира, 22% се не третира на адекватан начин, 19% се спаљује, док 49% заврши на депонијама (Ritchie, 2023). У државама Европе постоји тренд смањивања одлагања отпада на депонијама. Повећање стопе рециклирања и спаљивања, посебно са добијањем енергије, доводе до тога да се све мање отпада коначно депонује. Од 2010. до 2022. године у Европи се повећала стопа депонованог отпада са 17% на 23% (EEA, 2024, a). У истом периоду значајан помак је направљен у смањењу депоновања комуналног и сличног отпада, које је смањено за 61% (EEA, 2024, a).



Слика 13: Упоредни приказ депонованог комуналног отпада у појединим државама Европе 2010. и 2022. године (74)

Из графикона (слика 13) се види да је до раста депоновања комуналног отпада дошло једино у Србији и Немачкој, која депонује мали проценат отпада.

Подаци Републичког завода за статистику показују да се у Србији одлаже око 49 милиона тона отпада годишње (РЗС, 2019, а). Поред настајања све веће количине отпада, проблеми управљања отпадом настају због одлагања комуналног отпада на неконтролисане и дивље депоније, али и због недостатка санитарних депонија изграђених по међународним стандардима, такође и чињенице да се принципи хијерархије у менаџменту отпада не поштују (Josimović & Marić, 2012).

У Србији постоје 164 депоније, од којих се на 163 одлаже комунални отпад (АЗЖС, 2020,а) и, према непотпуним подацима Агенције за заштиту животне средине, 2170 дивљих депонија (АЗЖС, 2019), док Антанасијевић и сарадници (2013) наводе чак око 4400 дивљих депонија. Иако је Националном стратегијом управљања отпадом (2003) предвиђена изградња 29 регионалних санитарних депонија и рекултивација постојећих сметлишта, од 2002. до 2018. године изграђено је тек 11 (АЗЖС, 2019), а укупно 12 санитарних депонија (Програм управљања отпадом у Републици Србији за период 2022 – 2031. године). На алармантност ситуације указује и да око 70% активних депонија – сметлишта нису планским документима предвиђене за изградњу, немају дозволе, а нису урађене ни студије о процени утицаја на животну средину (АЗЖС, 2019). Поред великог броја дивљих депонија, евиденција о врстама отпада, као и количинама које се одлажу не води се ни на већини званичних депонија. Ови подаци могу се добити са само 30 депонија, што чини 18,3% свих званичних депонија у Србији (АЗЖС, 2020,а).

1.2.2.1. Утицај одлагања отпада на депоније на животну средину и здравље људи

Иако постоје предности одлагања отпада на депоније као што су економичност, не захтевају велика капитална улагања, морају се узети у обзир и недостаци који се јављају као што су заузимање великих површина земљишта, неповољни временски услови могу створити оперативне проблеме, а јављају се и проблеми здравственог, естетског аспекта и заштите животне средине. Утицаји депонованог отпада на животну средину су вишеструки и могу проузроковати следећа загађења:

1.2.2.1.1. Утицај депонија на загађивање ваздуха

Загађење ваздуха карактеристично је за процесе руковања отпадом, тако да до ослобађања одређених материја долази и депоновањем отпада. При истовару материјала може доћи до ширења ситних честица у околину, а деградацијом органских компоненти ствара се и емитује депонијски гас. У аеробним условима долази до стварања угљен-диоксида и разних оксида [азотних, сумпорних (АЗЖС, 2020,а)], услед смањења концентрације кисеоника и коначно дефицита стварају се анаеробни услови у којима долази до стварања пре свега метана. Количина ових гасова зависи од врсте депонованог отпада, старости депоније, садржаја кисеоника, количине влаге и температуре. Депонијски гас, се састоји највише од метана, чини око 50% гаса (АЗЖС, 2020,а), и угљен–диоксида. Метан и угљен–диоксид заједно чине чак 90 до 98% садржине, док преосталих 2 до 10% чине различити гасови, као што су азот, кисеоник, амонијак (Department of Health, 2010). Метан и угљен–диоксид, заједно са другим гасовима, спадају у групу гасова који појачавају ефекат стаклене баште. Ови гасови у укупном садржају атмосфере заузимају малу запремину, па се и називају гасови у траговима, ипак имају пресудну улогу у топлотном и радијационом билансу атмосфере. Сектор отпада доприноси са око 5% укупне емисије гасова стаклене баште, а депонијски CH_4 је највећи извор из целокупног сектора (Bogner, и др, 2007).

Иако производња ових гасова углавном достиже врхунац за пет до седам година, производња и емитовање гасова са депоније може да се настави и дуже од 50 година (Department of Health, 2010). Када се депонијски гасови не сакупљају ради даљег коришћења долази до њиховог емитовања у атмосферу или миграцију кроз земљиште. У државама чланицама Европске уније уочава се тренд смањења емисије депонијског метана, док се у земљама у развоју очекује да ће стопа емисије метана са депонија наставити да расте са порастом депоновања отпада (Bogner, и други, 2007).

1.2.2.1.2. Утицај депонија на загађивање земљишта и вода

Одлагање отпада на депонијама које нису заштићене водонепропусним фолијама и немају систем дренаже вода доводи до озбиљних загађења вода и земљишта. Падавине пролазе кроз депоновани отпад и заједно са загађујућим материјама крећући се даље, у виду процедних вода, загађују земљиште (АЗЖС, 2020,а). Процедне воде мигрирају кроз земљиште и шире загађење до подземних вода. Загађене воде из депонија и њихов утицај на тло су често веома постојани, а мора се имати у виду да овакво загађења може да се прошири и на веће подручје. Ремедијација деградираног земљишта је дуготрајан процес, који изискује значајне финансијске ресурсе.

Продирање процедних вода може угрозити бунаре и водотокове у широј околини. У Србији је ситуација посебно забрињавајућа будући да се 25 депонија, 15,2% налази на мање од 50 m од водених површина, а од тога 14 је уз саму обалу водотока.

Такође, изворишта водоснабдевања могу бити угрожена будући да је 11 депонија удаљено мање од 500 m, а 28 мање од 1000 m од истих. (АЗЖС, 2020,а)

Лагане фракције отпада са површине тела депоније лако се преносе ветром, те је загађивање површина локалног земљишта, такође, честа појава (АЗЖС, 2020,а).

1.2.2.1.3. Утицај депонија на живот људи

Неконтролисана инфилтрација загађених вода и издвајање гасова у концентрацијама опасним по човеково здравље могу отежати живот или пак имати кобне последице по околину и становништво.

Краткорочна изложеност повишеном нивоу амонијака и водоник–сулфида у ваздуху код људи може да изазове респираторне проблеме, као што су кашаљ и отежано дисање, али и иритацију очију, носа и грла, главобољу и мучнину (Department of Health, 2010). Иако је метан лако запаљив гас и може формирати експлозивне смеше са ваздухом при релативно ниским концентрацијама, експлозије депонијског гаса ипак нису честа појава. Међутим, метан, а и угљен–диоксид су безбојни гасови, без мириса, који мигрирањем могу стићи до затвореног простора где ће заменити кисеоник, па су и њихови здравствени ефекти повезани са недостатком кисеоника. Утицај на здравље се примећује у бржем откуцају срца, неопходности да се дубоко удахне, смањењу координације, умору, мучнини, повраћању, па и несвестици (Department of Health, 2010).

Ништа мање значајно на утицај локалног становништва није и ширење непријатног мириса и евентуалног дима са депоније, који негативно утичу на квалитет живота. Непријатни мириси настају од водоник–сулфида и амонијака. Карактеристичан мирис водоник–сулфида и снажан оштар мирис амонијака људи могу осетити при врло ниским концентрацијама, испод нивоа који би могао изазвати здравствене ефекте. (Department of Health, 2010)

Паљењем отпада у атмосферу се емитују продукти сагоревања који се брзо шире до локалног становништва и угрожавају околину у ширем подручју. У Србији је на 101 депонији забележено присуство дима, где повремено или стално сагоревају отпадне материје (АЗЖС, 2020,а). Најчешћи узрок обољења дисајних путева јесу честице прашине и чађи, које садрже канцерогене материје. Чврсте честице се из ваздуха преко респираторних органа уносе у организам, чиме се директно оштећују органи дисајног тракта, али и други органи. Хронична изложеност чврстим честицама повећава ризик и од кардиоваскуларних обољења и тумора плућа. Студије су показале да су загађења респирабилним честицама повезана са повећањем морбидитета респираторних и кардиоваскуларних обољења и морталитета од истих (Arden Pope III, и други, 2002), а уочене су и последице на ембрионима (Dejmek, Solansky, Benes, Lenicek, & Sram, 2000).

Разношење лаких фракција отпада ветром или од стране инсекта или мањих животиња, глодара, је додатна компликација. Постоји могућност да отпад буде инфективан и да дође до ширење зараза.

Будући да је 12 депонија у Србији удаљено мање од 100 m од насељених подручја, не сме се занемарити ни угрожавање људи и њиховог здравља буком која потиче од рада машина на депонијама (АЗЖС, 2020,а). Такође, битан је и естетски аспект, јер отворене недовољно уређене депоније и визуелно загађују околину.

1.2.3. Сепарација отпада

У решавању проблема чврстог комуналног отпада, ублажавање његовог утицаја на околину и здравље људи, кључну улогу има процес рециклаже. Може се уочити

неколико фаза у процесу рециклаже. Прикупљање отпада и сортирање са чишћењем издвајају се као значајније фазе са аспекта економске исплативости, што и утиче на одлуку о покретању процеса рециклаже.

Сепарација (одвајање, сортирање или селекција) чврстог комуналног отпада подразумева раздвајање одбаченог материјала по врсти и саставу, тј. раздвајање једног тока отпада на више токова према карактеристикама отпада (Cvetanović & Đekić, 2022; Pešević, 2022).

Сепарација отпада може бити примарна, ако се материјал раздваја на месту настанка, и секундарна, када је систем за сортирање централизован обично у оквиру трансфер станице или рециклажног центра (Pešević, 2022; Шкобаљ, 2008). У местима где постоји примарна селекција, организован систем селектованог прикупљања, тј. систем контејнера за различите врсте отпада у многоме се економски доприноси самом процесу. Међутим, ово примарно разврставање захтева кооперацију становништва. Други начин сакупљања сировина је неселективан, што изискује додатни трошак за рециклирање комуналног отпада будући да је неопходно обезбедити постројења за раздвајање отпада.

Ручно (мануелно) сортирање је једно од најпоузданијих метода сепарације. Међутим, током овог процеса радници долазе у контакт са отпадом који може бити потенцијално штетан услед присуства различитих хемикалија, патогених организама, токсина или пак изазвати механичке повреде оштрим предметима (Cvetanović & Đekić, 2022).

Одабир аутоматизованог процеса сортирања отпада зависи од карактеристика компоненти које се третирају, као што су димензије фракција, густине, магнетних особина, електричне проводљивости, растворљивости и других физичко-хемијских особина материјала (Cvetanović & Đekić, 2022, Шкобаљ, 2008). Тако се могу издвојити различите врсте сепарације, неке од њих су (Cvetanović & Đekić, 2022):

- Гравитациона - сепарација честица заснива се на различитим густинама (процес се одвија у течној или гасовитој фази) тзв. „плива-тоне“ поступци или различитим гранулацијама фракција, тј. величини честица;
- Магнетна - магнетни сепаратори се користе за одвајање магнетичних метала из мешаног отпада деловањем силе магнетног поља, док се остали отпад не задржава у магнетном пољу. Употребом магнетног сепаратора немагнетних метала (Eddy current separator) могуће је и издвајање немагнетичних метала од магнетичних, као и од осталих неметалних честица;
- Електростатичка - користи се за електрични и електронски отпад, за сепарацију ситних фракција метала и неметала;
- Оптичка - заснива се на јединствености спектра зрачења материјала када се изложи зрачењу таласних дужина близу инфрацрвеним. Детекцијом емитованог спектра зрачења могуће је препознати одређени материјал. Најчешће се користи за сортирање стакла.

Успешност сепарације може да се оцени параметрима као што су искоришћење и чистоћа циљне фракције. Међутим, без обзира на одабир процеса сепарације и квалитета коришћене машине, она никад није у потпуности успешна (Cvetanović & Đekić, 2022). Постизање пуног потенцијала рециклаже условљено је правилним разврставањем отпада.

1.2.3.1. Примена вештачке интелигенције за сепарацију чврстог комуналног отпада

Истраживање спроведено у Шведској које је анализирало садржину кеса, обезбеђене за сакупљање различите врсте чврстог комуналног отпада, показало је да прецизност сортирања отпада од стране становника није оптимална (Rousta & Ekström, 2013). У поменутој студији неправилно сортиран отпад чинио је 29% до 68% тежине укупног отпада у кесама (Rousta & Ekström, 2013). Истраживањем које су спровели Krook и Eklund (2010) процењено је да током сортирања од стране грађана у рециклажним центрима у Шведској 20% отпада у контејнерима буде неправилно распоређено. Према процени запослених, људи најчешће погрешно одлажу материјале као што су пластика, папир, електронски отпад и др (Krook & Eklund, 2010). С друге стране раздвајање отпада од стране радника у рециклажним центрима је дуготрајан процес који захтева већи број људи, а запослени долазе у контакт са потенцијално опасним отпадом. Такође, ефикасност сортирања отпада од стране радника временом опада (Azis и др, 2020; Wilts и др, 2021).

Важност ефикасног и прецизног сортирања отпада уочава се у успешности поступка рециклаже. Отпад који је неправилно сортиран није усклађен са предвиђеним третманом за конкретну класу отпада. Ово може довести до додатних трошкова, економских губитака, губитака самог ресурса, али и додатног загађења животне средине. Мала ефикасност и ефектност сортирања отпада отежава процесе третирања отпада, а тиме и одрживи развој, чији је циљ минимизација депонованог отпада.

Како би се умањио утицај људског фактора на сортирање отпада неопходно је увести другачије или додатне нивое провере разврставања. Овде кључну улогу може одиграти примена вештачке интелигенције. Као позитивни примери су се показале вештачке неуронске мреже (ANN) са различитим методама које укључују конволутивне неуронске мреже (CNN) и неуронске мреже са прослеђивањем унапред (feedforward networks), вишеслојни перцептрон (MLP). Опонашање људског вида има потенцијал за употребу у многим областима (Nagrath и др, 2021), као и у управљању отпадом са посебним могућностима примене у сортирању отпада (Li и др, 2018). Дубоким учењем (енгл. Deep Learning) могуће је остварити ефикасније сортирање чврстог комуналног отпада утичући на бољи исход припреме отпада и ефектност рециклаже.

Конволутивне неуронске мреже имају одличне резултате и широку употребу у диференцијацији, класификацији, детекцији и праћењу слика и објеката (Li и др, 2021; Gu и др, 2018; Yamashita и др, 2018). Најважнији део конволутивних неуронских мрежа је конволутивни слој који помоћу процеса конволуције и филтера (кернела) обрађује улазне податке (слике) како би детектовао шаблоне и атрибуте. Улога слоја агрегације (енгл. pooling layers) је да смањи димензионалност истовремено задржавајући кључне атрибуте. Функцијом активације, као што је ректифицирана линеарна јединица (ReLU), уводи се нелинеарна компонента којом се побољшава способност мреже да разуме сложене обрасце у посматраним подацима. У завршним фазама, потпуно повезани слојеви повезују сваку ћелију једног слоја са сваком ћелијом у следећем. Оператор исправљања (енгл. Flatten) трансформише излазне податке конволуције и агрегације пре уноса у потпуно повезане слојеве. Нормализација серије података се примењује на улазне податке сваког слоја, чиме се доприноси стабилизацији и убрзавању процеса тренинга. Током тренинга, „dropout“ техником регуларизације искључују се насумично одабрани чворови како би се смањио ризик од претераног прилагођавања (енгл. overfitting).

Потенцијал CNN-а, са интегрисаном опремом за сортирање, надмашује људски бржим и прецизнијим раздвајањем и могућношћу да симултано обрађује више врста отпада (Azis и др, 2020; Wilts и др, 2021; Cai, 2022). У литератури се могу наћи

дискусије и примене различитих структура CNN-а на концепт сортирања отпада помоћу слика. Зависно од коришћене базе података прецизност тестираних модела износи од 82% до чак 98% (Gupta и др, 2021; Li & Chen, 2023; Zhang и др, 2023). Истраживања спроведена у последњих неколико година показала су да употреба вештачке интелигенције даје значајне резултате у разврставању отпада и може бити од велике помоћи при припреми отпада за рециклажу.

1.3. Правни оквир и политика заштите животне средине на европском, националном и локалном нивоу

У постиндустријском периоду, које карактерише знање и кључно је поседовање информације, дошло је до нагле експанзије образовања (Bell, 1976). Јављају се нове грађанске организације, а као једне од најважнијих, развијају се покрети за заштиту животне средине (Touraine, Hegedus, Dupet, & Wieviorka, 1983). Овај друштвени феномен развијао се глобално и постао један од најутицајнијих покрета нашег доба (Castells, 1997). Овако јак утицај освешћених грађана за последицу морао да има институционализацију еколошког покрета.

1.3.1. Развој европске еколошке политике и важећи прописи

Уочавање да загађења нису само локална већ и трансгранични проблем, као и институционализација еколошког покрета са собом је донела и писање нових закона, као и прављења плана и политика како би се регулисала ова област. Развој европских еколошких политика почиње још 50-их година 20. века. Значајан корак је учињен током 80-их када је заштита животне средине, као посебан члан, унета у Јединствени европски акт. Последња декада 20. века донела је промене у глобалној опредељености будућности развоја еколошке политике. Европска политика везана за животну средину и њену заштиту може се посматрати кроз четири фазе развоја (Надић):

I Инцидентне мере (1957 – 1972)

У овом првом, још увек спором периоду развоја еколошких политика, у европском законодавству животна средина, тј. њен квалитет и заштита се помиње у Римском уговору потписаном 1957. године. Већ у уводном делу наводи се као основни циљ тежња ка непрестаном побољшању услова живота и рада за своје грађане (Vertrag zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft, 1957). Након регулисања увоза, извоза и транзита робе, члан 36 указује на разлоге оваквих одредби, међу којима су заштита људи, њиховог здравља и живота, заштита биљака и животиња, као и заштита културног наслеђа (Vertrag zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft, 1957).

Током овог периода донето је још неколико акта који су били засновани на члановима Римског уговора, међутим, односили су се углавном на одговор ЕЗ на инцидентне ситуације, као и оне које су могле бити опасне по околину и здравље људи, а за циљ су имале унапређење економског система и заједничког тржишта (Надић).

Ипак, примећено је да брз развој технологије, посебно после Другог светског рата, доводи до деградирања животное средине, као и да поједини проблеми превазилазе националне границе. Ово је подстакло шведску владу да покрене иницијативу да се подигне свест међу политичарима о глобалном значају проблема у животној средини. Шведска иницијатива је покренула развој новог концепта у светској

политици који се базирао на сагледавању планете као целине и преиспитивању традиционалних вредности. (Engfeldt, 1973)

II Фаза одговорности (1972 – 1986)

До тада веома низак приоритет који је придаван еколошким питањима мења се одржавањем конференције Уједињених нација 1972. године у Стокхолму. Сходно новим идејама политике заштите животне средине конференција је имала мотив „Само једна Земља“ (*Only one Earth*). Фокус конференције били су интернационални проблеми заштите животне средине. Заједно са самитом у Паризу, одржаном октобра исте године, подстакла је формирање еколошких политика као независну област од интереса за ЕЗ (Trinomics, 2019; Надић). Године 1973. донет је Први акциони програм за животну средину који се сматра основом данашње еколошке политике Европске уније (Надић). У овом периоду програм је два пута допуњаван, са трећом верзијом издатом 1983. године, која је довела до учвршћивања еколошке политике и ван оквира овог програма. Тако је у периоду од три године, до краја ове фазе донето укупно 40 упутстава, 8 одлука и 10 уредби која су обувхватала шест подручја у области заштите животне средине: воду, ваудух, буку, емисије, олово у горивима, као и отпад (Надић).

III Иницијативна фаза (1986 – 1992)

Период друге половине 80-их година обележиће доношење Јединственог европског акта, који је формирањем новог одељка о животној средини, указао на одлучност изградње европске еколошке политике и јачање институционалних оквира. Четврти акциони програм за животну средину донео је јачање сарадње у овој области у оквиру ЕЗ и отворио пут ка спровођењу будућих корака. (Надић)

IV Одрживи развој (од 1992. године до данас)

Почетак последње фазе развоја еколошке европске политике под утицајем је конференције Уједињених нација „Самит о Земљи“ одржана у Рио де Жанеиру 1992. године, на двадесетогодишњицу прве конференције УН одржане у Стокхолму (UN). Закључак самита, којим се интегришу економски, социјални и еколошки проблеми, чиме се мења приступ проблему определио је будућност светске еколошке политике. Истакнуто је да је концепт одрживог развоја достижан циљ за све људе (UN). Као резултат усвојена је Агенда 21, која у оквиру програма управљања чврстим отпадом, одељак 21, наглашава четири главне области деловања везане за отпад (UN, 1992):

- Смањивање количине отпада
- Повећање еколошки безбедне поновне употребе и рециклаже отпада
- Унапређивање еколошки прихватљивог одлагања и третмана отпада
- Проширење обухватности службе које третирају отпад

Прихватањем закључака са конференције политика ЕЗ се недвосмислено опредељује за развој у правцу одрживог развоја (Надић). Исте године усвојен је и Пети акциони програм за животну средину.

Даљи развој и ставови европске политике ка животној средини могу се уочити и из симболичних назива акционих програма за животну средину, приказане у табели 10.

Табела 10. Симболични називи појединих европских акционих програма за животну средину у четвртој фази развоја еколошке политике

Акциони програм за ж.с.	Година усвајања	Назив
5.	1992	„Ка одрживости“
6.	2010	„Наша будућност, наш избор“
7.	2013	„Живети добро у оквиру граница наше планете“

Европска комисија је први пут званично указала на проблеме животне средине и циљ и правац нових политика Европске заједнице (ЕЗ) у обраћању 15. септембра 1970. године испред Европског парламента, а први кораци ка формулисању политике заштите животне средине учињени су девет месеци касније (Mayer, 2017). Убрзо Организација за економску сарадњу и развој оснива свој огранак за животну средину. Међутим, њихов поглед на еколошке проблеме је поред увођења неопходних мера посебно нагласио да се треба избећи негативан утицај истих на трговину и економски развој (Mayer, 2017). Први акциони програм за животну средину (ЕАП) Европске заједнице из новембра 1973. године дефинише кораке заједнице које је неопходно преузети како би се заштитила човекова околина (European Community, 1973). На самом почетку програма наводе се циљеви и принципи еколошке политике коју ЕЗ заступа. Први наведени циљ „спречити, смањити и колико је могуће елиминисати загађења…“ (European Community, 1973) остао је непромењен и препознат је у савременим културолошким нормама. Неки од принципа којима се води ЕЗ су превенција и избегавање загађења, што ранија реакција на загађивање околине, улагање у научно и технолошко знање. У другом делу ЕАП-а (1973), који се детаљније бави планираним корацима, конкретним мерама све више се инсистира на преузимању конкретних акција на нивоу међународних организација. Отпад је препознат не само као локални, већ и као интернационални проблем: „Најважнији проблеми [Европске] заједнице су уклањање отпада који због своје токсичности, неразградивости, своје запремине или других разлога захтевају решење које се протеже шире од регионалних, али и националних оквира. Чак и ако се штетни ефекти отпада не шире ван непосредне регије, акција [Европске] заједнице може бити неопходна ако уклањање или поновна употреба отпада зависи од економских ресурса…“ што може утицати на „…функционисање заједничког тржишта и на међународну трговину“. Приметно је да је већ првим програмом почело да се ради на ширењу свести заједнице и указивању да свако може да допринесе, а као меру предлажу да се на томе ради кроз образовање, од школа до универзитета, информисањем јавности, али и кроз пројекте подстицањем истраживања у правцу заштите животне средине.

ЕАП (1973) био је основа за креирање наредних европских еколошких политика. Временом се ЕАП мењао и допуњавао. Октобра 2020. године Европска комисија је предала предлог Осмог акционог програма за животну средину, са важењем до краја 2030. године (ЕС, 2020,с); план је усвојен у мају 2022. године. Осми ЕАП ослања се на визију седмог ЕАП за постизање дугорочних циљева до 2050. године „Живети добро у оквиру граница планете“ (ЕС, 2020,с). На основу ове визије постављен је и приоритетни дугорочни циљ ЕУ, који се наводи у члану 2, став 2, осмог ЕАП-а „одвајање економског раста од употребе ресурса и деградације животне средине“ (ЕС, 2020,с). Главни циљ предложеног ЕАП-а је „убрзати транзицију [Европске] уније…ка… ресурсно ефикасној, чистој и циркуларној економији…“ (члан, 1, ЕС, 2020,с). Осми акциони план за животну средину чини основу за постизање циљева Агенде одрживог развоја Уједињених нација (ЕС, 2020,с).

Постизање предвиђених циљева захтева системске промене као што су: обезбеђивање ефикасне примене законодавства, одговарајућих административних капацитета, појачане акције против криминала, интегрисани приступ развоју и имплементирању научно заснованих политика, мобилизацију одрживих инвестиција и укидање еколошки штетних субвенција, искоришћавање потенцијала дигиталних технологија, потпуно искоришћавање природно заснованих решења и иновација, транспарентност и учешће јавности, јачање међународног управљања животном средином и друге (члан 3, ЕС, 2020,с). Будући да је заштита животне средине заједнички проблем, новим програмом захтева се деловање свих чланова друштва од Европске уније, влада до друштва, грађана и привредних актера (ЕС, 2020,с).

Можда историјски најзначајнији утицај ЕАП-а на регулисање отпада је имао први програм, а на основу којег је већ 1975. године донета прва директива Европске заједнице о отпаду (Dir 75/442/EEC, 1975) која је била на снази до маја 2006. године (EUR-Lex, 2021,а). Будући да се након дефинисања самог отпада текст директиве усмерава у правцу изричитог наглашавања поновне употребе секундарних сировина, јасно је да се од самих почетака политика европских земаља заснивала на покушају елиминисања коначно депонованог отпада. Члан 3 директиве напомиње да државе чланице треба да предузму кораке ка подстицању „превенције, рециклаже и прераде отпада, екстракције сировина и могуће енергије одатле и…других процеса за поновну употребу отпада“ (The Council of the European Communities, 1975). У случају немогућности прераде отпада, члан 4 предвиђа да државе чланице преузму мере које би осигурале да се отпад одлаже на безбедан начин како не би угрозио здравље људи и животну средину, а са посебним акцентом на очување вода, ваздуха, земљишта, биљака и животиња, без загађивања буком и мирисима, без негативног утицаја на село и места од посебног значаја (The Council of the European Communities, 1975).

Прекретница у еколошким политикама у Европи се може сматрати 1987. година, када је под утицајем првенствено ЕАП-а, а последично и других докумената, формиран оквир којим ће се заштита животне средине увести као посебна области у Јединствени европски акт (Mayer, 2017; Trinomics, 2019). Поменути акт имао је утицај на политике ЕЗ које се тичу економије, социјалне стабилности, истраживачког и технолошког развоја, спољних послова, а поред тога и животне средине (Single European Act, 1987). Одељком VII Јединственог европског акта Европска заједница се обавезује на следеће циљеве (Single European Act, 1987): да чува, штити и унапређује животну средину, чува здравље људи и омогући разумно и рационално коришћење природних ресурса.

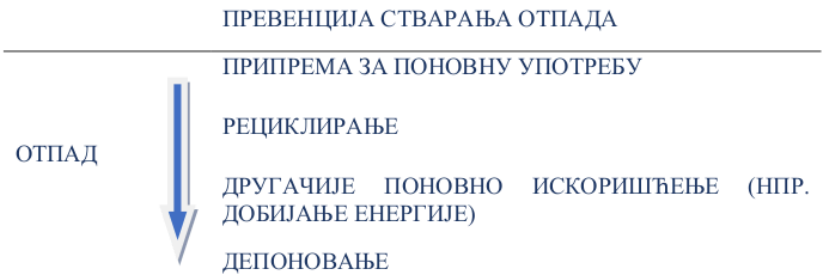
Документ је, такође, предвидео и принципе на којима се заснивају еколошке акције Европске заједнице (Single European Act, 1987), а који се данас могу препознати и међу начелима заштите животне средине у оквиру закона Републике Србије (Закон о заштити животне средине, 2024):

- Принцип превенције, предузимање превентивних корака
- Принцип да се на самом извору отклоне оштећења животне средине
- Принцип „загађивач плаћа“

Увиђањем да је за поједине акције неопходна трансгранична сарадња, актом се јасно ставља акценат на међународну сарадњу и деловање ЕЗ као такве за постизање бољих резултата у заштити животне средине.

Директиву о отпаду из 1975. године наследила је директива из 2006. године, а убрзо ју је заменила нова директива 2008. године, која је и даље на снази, последњи пут је ревидирана 2018. године (EUR-Lex, 2021,с), а нове измене су предложене 2023. год (ЕС, 2023). Предложени принципи управљања отпадом су општа еколошка начела:

предострожност и одрживост, економска исплативост и техничка изводљивост, заштита ресурса и укупан учинак на здравље људи, друштво и животну средину. Мере предложене за спречавање настанка штетности укључују проширену одговорност произвођача, спречавање настанка отпада, поновно искоришћавање и употреба, рециклирање. Допринос директиве огледа се и у постављању јасне хијерархије управљања отпадом, којим ће се водити законодавство и политика превенције држава чланица (Directive 2008/98/EC). Шема хијерархије отпада важеће директиве о отпаду приказана је на слици 14.



Слика 14. Хијерархија менаџмента отпада у законодавству у државама чланицама ЕУ, према важећој Директиви о отпаду из 2008. године

Према Директиви (Directive 2008/98/EC) превенција се односи на предузимање мера пре него што супстанца, материјал или производ постану отпад, а које смањују:

- количину отпада (узимајући у обзир и поновну употребу и продужење века производа);
- негативан утицај отпада на здравље људи и животну средину;
- садржај шкодљивих компоненти у производима и материјалима.

Одступање од наведене хијерархије могуће је једино за посебне токове отпада, ако је такво решење најбоља могућа опција узимајући у обзир свеукупан утицај на животну средину (члан 4, Directive 2008/98/EC)

Посебан члан Директиве (2008), члан 22, третира биоотпад, којим се подстиче одвојено прикупљање са циљем компостирања и дигестије, обраду биоотпада и употребу производа од биоотпада са високим степеном заштите животне средине

Чланом 16 Директиве о отпаду (2008) наводи се начело самодовољности и близине, које на самом почетку указује на неопходност сарадње између држава чланица, као и успостављање мреже која би омогућила Заједници самодовољност у депоновању или поновном искоришћењу мешаног комуналног отпада, узимајући у обзир начело близине. Ипак, државама чланицама се оставља могућност да ограниче увоз отпада за операције „опоравка“, ако би то утицало на повећање депоновања њиховог националног отпада или негативно утицало на њихове планове управљања отпадом.

Посебна уредба се односи на амбалажу и отпад од амбалаже. Директива која се односи на амбалажу и амбалажни отпад усвојена је 1994. године (Directive 94/62), а измењена 2018. године (Directive 2018/852). Циљ ове директиве је усклађивање националних мера и коректно функционисање унутрашњег тржишта. Мере које се

утврђују за циљ имају да спрече настајање амбалажног отпада, да подстакну поновну употребу, рециклирање и прераду како би се допринело прелазу ка циркуларној економији (члан 1). Промена која је унета већ у први члан 2018. године, придодат део да се мора утицати на транзицију ка циркуларној економији, указује да ЕУ има чврсто утемељен циљ испред себе. Члан 3 дефинише појмове који се користе, међутим, интересантно је приметити да се измене директиве односе на додавање нових појмова, као што су „амбалажа за вишекратну употребу“ и „композитна амбалажа“, такође преузимају се дефиниције за поједине појмове из актуелне Директиве о отпаду (2008). Као један од основних начела, члан 4, потенцира се превенција у виду нпр. националних програма и подстицање шема проширене одговорности произвођача, примену економских инструмената у подстицању примене хијерархије управљања отпадом. Измене члана 5 су можда и најуочљивије. Према члану 5 Директиве из 1991. године државама чланицама се пружа могућност да подстичу поновну употребу амбалаже, док изменама Директиве (2018) државе чланице имају дужност да раде на повећању поновне употребе амбалаже, да дефинишу мере за подстицање употребе амбалаже за вишекратну употребу, али и начине рачунања прилагођених циљева које треба да достигну. Државе чланице су у обавези да податке доставе Европској комисији, која ће поднети извештај Европском парламенту и Савету о напретку. Иако се у самој Директиви из 1991. године не помиње хијерархија управљања отпадом као појам, јасно је да потенцирањем превенције, повраћаја и сакупљања амбалаже (члан 9), поновне употребе, „опоравка“ отпада и рециклирања (члан 6) свакако постоји циљ да се смањи количина коначно депонованог отпада.

Европска уније је у јуну 2019. године усвојила Директиву о смањењу утицаја одређених производа од пластике на животну средину (Directive 2019/904). Циљеви ове директиве су да спречи и смањи утицај појединих пластичних производа на околину, посебно на акватичне екосистеме и здравље људи, као и да промовише одрживе и иновативне производе, материјале и моделе привреде циркуларне економије, чиме се доприноси ефикасном функционисању унутрашњег тржишта. Директива се односи на производе од пластике који се могу наћи у комуналном отпаду. Постизање циљева достиже се мерама као што су: смањење потрошње, ограничење пуштања у промет, тј. стриктна забрана стављања на тржиште појединих производа (члан 5), захтеви које производ мора да испуњава, захтеви за обележавањем производа и информисања потрошача, продужена одговорност произвођача, одвојено сакупљање отпада ради рециклаже и друге. Мере треба да доведу до мерљивог смањења потрошње ових производа до 2026. године, у поређењу са 2022. годином. Од држава чланица се очекује, да до 2030. год, флаше за пића праве од минимум 30% рециклиране пластике, односно од 25% рециклиране пластике до 2025. године (члан 5). Да би накнадан третман материјала, посебно рециклаже, био лако доступан неопходно је одвојити материјал, зато се од држава чланица очекује да до 2025. године за поједине производе достигну одвојено сакупљање од 77% укупне тежине пласиране на тржиште за годину дана, а до 2029. године чак 90% (члан 9). Чланом 14 је спровођење националних одредби, које државе чланице буду одредиле, у складу са овом директивом, осигурано применом одговарајућих казнених мера.

Европска унија правну основу управљања отпадом заснива на директивама, које иако имају обавезујуће циљеве и траже се конкретни резултати, оставља слободу државама чланицама да нађу најбољи могући начин регулисања националне правне основе, како би постигле тражене циљеве. Будући да је Србија окренута ка прикључивању ЕУ, неопходно је да те циљеве прихвати као и да адекватном применом прилагођене законске регулативе постигне резултате захтеване од стране ЕУ.

1.3.2. Законски оквири Републике Србије

У дугом периоду спорог развоја законске регулативе значајнији рад на еколошким питањима почиње крајем осамдесетих и реформама друштвеног система током деведесетих година двадесетог века.

Након друштвено–политичких промена 2000. године усвајају се нови, модерни закони у области заштите животне средине. Министарство за заштиту животне средине је направило нацрт новог закона о заштити животне средине 2001. год, а након неколико прерада и усклађивања са међународним стандардима усвојен је 2004. године. Исте године је усвојено још неколико закона који се тичу: процене утицаја на животну средину, стратешке процене утицаја на животну средину и интегрисаног спречавања и контроле загађивања животне средине. Уз неколико измена и допуна ови закони су и даље на снази. У наредном периоду, 2008. и 2009. год, усвојен је велики број еколошких закона и прописа (Лилић & Дреновак-Ивановић, 2014). Само 12. маја 2009. године, на седници Народне скупштине Србије, усвојен је сет од шеснаест еколошких закона (Надић, 2012). Осим што се овим законима успоставља бољи механизам заштите, требало би да допринесу и усклађивању са прописима ЕУ (Надић, 2012).

Поред поменута четири закона усвојена 2004. године, правни оквир Републике Србије састоји се од низа закона и подзаконских акта, прописа и уредби, којима се регулишу: заштита природе, заштита ваздуха, воде, заштита земљишта, заштита рибљег фонда, управљање националним парковима, заштита од буке, управљање биоцидним производима и хемикалијама, радијациона и нуклеарна безбедност становништва природе, заштита од нејонизујућег зрачења, као и управљање отпадом (Закони о управљању отпадом и о амбалажи и амбалажном отпаду, оба усвојена 2009. године, а последњи пут измењена 2023. и 2018. године). Поред поменутих, у законима који покривају и друге области могу се наћи одредбе које се тичу заштите природних добара, као што су закони који се тичу управљања шумама, геолошким и минералним ресурса, хемијског оружја, управљањем катастрофама и ванредним ситуација и други.

1.3.2.1. Устав Републике Србије

Уставом Републике Србије, усвојеног на референдуму октобра 2006. године, чланом 74, гарантује се здрава животна средина и обавештавање о њеном стању. Истим чланом намеће се дужност да свако штити и унапређује животну средину, а посебну одговорност и надлежност имају:

1. Република (члан 97), обезбеђује и уређује одрживи развој, штити и унапређује биљни и животињски свет, као и целокупну животну средину. Такође, уређује производњу, промет и превоз опасних материја;
2. Аутономна покрајина (члану 183), уређује питања од значаја за покрајину;
3. Општина (члан 190), води бригу о заштити животне средине, али и уређује одвијање комуналних делатности.

Такође, овим документом се, члановима 83 и 88, даје и могућност ограничавања предузетништва и начина коришћења и располагања земљиштем ради избегавања наношења штете животној средини и заштите здравља људи. (Устав Републике Србије, 2006).

1.3.2.2. Закон о заштити животне средине

Закон о заштити животне средине, свеобухватни оквир уређења, први пут је усвојен 1991. године. Нови Закон усвојен је 2004. год, а затим је више пута мењан 2009, 2011, 2016, 2018. и 2024. год. (Закон о заштити животне средине, 2024). Овим је обезбеђено право човека да живи у здравој животној средини, уређује интегрални систем заштите и хармоничан однос развоја привреде и животне средине. Према члану 2 Закона (2024) механизам заштите се спроводи кроз одрживо управљање и очување природних вредности, да би се очували услови за опстанак свих живих бића, али и поступање са загађењима. Заштита и унапређење животне средине обавеза је свих лица; од Републике до јединица локалне самоуправе, од правних лица до научних организација, од становника до грађанских удружења. Њихова обавеза је, према члану 5, да обављањем своје делатности рационално користе природна богатства, примењују прописе и предузму мере заштите животне средине, урачунавајући трошкове заштите у инвестиционе трошкове. Одговорност субјеката се примењује за активности којим мењају или могу пореметити стање животне средине „односно за непредузимање мера заштите животне средине, у складу са законом“ (Закон о заштити животне средине, 2024). Основна начела Закона (2024) којом се води заштита су:

1. Начело интегралности – усклађивање планова, програма и применом прописа интегрише се заштита и унапређивање животне средине у све секторске политике;

2. Начело превенције и предострожности – спровођење активности тако да представља најмањи ризик по здравље људи и животну средину, смањи оптерећење на околину, ограничи утицај на самом извору загађивања, укључујући могућност рециклаже. Ово се остварује проценом утицаја на животну средину и коришћењем одређене опреме, техника и технологије;

3. Начело очувања природних вредности – коришћење природних вредности тако да се чува геодиверзитет, биодиверзитет и заштићена природна добра и предели. Обновљивим ресурсима потребно је обезбедити трајну и ефикасну обнову, а необновљиве ресурсе је неопходно разумно користити тако да се обезбеди њихова дугорочна употреба, али и да се замене другим расположивим ресурсима и вештачким материјалима;

4. Начело одрживог развоја – представља усклађеност заштите животне средине и економског развоја. Обезбеђује га одабир активности које се темеље на принципима економичног и разумног коришћења природних и створених вредности са задатком очувања квалитета животне средине.

5. Начело одговорности загађивача и његовог правног следбеника – ако лице активностима доводи до загађења у обавези је да уклони узрок и санира последице.

6. Начело „загађивач плаћа“ – плаћање накнаде када загађивач својим активностима или прометом сировина и производа проузрокује и може да узрокује оптерећење животне средине;

7. Начело „корисник плаћа“ – за употребу природних вредности потребно је платити цену за коришћење, али и рекултивацију средине;

8. Начело супсидијарне одговорности – државна преузима одговорност за отклањање последица загађивања, ако је загађивач непознати или је извор ван територија државе;

9. Начело примене подстицајних мера – односи се на одрживо управљање применом економских инструмената;

10. Начело информисања и учешћа јавности – подаци су доступни јавности и свако има право да учествује у доношењу одлука везаних за потенцијално утицање активности на животну средину.

11. Начело заштите права на здраву животну средину и приступа правосуђу – право се остварује пред надлежним органом, односно судом.

На основу ових начела Закона о заштити животне средине (2024), члан 30 регулише управљање отпадом, надзор и бригу о постројењима након затварања, које се спроводи према прописаним условима. „Власник и/или други држалац отпада дужан је да предузме мере управљања отпадом у циљу спречавања или смањења настајања, поновну употребу и рециклажу отпада, издвајање секундарних сировина и коришћење отпада као енергента, односно одлагање отпада“ (Закон о заштити животне средине, 2024).

Прописани су одређени инструменти како би се спречило генерисање отпада. Као превентивна мера предвиђена је процена утицаја на животну средину за реализацију пројеката који се баве управљањем отпадом, (члан 36, Закон о заштити животне средине, 2024). Мера која може имати позитиван ефекат је додела еколошког знака производу, који се додељује за смањено стварање отпада и коришћење ресурса, али и производњу производа од рециклираних сировина (члан 53) (Закон о заштити животне средине, 2024). Међу економским подстицајним мерама предвиђене су царинске, пореске и или друге олакшице (члан 101). Исти члан утврђује могућност и прецизира посебне подстицајне мере за субјекте у систему управљања отпадом који сакупљају уређаје или делове истих, производе или амбалажу производа, који производе пластичне кесе - трегерице, који руководе постројењима за поновну употребу и искоришћење отпада.

Кроз законску регулативу одговорност субјекта који оптерећује животну средину може се видети у начелима одговорности загађивача и његовог правног следбеника, „загађивач плаћа“ и „корисник плаћа“. Начелом одговорности лице одговара ако његове активности доводе до загађења животне средине, док начело „загађивач плаћа“ доводи до плаћања надокнаде, ако лице својим активностима може загадити околину, тј. ако користи, производи или у промет ставља сировину која може бити штетна за животну средину. Такође, накнада се плаћа за рекултивацију простора након затварања постројења које загађује околину. Суштинска разлика ова два начела огледа се у томе да се начелом одговорности субјекат оптерећује плаћањем надокнаде када штета већ настане, док се начелом „загађивач плаћа“ субјекат финансијски оптерећује иако постоји само потенцијал за загађивање животне средине. Начело „загађивач плаћа“ наведено је у свим посматраним законима. Насупрот ова два начела, која у својој суштини имају загађивање или могуће загађивање, начело „корисник плаћа“ односи се на оптерећење животне средине тако што лице користи природне ресурсе, без емитовања штетне материје у околину. И поред јасних разлика, сва три начела имају задатак првенствено да превентирају деградацију околине и смање употребу ресурса.

Члан 90в дефинише коришћење буџетског Зеленог фонда који финансира пројекте у области животне средине, средства користи, између осталог, за санацију депонија, смањење настајања отпада и одлагање, третман, поновну употребу и искоришћење отпада. Такође, фонд се користи за пројекте инвестиционих и оперативних активности у оквиру управљања отпадом (Члан 90в).

1.3.2.3. Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања

Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања донет је у првом пакету закона у оквиру заштите животне средине 2004. год, а затим измењен 2015. и 2021. године. Овај закон је посебно важан за погоне који третирају отпад, као и места његовог одлагања будући да уређује издавање дозвола како за постројења тако и активности која могу негативно утицати на животну средину, здравље људи и материјална добра. Основна начела наведена су у члану 3: начело предострожности, интегрисаност и координације надлежних органа, начело одрживог развоја, хијерархије управљања отпадом, начело „загађивач плаћа“ и начело јавности (Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, 2021).

Будући да је управљање отпадом делатност од општег интереса законска регулатива Републике Србије управљање отпадом третира и кроз два посебна закона, а то су Закон о управљању отпадом (2023) и Закон о амбалажи и амбалажном отпаду (2018), оба први пут усвојена 2009. године; и бројна подзаконска акта.

1.3.2.4. Закон о управљању отпадом

Законом (2023) се уређује: класификовање отпада, планирање, организовање, одговорности и обавезе процеса руковођења отпадом, лица која управљају отпадом, управљање посебним токовима, издавање дозвола, питања везана за постројења за третман, сам третман и одлагање отпада, прекогранично кретање отпада, извештавање и база података, финансирање, надзор, уређује се и доношење локалних и националних планова и стратегија и др. Будући да се управљање отпадом мора обављати на начин који има најмањи утицај на угрожавање животне средине, али и здравља људи, циљеви овог закона су да (члан 2): осигура безбедно управљање отпадом, развија технологије и рационално користи природне ресурсе и тиме превентира настајање отпада, стимулише поновно искоришћење и рециклажу отпада, подстиче коришћење енергије добијене од отпада, развија методе за одлагање отпада, санира неуређене, а прати стање постојећих и нових санитарних депонија и развија свести о управљању отпадом.

Према Закону (2023) принципи на којима се заснива управљање отпадом су:

1. Начело избора најоптималније опције за животну средину: пракса која ће пружити прихватљиву профитабилност уз најмању штету за животну средину;

2. Начело самодовољности: додато у закон 2016. год, којим се субјекти у процесу управљања отпадом обавезују да проблему приступају свеобухватно, узимајући у обзир све фазе, од сакупљања, третмана до одлагања отпада; подразумева успостављање мреже постројења за поновно искоришћење и одлагање мешаног комуналног отпада, узимајући у обзир најбоље доступне технике;

3. Начело близине и регионалног приступа: Третирање и одлагање отпада неопходно је обавити што је ближе могуће његовом месту настајања да би се избегле могуће последице транспорта.

4. Начело хијерархије управљања отпадом: Редослед управљања отпадом, прописима и политикама: превенција > припрема за поновну употребу > рециклажа > остале операције поновног искоришћења (поновно искоришћење у циљу добијања енергије и др.) > одлагање. Према Закону при примени начела у обзир ће се узети принципи предострожности и одрживости животне средине, ресурса, утицај на њену заштиту, као и здравље људи, техничка изводљивост и економска исплативост, целокупан социјални утицај.

5. Начело одговорности: лица која се баве производњом, увозом, дистрибуцијом и продајом производа који утичу на генерисање отпада одговорни су за отпад који настаје њиховим активностима. Највећи утицај има произвођач од ког зависи састав и особине производа и амбалаже; има обавезу да ради на развоју рециклабилних производа и тржишта за њихово поновно искоришћење.

6. Начело „загађивач плаћа“

Према Закону, члан 17, управљање отпадом је поверено органима и стручним лицима. Предложене мере (члан 3) имају за циљ спречење: загађивања медијума животне средине, опасности по живи свет, неповољних утицаја на пределе и природна добра, опасности од настајања удеса, експлозија, пожара, нивоа буке и непријатних мириса.

Посебан одељак у Закону се бави управљањем комуналног отпада (члан 43). Према Закону о комуналним делатностима (2018), управљање комуналним отпадом је комунална делатност и односи се на сакупљање, транспорт и третирање отпада, безбедно руковођење депонија и руковање секундарним сировинама. Чланом 43 Закона (2023) јединице локалне самоуправе се обавезују да организују селекцију и одвојено сакупљање отпада (папира, метала, пластике, стакло, текстил и кабасти отпад) и уређују начин сакупљања, ради рециклаже; обезбеде одлагање кућног отпада; обезбеде и опреме центре за сакупљање отпада из домаћинстава, као што су на пример кабасти и биоразградиви отпад. Чланом 35 подстиче се и одвојено сакупљање биоотпада ради компостирања и дигестије и употребу материјала произведених од биоотпада, ако су безбедни за животну средину.

Према Закону о управљању отпадом (2023) део одговорности пада и на домаћинства која су дужна да одлажу отпад на за то предвиђено место, а да опасан отпад као што је електрични и електронски, пестициде, боје и лакове преда у центре за сакупљање отпада или другом овлашћеном лицу. Од домаћинстава и других произвођача комуналног отпада такође се очекује и да врше селекцију комуналног отпада ради рециклаже. Међутим, овде се морају применити и недостаци у примењивости ове регулативе будући да примарна селекција отпада системски ипак није у потпуности подржана. Такође, према закону, домаћинства су дужна да отпад одлажу на за то предвиђена места, било контејнере или да предају овлашћеном лицу за сакупљање опасног отпада, међутим, сведоци смо да појава дивљих депонија није реткост, а да грађаи често пролазе некажњено.

Коначно одлагање отпада на депонијама је под управом јединице локалне самоуправе, тј. у надлежности општине, града или града Београда. Члан 43 обавезује јединицу локалне самоуправе да евидентира постојеће дивље депоније, као и несанитарне депоније – сметлишта на територији за коју је надлежна и да за њих направи пројекат санације и рекултивације, а који су део радног плана постројења, на које сагласност даје министарство или аутономна покрајина (члан 16, члан 43) и

обезбеди уклањање и санацију дивљих и несанитарних депонија. Предузеће које управља депонијама и другим постројењима за управљање отпадом, дужна су да донесу радни план постројења (члан 16).

Према члану 8в (2023), а у складу са праксом Европске уније, отпад може променити статус, тј. престати да буде материја или предмет који се одбацује. Поједине врсте отпада престају да буду отпад ако се поново користе. Да би материјал или предмет престао да буде отпад треба да испуни одређене техничке услове и стандарде, да има посебне намене, да постоји тржиште или потражња за њим и да поновна употреба не доводи до штетног утицаја на околину и људе. Решење о престанку статуса отпада доноси министарство и о томе обавештава Европску комисију.

1.3.2.5. Закон о амбалажи и амбалажном отпаду

Иако се у првом тренутку може чинити да је Закон о амбалажи и амбалажном отпаду (2018) само пратилац Закона о управљању отпадом, његов утицај на поступање са отпадом је далеко значајнији. Будући да се овим законом уређује састав амбалаже и критеријуме које треба да испуни за пуштање у промет има велики утицај на поступање са амбалажним отпадом и његовом евентуалном даљом употребом и третирањем након одбацивања. Друга питања која овај закон покрива су поступање са амбалажом и амбалажним отпадом, обавезе произвођача и оператера, извештавање, економске мере и друго.

Основна начела којим се воде одредбе овог закона су у складу са темељним принципима очувања животне средине. Захтеви и принципи којима се управљање амбалажом води јесу да је одговорност подељена по принципу „загађивач плаћа“, генерисање је потребно смањити, посебна пажња се посвећује поновној употреби или искоришћењу у виду компоста, енергије, као и рециклажи, док се општим циљем може сматрати смањење количине коначног одлагања и максимално смањење штетност по животну средину. Начело хијерархије управљања отпадом чини значајан део закона који уређују управљање отпадом. Иако у Закону о амбалажи и амбалажном отпаду (2018) начело хијерархије није наведено као појединачно начело, кроз приказане принципе у закону јасно се препознаје иста идеја. Такође, закон дефинише специфичне захтеве које произведена амбалажа мора да испуњава, као што су безбедност и здравствена исправност, функционалност амбалаже, али и прихватљивост од стране потрошача (члан 9).

Значајност примене овог закона огледа се и у податку да је 2018. године амбалажни отпад чинио 28,1% укупне количине чврстог комуналног отпада (EPA, 2019). Према закону руковање комуналним амбалажним отпадом постаје обавеза крајњег корисника, који је дужан да прикупља, разврстава и одвојено складишти, одложи или проследи/врати овај отпад на прераду и поновно искоришћавање (члан 20).

1.3.3. Локална политика у области управљања отпадом

Стратегија развоја града Београда, усвојена 2017. год, као један од циљева има да Београд постане „одржив, отпоран и обновљив град“. Развојни императиви града Београда укључују санацију депоније у Винчи, транзицију ка регионалном управљању отпадом и успостављање рециклаже (Градска управа Града Београда, 2011). Депонија у Винчи јесте санирана и током 2021. је почела са радом (Бео чиста енергија, 2024). Такође, стратешки циљ био је и организовање сакупљања отпада са обухватом од 100% до 2021. године. Међутим, према подацима за 2023. годину, циљани обухват

сакупљања отпада на територији Београда није достигнут и износи 88,3% (АЗЖС, 2024).

Стратегијом развоја града Београда (2017) примећује се да постоји могућност коришћења отпада у енергетске сврхе „комунални отпад је потенцијално најзначајнији вид обновљиве енергије у Београду“ (Стратегија развоја града Београда, 2017). Као меру за постизање унапређења комуналне организације, Стратегија наводи успостављање система сакупљања и третирања комуналног отпада, а који се реализују, између осталог, и стварањем инфраструктуре за примарно сортирање комуналног отпада, успостављањем постројења за управљање отпадом у Винчи и оспособљавањем депоније са санитарним стандардима. Циљеви Стратегије развоја града Београда нису у потпуности испуњени, посебно у делу који се тичу примарне селекције отпада и повећање степена рециклаже.

Нова Стратегија развија града Београда до 2027. године усвојена је 2022. год. Она дефинише развојне приоритете града, од којих је један и одрживи развој градског подручја. Достизање овог стратешког циља огледа се, између осталог, и у следећим задацима: оптимизацији процеса управљања отпадом, имплементацији принципа циркуларне економије, јачању капацитета за подршку одрживог раста урбаних средина. Тежи се повећању процента рециклаже. Мере које се планирају кроз конкретне активности и доводе до достизања приоритетних циљева. Такве мере обухватају унапређење обима и оптимизацију процеса управљања отпадом, унапређење управљања и информисања о неопходности правилног поступања са отпадом, повећање стопе сепарације отпада, повећање стопе рециклаже отпада, промовисање производње и потрошње производа и услуга који задовољавају стандарде циркуларне економије, повећање транспарентности и ангажовање јавности у планирању и реализацији активности заштите животне средине. Град се обавезује да ће тражити начине за коришћене алтернативних потенцијала за производњу енергије и да ће улагања усмеравати у изградњу објеката за производњу енергије из комуналног отпада. Према Стратегији (2022) планирано је да изградња постројења за спаљивање на депонији у Винчи обезбеди да две трећине комуналног отпада буде третирано. Постројење би обезбедило производњу топлотне и електричне енергије.

Утврђивање услова за управљање комуналним отпадом налази се у надлежности града, као и критеријума за његово одлагање (члан 8, Закон о главном граду, 2019). Такође, Град је у обавези да донесе програм којим се прописују мере спречавања генерисања отпада од пластичних кеса, као и план за имплементацију истог (члан 8). Закон о главном граду, чланом 12, предвиђа да Скупштина локалне самоуправе регулише поступке одлагања комуналног отпада и дефинише услове за рад и развој комуналних услуга, у шта спада и управљање отпадом (Закон о комуналним делатностима, 2018).

Године 2015. усвојен је Програм заштите животне средине Града Београда (Програм), води се основним начелима којима се води и целокупна заштита животне средине у Србији. Како би се осигурала безбедност и омогућила максимална искоришћеност потенцијала града, Програмом (2015) се предвиђа да до 2025. године у Београду буде заустављена деградација и унапређена животна средина, достигнут висок стандард који одговара природном потенцијалу и циљевима развоја, постигнута равнотежа природних капацитета и градских потреба, уведен систем за интегрално управљања природним ресурсима, уз примену критеријума континуираног унапређења околине, у друге секторске политике, повећана еколошка освешћеност грађана уз спремност за ангажовањем.

Отпад је Програмом (2015) препознат као фактор ризика за животну средину. Предвиђа се да ће на територији Београда до 2033. године количине генерисаног отпада

износити 856.000 тона годишње (Програм заштите животне средине Града Београда, 2015). Проблеми везани за отпад тичу се како комуналног, тако и индустријског отпада. Програмом (2015) је оцењено да је организовано сакупљање отпада, у деловима града где постоји, добро, међутим, препознати су недостаци у вези са опремљеношћу и дистрибуцијом контејнера и неодговарајући број специјализованих возила. Ово као последицу има и неадекватно организовано или, на неким општинама, непостојеће системско издвајање рециклабилног материјала из комуналног отпада. Поред званичних депонија, које саме не испуњавају основне захтеве заштите животне средине, регистрован је и велики број дивљих депонија. Програмом (2015) је указано да су грађани погођени штетним утицајем неефикасног система сакупљања отпада да растућа тенденција генерисања отпада може само додатно отежати ситуацију „уколико би се ове количине и оваква структура отпада третирала на начин како је то рађено до сада, последице по грађане Београда, животну средину и функционисање комуналног система биле би озбиљне“ (Програм заштите животне средине Града Београда, 2015).

Посебан циљ Програма заштите животне средине (2015) у сектору отпада огледа се у успостављању функционалног система за селективно сакупљање, поновно искоришћење и рециклажу отпада, уз повећање ефикасности и територијалне покривености система сакупљања. Међутим, рециклирање и контролисано одлагање отпада, иако су циљеви сами за себе, могу допринети и заштити земљишта, као необновљивог ресурса града, од деградирања и смањења услед антропогеног утицаја; док изградња санитарне депоније са постројењем за коришћење депонијског гаса може утицати на смањење потрошње конвенционалних извора енергије. Унапређење менаџмента отпада имаће позитивне последице на околину, људе, али и на економски аспект друштва.

Спровођење Програма (2015) реализује се кроз акциони план. Циљеви и задаци Програма (2015) су акционим планом разрађени у конкретне активности, мере и пројекте, административног, техничко-технолошког и законског типа, установљене су надлежности, дефинисани рокови и, где је могуће, предвиђени су извори финансирања.

Остваривање посебног циља Програма за заштиту животне средине, везаног за отпад, реализује се кроз више корака. Активности које овај план обухвата подељене се на шест задатака, који се остварују кроз појединачне активности, мере и пројекте. Задаци које треба реализовати, у вези са управљањем комуналним отпадом обухватају: стварање функционалног оквира за примарну сепарацију, осигурати оперативне капацитете у индустрији за третман рециклабилних елемената отпада, развити систем за управљање посебним токовима отпада, повећати покривеност сакупљања отпада, имплементирати нови систем сакупљања прилагођен зонирању града и , препознат као приоритетан задатак, побољшати одлагање отпада. Иако су планиране активности имале рок за завршетак од 2016. до 2021. год, задаци ипак нису у потпуности довршени.

Главни документ који дефинише кораке и детаљно планира развој система интегралног управљања отпада у Београду је Локални план управљања отпадом града Београда 2021–2030, израђен од стране Географског факултета, а који је наследио план за период од 2011. до 2020. године. План управљања отпадом израђен је ради успостављања одрживог систем управљања отпадом. План је рађен за територију од четрнаест београдских општина будући да су се општине Барајево, Лазаревац и Обреновац потписале Споразум о заједничком управљању отпадом са општинама Уб, Коцељева, Владимирци, Ваљево, Љиг, Мионица, Лајковац, и Осечина, чиме су се обавезале да партнерски управљају отпадом са својих територија. Основни циљ је развијање система управљања отпадом у сврху постизања смањења генерисања отпада и повећању искоришћености ресурса (Географски факултет, 2020).

Планом из 2020. године постављени циљеви до 2023. године били су, поред санације и изградње санитарне депоније у Винчи, изградња четири трансфер станице, изградња четири линије за секундарну сепарацију рециклабилног отпада, четири линије за преглед отпада који би се транспортовао у постројење за производњу енергије, искоришћење депонијског гаса у Винчи, затварање депонија у Гроцкој, Младеновцу и Сопоту и санацију постојећих сметлишта, која су до сада функционисала без минималних задовољавајућих санитарних услова. Планирано је да до 2024. године у Винчи буде изграђен погон за добијање енергије из отпада, који је, како су неки медији известили, отворен крајем 2024. године (Beta, 2024).

У циљу развијања рециклаже, као први елемент система који је у непосредном додиру са становништвом, предвиђа се постављање контејнера за примарну сепарацију. Између осталог, наводи се да је неопходно „изградити постројење за третман комуналног отпада у Београду…и постројење за компостирање зеленог отпада“ (Географски факултет, 2020). Такође, предвиђена је и измена конвенционалних контејнера подземним контејнерима, како би се допринело унапређењу хигијене и естетике градских улица. Међутим, сведоци смо да пројекат постављања подземних контејнера није адекватно решен будући да су на појединим локацијама у граду враћени стари конвенционални контејнери, а подземни контејнери су затворени (слика 15). Иако је планом (2020) циљано да до 2022. године обим сакупљања комуналног отпада буде 100%, овај задатак није испуњен.



Слика 15. На локацији Булевар краља Александра 518, подземни контејнери су затворени и враћени су конвенционални контејнери (Фотографија: Ана Тасић)

1.3.4. Усклађивање политике Србије са политиком Европске уније

Званична политика Србије, да приступи Европској унији, са собом носи и структурне промене у систему функционисања различитих сфера друштва. Србија се обавезала на усклађивање унутрашњег законодавства са правним тековинама ЕУ Резолуцијом о придруживању Европској унији 2004. год. У резолуцији се наводи да се Србија обавезује да ће усклађивање законодавства „добити приоритет у раду Народне скупштине Републике Србије, укључујући и увођење посебних процедура за побољшање ефикасности тог процеса“ (Резолуција о придруживању Европској унији, 2004). С тога се спор развој еколошке законске регулативе у Србији мења почетком 21. века, усвајају се модерни закони који су након тога још неколико пута ревидирани.

Споразумом о стабилизацији и придруживању из 2008. год. унапређен је однос Србије и Европске уније на сарадњу највишег нивоа, политичку, економско–трговинску и институционалну, а истим је добијен статус и придружене државе ЕУ (Мећак & Будимир, 2013). Уследило је подношење захтева за чланство у ЕУ крајем 2009. године, да би 2012. год. Србија постала кандидат (Делегација ЕУ у РС, 2021). Како би Србија остварила чланство неопходно је да прихвати и у свој систем имплементира правне тековине Европске уније. Уведен је Процес стабилизације и придруживања, који за циљеве има политичку стабилност, тржишну економију, унапређену регионалну сарадњу и коначно чланство у ЕУ (ЕУ инфо, 2015). Прихватањем права ЕУ, ови акти постају правно јачи од акта донетих од стране државних органа (Мећак & Будимир, 2013).

Национални програм за усвајање правних тековина ЕУ (NPAA) излаже дефинисану стратегију за усклађивање прописа Републике Србије са прописима европског законодавства (МЕИ, 2019,а). Сфере које кандидат треба да усклади обухватају 35 преговарачких поглавља (ЕУ инфо, 2015). Србија је у децембру 2015. год. отворила прва поглавља, о финансијском надзору и остала питања, на другој Међувладиној конференцији о приступању Србије ЕУ (Делегација ЕУ у РС, 2021), са првом темом „Нормализација односа Србије и Косова“ (ЕС, 2020,е). Седам месеци касније уследило је отварање поглавља (Делегација ЕУ у РС, 2021) о правосуђу, основним правима, правди, слободи и безбедности, која се према искуству ЕУ сматрају најкомплекснијим (ЕУ инфо, 2015). До краја 2019. године, отворено је још 14 поглавља, која се тичу: јавних набавка, науке и истраживања, образовања и културе, предузетништва и индустријске политике, интелектуалне својине, царинске уније, права привредних друштава, економских односа са иностранством, рибарства, финансијских и буџетских одредби, економске и монетарне политике, статистике, финансијских услуга и слободног кретања капитала (ЕС, 2020,е; Делегација ЕУ у РС, 2021). Када у једној области дође до реализације усаглашавања националног законодавства са правним оквиром ЕУ (Мећак & Будимир, 2013) и ако се све државе чланице сложе да су испуњена мерила за затварање, поглавље се привремено затвора будући да се ЕУ води тиме да „ништа није коначно договорено, док се све не договори“ (HM Government, 2014). Од укупно 18 поглавља, колико је Србија у преговорима отворила, привремено су затворена само два - наука и истраживање и образовање и култура (ЕС, 2020,е).

Најинтересантније поглавље је 27, које се бави животном средином. Како око трећина прописа Европске уније обухватају питања заштите животне средине, док приближно четвртина трошкова произилази из прописа у области управљања отпадом (Народна скупштина РС, 2016), јасна је сигнификантност регулисања ове области. Наводи се да у Србији генерално постоје административне структуре надлежне за спровођење и извршавање задатака у области заштите, међутим недовољног капацитета, као и да се услед неопходних високих финансијских улагања могу очекивати одређени проблеми (Screening report Serbia, Chapter 27 - Environment, 2016). Достизање циљева заштите животне средине постиже се развијањем интегрисаног система за управљање отпадом. Пуна имплементација новог система је очекивана до 2034. године (Screening report Serbia, Chapter 27 - Environment, 2016).

У области управљања отпадом директиве Европске уније су углавном имплементиране у законску регулативу Србије. Према предлозима НПАА (2018) израђен је и нацрт нове Националне стратегије управљања отпадом за период 2019 – 2024, која је неопходна за успостављање стратешких оквира за управљање отпадом и усклађивање са директивом ЕУ о отпаду (2008/98/ЕС) (Успостављен стратешки оквир за управљање отпадом у Србији, 2020). Плановима за усклађивање са правним

токовима ЕУ најављено је усвајање стратегије управљања отпадом планирано за период од 2018. до краја 2020. године (Министарство за европске интеграције, 2018), међутим Програм управљања отпадом у Републици Србији усвојен је тек 2022. године, за период 2022-2031. године. За период од 2021. године према НПАА (2018) предвиђа се даља имплементација новог стратешког документа, али и развој система како би се до 2030 год. достигла рециклажа комуналног отпада од минимум 50%, а амбалажног отпада минимум 55%, као и прераде минимум 60% амбалажног до краја 2025. године, док се успостављање мреже постројења за управљање отпадом планира за период од 2032. до 2034. године. Овакви циљеви могу представљати изазов будући да је у Србији заступљеност рециклаже на веома ниском ниво (Европска комисија, 2020).

Иако се у извештају Европске комисије (2020), о напретку државе кандидата, наводи да је Србија достигла висок ниво усклађености локалних закона са правним тековинама ЕУ, посебно је добар ниво усклађености у области управљања отпадом, спровођење закона није на адекватном нивоу. Оцена Европске комисије је да је Србија достигла одређени ниво припремљености, али да је остварен ограничен напредак (Европска комисија, 2020). Препоруке Европске уније наводе да је потребно да се Србија фокусира на повећање административних и финансијских капацитета, да изгради систем управљања инвестицијама, како би коришћење средстава обезбеђено накнадама за заштиту и унапређење животне средине било искоришћено у ту сврху (Европска комисија, 2020). Зелени фонд, основан још 2016. године (Одлука о оснивању Зеленог фонда Републике Србије, 2016) и даље није потпуно функционалан (Европска комисија, 2020). Иако и ранијих година Зелени фонд није у потпуности коришћен, током 2020. године, услед новонастале ситуације настале ширењем SARS-CoV-2 вируса, буџет Зеленог фонда је смањен за чак 25%, како би се финансирале постојеће потребе изазване пандемијском кризом (Европска комисија, 2020). Током 2020. године у процесу приступања Србије Европској унији нису начињени значајни кораци, пандемија болести COVID-19 значајно је утицала на привреду погођених држава. Ипак мора се приметити да се Извештаји Европске комисије о напретку Србије, достављени Србији 2016, 2018. и 2020. године доста подударају у погледу захтева која се очекују да Србија испуни. Европска комисија наводи и да повећање административних капацитета треба бити праћено како појачавањем инспекцијских служби тако и унапређеном међуинституционалном сарадњом, нарочито институција на републичком и локалном нивоу (Европска комисија, 2020). Напредак Србије у области управљања отпадом приметан је само у сектору стратешког планирања. Недостатак административних капацитета утиче и на спровођење надзора, што за последицу има слабу примену ових закона, чиме изостаје адекватна реакција и сузбијање кршења закона у овој области. За примену закона и имплементирање стратешких докумената неопходно је јачање финансијских капацитета. Иако је идеја буџетског Зеленог фонда осмишљена на адекватан начин, он ипак није оптимално искоришћен.

У јануару 2020. године Влада Републике Србије је усвојила документ чиме је обезбедила услове за отварање поглавља о животној средини, са визијом да ће исто бити отворено 2020. године (Преговарачка група 27, 2020). Међутим, у марту 2020. године ревидирана методологија проширења за Западни Балкан је одобрена од стране Савета ЕУ (МЕИ, 2024,а). Нова методологија као кључну новину уводи постојање шест кластера који обухватају претходна 33 поглавља, док поглавља Институције и Остала питања остају ван ових кластера. Поглавље о животној средини припада кластеру 4, заједно са поглављима: транспортна политика, енергетика и транс-европске мреже (МЕИ, 2024а). Децембра 2021. године на конференцији у Бриселу донета је одлука о отварању кластера четири: „Зелена агенда“ и инфраструктурно повезивање (МЕИ,

2024б). Како би се убрзао процес преговора о приклучењу, Влада је усвојила Реформску агенду Републике Србије у октобру 2024. године (МЕИ, 2024,б).

1.4. Управљање комуналним отпадом у Београду – актуелно стање

Систем управљања комуналним отпадом један је од основних комуналних система неопходних за функционисање једног града. Значај се огледа у његовом утицају не само посматрано са естетског аспекта, већ и веома битног утицаја на хигијену града, јавно здравље становништва и животну средину. Да би сâм систем био функционалан морају се узети у обзир основни параметри, као што су величина града, пространост, административна подела, надлежности, као и количине генерисаног и састав комуналног отпада.

1.4.1. Административна подела града и надлежности

Територија Београда административно је подељена на 17 градских општина, а то су: Нови Београд, Вождовац, Звездара, Палилула, Стари град, Савски венац, Земун, Раковица, Врачар, Чукарица, Барајево, Гроцка, Лазаревац, Младеновац, Обреновац, Сопот и Сурчин (РЗС, а). На слици 16 приказана је административна подела и територијални распоред општина на подручју Београду. Уредба о номенклатури статистичких територијалних јединица (2010), члан 8, територију Града Београда укључује у састав Београдског региона чија је површина 3234 km^2 (РЗС, 2019,б).



Слика 16: Границе и административна подела територије Београда (Основна карта: РЗС – Општине/градови Републике Србије); Легенда: 1.Стари град, 2.Врачар, 3.Савски венац, 4.Звездара, 5.Нови Београд, 6.Раковица, 7.Вождовац, 8. Чукарица

Из приказане карте јасно се види да површине градских општина значајно варирају, што је фактор који утиче на формирање система управљања отпадом. Највећа градска општина је Палилула са површином 451 km^2, док најмању површину заузима Врачар са 3km^2 (РЗС, 2019,б). Расподела броја становника по општинама је, такође, неједнака. Највише људи живи на Новом Београду, укупно 213.040 становника, док најмањи број становника има Сопот, тек 19.788 (РЗС, 2020, в). Табела 11 приказује градске општине Београда према броју становника од највећих ка најмањим, са површинама и густином насељености.

Табела 11. Општине Београда према броју становника са приказаним површинама територије и густином насељености

	Општина	Број становника*	Површина* (km^2)	Густина насељености (st/km^2)
1.	Нови Београд	213.040	41	5.196,1
2.	Палилула	184.488	451	409,1
3.	Чукарица	177.108	157	1.128,1
4.	Земун	175.550	150	1.170,3
5.	Вождовац	169.495	148	1.145,2
6.	Звездара	168.118	31	5.423,2
7.	Раковица	107.827	30	3.594,2
8.	Гроцка	86.908	300	289,7
9.	Обреновац	72.085	410	175,8
10.	Врачар	57.856	3	19.285,3
11.	Лазаревац	56.595	383	147,8
12.	Младеновац	51.613	339	152,2
13.	Сурчин	46.815	288	162,6
14.	Стари град	44.613	5	8.922,6
15.	Савски венац	35.359	14	2.525,6
16.	Барајево	26.798	213	125,8
17.	Сопот	19.788	271	73

(Извор: 318*)

Неједнак просторни распоред становништва и територијална подела града имају значајан утицај у формирању система. Будући да су велике разлике у густини насељености према општинама, крећући се у распону од 73 st/km^2 до 19.285,3 st/km^2, сама инфраструктура неопходна за организовање одношења отпада се разликује.

Одржавање чистоће, према члану 5, обављају јавна комунална предузећа или се може поверити другом предузећу, предузетнику (Одлука о одржавању чистоће, 2017). На територији града Београда подељена је надлежност одржавања чистоће међу више предузећа. У Београду оперише седам предузећа у чијој су надлежности, између осталог, сакупљање комуналног отпада и његово одлагање. ЈКП „Градска чистоћа“ управља комуналним отпадом са територије 11 градских општина: Старог града, Врачара, Савског венца, Палилуле, Земуна, Новог Београда, Раковице, Звездаре, Вождовца, Чукарице и Сурчина (ЈКП Градска чистоћа, 2020,б). Комунална предузећа „Обреновац“, „Младеновац“, „10. Октобар“ Барајево, „Лазаревац“, „Еко Гроцка“, „Сопот“ обављају делатност одношења и одлагања отпада са својих општина.

1.4.2. Количине генерисаног отпада у Београду

Начин одређивања количине генерисаног комуналног отпада и његовог морфолошког састава дефинисан је Правилником о методологији за прикупљање података о саставу и количинама комуналног отпада на територији јединице локалне самоуправе (2020) (у тексту овог одељка: Правилник). Према члану 2 овог Правилника јединица локалне самоуправе, преко комуналних предузећа, обезбеђује прикупљање података о комуналном отпаду на својој територији.

Упутство о прикупљању података о количинама генерисаног комуналног отпада дато је у Прилогу 2 истог Правилника. Количине се одређује разликом у мерењу оптерећеног и празног камиона смећара, мереном на колској ваги комуналног предузећа или другог привредног субјекта. Мерење се врши недељу дана, сваки дан, четири пута годишње (фебруар, мај, август и новембар). Мере се сви камиони који сакупљају отпад тог дана, према предвиђеном дневном распореду сакупљања за сваки камион.

Према достављеним подацима од ЈКП „Градска чистоћа“ на територији 11 београдских општина сакупљено је 541.496 тона мешаног комуналног отпада за посматран годишњи период, док је примарно сортираног комуналног отпада сакупљено 6.375,24 тоне. Јавна комунална предузећа која сакупљају отпад са осталих београдски општина доставила су податке о сакупљеном мешаном комуналном отпаду и примарно сортираном комуналном отпаду, приказане у табели 12.

Табела 12: Количине сакупљеног мешаног комуналног отпада и примарно сортираног по општинама, према достављеним подацима

Општина	Мешани комунални отпад (t/год)	Примарно селектован отпад (t/год)	Систем 2 канте	
			MPO[1]	Остало
Вождовац	51.966			
Врачар	18.090			
Звездара	43.547			
Нови Београд	65.229			
Палилула	54.907			
Раковица	20.487			
Савски венац	24.662			
Стари град	18.103			
Чукарица	46.239			
Земун	77.546			
Сурчин				
Недефинисано уже градско језгро	120.720			
Укупно уже градско језгро	541.496	6.375,24	4.483,73	850,06
Барајево	8.160	/	/	/
Гроцка	29.220	336		
Лазаревац	25.000			
Младеновац	21.500	86,67		
Обреновац	16.000	46		
Сопот	31.486	/	/	/
Укупно	672.862	6.843,91	4483,73	850,06

[1]Мешани рециклабилни отпад

Из табеле 12 може се закључити да укупне количине чврстог мешаног комуналног отпада на територији Београда достижу 672.862 тона годишње. Такође, према достављеним подацима, годишње се сакупи 6.843,91 тона примарно сортираног отпада и још 5.333,79 тона системом „две канте“ што укупно чини количину од 685.039,7 тона чврстог комуналног отпада на територији Београда. Из приложених табела (11 и 12) може се закључити да се највеће количине мешаног комуналног отпада сакупљају на територијама општина са највећим бројем становника (Нови Београд, Палилула, Чукарица, Земун са Сурчином).

1.4.3. Морфолошки састав комуналног отпада у Београду

Поменутим Правилником (из 1.4.2), такође, одређује се и методологија прикупљања података о саставу комуналног отпада. Морфолошки састав отпада разликује се зависно од места настанка, а на њега утичу фактори као што су степен развоја и урбанизације насеља, животни стандард, годишње доба, клима регије, географски положај насеља. Правилник (2020) Прилогом 1 прецизира да се прикупљају подаци за комунални отпад из домаћинстава, одвојено сакупљени отпад, као што су стакло, папир и картон и други.

Према званичној методологији, морфолошки састав отпада се одређује анализом састава отпада из одређених зона становања, а члан 3 Правилника (2020) дефинише зоне прикупљања:

a. Урбана зона – поред сектора за индивидуално и колективно становање, обухвата и комерцијалну зону,
b. Рурална зона сектора становања.

Узорак се формира случајним одабиром отпада из обе зоне – урбане и руралне, а масе око 500 kg. Посебно је предвиђена временска димензија узорковања која узима у обзир сезонске варијације, тако испитивање обухвата узорке узете на пролеће, лето, јесен и зиму. Узорак се ручно разврстава и издваја према каталогу сортирања, Прилог 1 Правилника (2020). Будући да је истоимени Правилник из 2010. године разликовао три зоне – секторе, тј. урбана зона је била подељена на сектор за индивидуално и колективно становање, могла је боље да се уочи диференцираност морфолошког састава комуналног отпада у зонама са објектима са различитим видом становања. Правилник (2020) предвиђа да се „анализа морфолошког састава комуналног отпада врши…посебно за урбану и посебно за руралну зону“; у Годишњем извештају о управљању комуналним отпадом за 2019. годину приказана је једна вредност.

Будући да територија Београда обухвата како густо насељене делове тако и зоне са сеоском конфигурацијом насеља очекивано је да се морфолошки састав отпада разликује. Приказани подаци (табела 13) о морфолошком саставу отпада представљају податке достављене од стране јавних комуналних предузећа и Агенције за заштиту животне средине, прослеђене у виду Годишњег извештаја о управљању комуналним отпадом за 2019. годину. Подаци за централне општине Београда (у табели 13: Београд) обухватају 11 градских општина: Нови Београд, Вождовац, Звездара, Палилула, Стари град, Савски венац, Земун, Врачар, Чукарица, Раковица и Сурчин. Будући да подаци о морфолошком саставу отпада на територији Лазаревца нису достављени неће бити део приказане анализе. Категорије отпада (лево) у табели 13 приказане су као у Прилогу 1 Правилника о методологији за прикупљање података о саставу и количинама комуналног отпада на територији јединице локалне самоуправе (2020), а са десне

стране врсте отпада како су приказане фракције у Годишњем извештају о управљању комуналним отпадом за 2019. годину, образац ком1, као и према достављеним подацима од комуналних предузећа тј. приказане су разлике у класификацији.

Табела 13: Морфолошки састав отпада – масени удео (%) појединачних категорија отпада у укупно генерисаном чврстом комуналном отпаду на територији Београда

Категорије и поткатегорије отпада према Правилнику (2020)		Београд	Обреновац	Младеновац	Сопот		Барајево		Гроцка	Различито дефинисане врсте отпада на обрасцу ком1 и др.
Папир и картон (п и к)		6,25	6,78	15,06	П	К	П	К	11	
					5	2	6	2,5		
Метали (амбалажа, феросни и нефероснi метали)	Амбалажа од алуминијума	1,42		1,01	1		0,5		2,49	Алуминијумске конзерве
	Амбалажа од гвожђа и челика	0,00		2,02					7,70	Метал – ферозни амбалажни
	Други ферозни метали	2,21	2,50	2,02					7,70	
	Други нефероснi метали	0,00		1,01					1,10	
							0,5			Метал - амбалажни и остали
Пластика (амбалажа и друга пластика)	PET амбалажа	6,01	5,10	5,10	1		18		10,57	
	Друге врсте пластичне амбалаже	0,00		1,01					0,05	
		4,81		6,07	3		0,8		0,08	Пластичне кесе
	Друге врсте пластике									
		2,62	4,12	4,16					6,09	Остала пластика
							0,3			Тврда пластика
Стакло	Амбалажно стакло	2,27	2,98	5,10	4		1		5,79	
	Друге врсте стакла									
Категорије и поткатегорије отпада према Правилнику (2020)		Београд	Обреновац	Младеновац	Сопот		Барајево		Гроцка	Врсте отпада на обрасцу ком1

Биоразградив отпад	Биоразградив отпад из кухиње и ресторана	27,22	27,79	40,45	70	51	7,70	
	Биоразградив отпад из баште и паркова				10	18		
Небиоразградиви отпад из баште и паркова								
Дрво	Дрвена амбалажа							
	Друге врсте дрвета							
Текстилни отпад	Текстилна амбалажа	3,33	3,87	5,07	1	0,3	4,40	
	Текстилни отпад							
Батерије и акумулатори	Батерије							
	Акумулатори							
Отпадна електрична и електронска опрема								
Композитни материјали	Композитна амбалажа	3,64		2,02	1	0,5	5,50	
	Остали композитни материјали							
Гума		0,00	0,69	2,02			2,20	
Кожа						0,3		
Пелене					2	0,3		
Фини елементи[1]		22,60		6,29			2,20	
Кабасти отпад								
Мешана амбалажа								
Категорије и поткатегорије отпада према Правилнику (2020)		Београд	Обреновац	Младеновац	Сопот	Барајево	Гроцка	Врсте отпада на обрасцу ком1
Остали комунални отпади[2]		17,61	46,16	1,58			25,44	
Мешани отпади који нису обухваћени изнад[3]								

[1] Правилник (2020) фине елементе дефинише као све остатке отпадака (прашина, песак, фрагменти стакла, пепео и др) који прођу кроз сито од 20mm.

[2] Односи се на мешани комунални отпад (Правилник, 2020).

[3] Обухвата „све остале врсте отпада, које не припадају наведеним групама, а могу се наћи у комуналном отпаду“ (Правилник, 2020).

Како се морфолошки састав отпада разликује према типу насеља разликује се и неопходна инфраструктура система управљања отпадом. Насеља градских општина подељена су на насеља градског типа и остала насеља. У табели 14 су приказани подаци пописа о броју становника према типу насеља по општинама.

Табела 14. Број становника према типу насеља по општинама

Општина	Број насеља градског типа	Бр. становника у насељима градског типа	Број осталих насеља	Бр. становника у осталим насељима
Врачар	1	56.333	0	/
Нови Београд	1	214.506	0	/
Чукарица	5	151.919	3	29.312
Звездара	1	151.808	0	/
Вождовац	3	145.124	2	13.089
Сурчин	2	26.708	5	17.111
Стари град	1	48.450	0	/
Сопот	1	1.920	16	18.447
Обреновац	1	25.429	28	47.095
Младеновац	1	23.609	21	29.487
Барајево	0	/	13	27.110
Земун	1	157.363	1	10.807
Гроцка	1	8.441	14	75.466
Савски венац	1	39.122	0	/
Палилула	3	159.465	5	14.056
Раковица	1	108.641	0	/
Лазаревац	1	26.006	32	32.616
Укупно	25	1.344.844	140	314.596

На територији Београдског региона постоји укупно 165 насеља, од чега је 25 насеља градског типа и 140 осталих. У насељима градског типа живи око милион више становника него у осталим насељима. Начин живота, степен урбанизације и територијална расподела становништва је несразмерна. Морфолошки састав отпада за градски тип насеља може се добити из достављених података од комуналног предузећа за 11 градских општина. За остала насеља морфолошки састав је могуће одредити користећи аритметичку средину вредности за општине где удео становништва у насељима која нису градског типа прелази 90% укупног становништва посматране општине. Резултати су приказани у табели 15. Из табеле је јасно уочљива разлика у морфолошком саставу отпада према типу насеља са изразитом доминацијом биоразградивог отпада у насељима која нису градског типа.

Табела 15. Морфолошки састав отпада – удео (%) појединачних врста у укупно генерисаном чврстом комуналном отпаду у Београду према типу насеља

Врста отпада (%)	Тип насеља	
	Градска	Остала
Папир и картон	6,25	8,83
Метал	3,63	7,00
Пластика	13,44	13,30
Стакло	2,27	3,60
Биоразградиви	27,22	52,22
Текстил	3,33	1,90
Остали отпад*	43,85	13,15

*Према достављеним подацима од стране комуналних предузећа и Агенције за заштиту животне средине остали отпад обухвата категорије отпада: композитни материјали, гума, кожа, пелене, фини елементи, остали комунални отпад.

1.4.4. Сакупљање и третирање отпада на територији 17 општина града Београда

Посебан проблем представља недовољан обухват прикупљања комуналног отпада из домаћинстава. Према подацима приказаним у табели 16. приметно је да једино насеља ужег градског језгра, једанаест београдских општина, имају потпуну покривеност домаћинстава радом ЈКП Градска чистоћа (ЈКП Градска чистоћа, 2020,в), и насеља општине Барајево (Еко-Тамнава, 2024). Према достављеним подацима од стране комуналних предузећа, висок ниво обухвата прикупљања комуналног отпада из домаћинстава имају још и општина Гроцка, док најнижи имају Лазаревац (ЈПКП Лазаревац, 2020,а) и Младеновац (ЈКП Младеновац, 2020). Поједина насеља у целини нису обухваћена радом локалног комуналног предузећа, док ретко које насеље ван ужег градског језгра има потпуни обухват; таква насеља су у нпр. општини Обреновац насеља Обреновац и Барич, док у општинама Младеновац и Лазаревац ниједно насеље нема потпун обухват организованог одношења отпада од стране комуналног предузећа. Поред овако поражавајућег стања у руралним деловима територије Београда, ипак се мора приметити да је услугом сакупљања отпада покривено преко 95% становништва града (Географски факултет, 2020).

Табела 16. Приказ обухвата прикупљања комуналног отпада из домаћинстава

Општина	Укупан број насеља на општини	Број насеља где је организовано одношење отпада	Удео (%) домаћинстава обухваћена одношењем отпада
Београд (11 општина)	/	/	100
Гроцка	15	15	95,50
Барајево	13	13	91,88 (100*)
Обреновац	22	22	87,75
Сопот	15	15	85
Младеновац	22	14	63,65
Лазаревац	33	28	52,78

(*309)

1.4.4.1. Једанаест градских општина Београда

Према доступним подацима, ЈКП „Градска чистоћа“ прикупља комунални отпад са 11 београдских општина. Поред контејнера за сакупљање мешаног комуналног отпад, постављена су и рециклажна острва, тзв. „зелена острва“ која обухватају контејнере за примарно сортирање отпада, тј. сакупљање унапред одвојеног комуналног отпада. На територији Београда постоји 103 рециклажних острва, а постављање нових контејнера планирано је на још толико локација (Географски факултет, 2020). Поред ових могу се наћи и подземни контејнери за сакупљање мешаног рециклабилног комуналног отпада, али и места где су постављена рециклажна звона за сакупљање стакла (ЈКП Градска Чистоћа, 2020,а). На територији Београда отворена су и три рециклажна дворишта на општинама Вождовац, Нови Београд и Палилула. На овим локацијама грађани могу да донесу отпад посебних токова, као што су електрични и електронски отпад, батерије, грађевински, кабасти, зелени отпад и други. (Географски факултет, 2020)

Да би се стимулисала рециклажа поједине општине организују акције. Тако су током априла и до средине маја 2021. године грађани могли да се пријаве да учествују у програму „Стари град мисли на рециклажу“. Предвиђено је да пријављени грађани добију бесплатне кесе за одвајање појединих врста отпада, али и награду за своје

ангажовање. Будући да је кесе неопходно појединачно преузети, да се одношење отпада врши једном недељно и да је предвиђени стимуланс 20% попуста на ставку „изношење смећа“ на рачуну Инфостана (ГО Стари град, 2021), може се закључити да сама акција није практично организована за ширу популацију и да се своди на свест самих грађана о битности рециклаже и њихову личну заинтересованост да учествују.

Подаци Годишњег извештаја о управљању комуналним отпадом за 2019. год, наведе да „Градска чистоћа“ посебно сакупљен отпад папира и картона, метала, опасног отпада као што су акумулатори, батерије, електронска и електрична опрема, затим отпадне гуме, као и амбалажног отпада од папира и картона, пластике и стакла даље предаје другим предузећима на поновно искоришћење, третман или извоз. На поновно искоришћење или даљи третман предато је 5.146,79 тона примарно сортираног отпада. Отпад од папира и картона, као и амбалаже од истог материјала предати су оператерима: Технопапир, DS Smith Inos Papir Servis, Папир сервис ФХБ, Еко унија неметал и Escorpi, сви из Београда. Сакупљена пластична амбалажа предата је оператерима: Escorpi, Ивлајн Београд, Еко унија неметал, Технопапир, ММ Продукт из Лештана и Greentech из Београда, док је део сакупљене пластичне амбалаже, укупно 852,32 тона предато за извоз компанији Sava International из Београда. Сакупљена стаклена амбалажа, такође, је предата фирми Технопапир ради даљег третирања. Одвојено сакупљен метал из комуналног отпада предат је следећим предузећима Еко сервис, Darkomatic, Еко унија СН, Escorpi, Рециклажни центар М.М.Л, сви из Београда и Euro metal B&B из Смедерева. Сакупљене отпадне гуме предате су оператеру Јаблановица из Рашке, а комунални отпад који се сматра опасним (батерије, акумулатори, електронски и електрични отпад са опасним компонентама) предат је Рециклажном центру М.М.Л. Важно је напоменути да, осим рециклирања, други начини третирања отпада као што су на пример компостирање, анаеробна дигестија, инсинерација нису заступљени да територији Београда. И поред тога што биоотпад чини највећи део комуналног отпада, од биолошких третмана може се издвојити једино компостирање у оквиру појединих домаћинстава у руралним деловима града (Географски факултет, 2020). Београд располаже значајним зеленим површинама. На територији Београдског региона расположиво пољопривредно земљиште заузима површину од 253.307 ha, од чега највећи део 53,84% (136.389 ha) заузима коришћено пољопривредно земљиште у које улази површина окућница, баште, оранице, стални засади, ливаде и пашњаци (Шеварлић, 2015). Будући да површина Београда износи 323.400 ha (РЗС) и да 42,17% површине заузима коришћено пољопривредно земљиште, може се закључити да компостирање на територији Београда има велики потенцијал.

Комунални отпад сакупљен на територији ужег дела града, тј. са једанаест градских општина одлаже се на депонију Винча. Такође, општине које депонују отпад на овој депонији су и општина Гроцка, као и општина Барајево од 2004. године (Географски факултет, 2012). Депонија се налази на десној обали Дунава, на северу општине Гроцка. Лоцирано је северно од насеља Винча (Гроцка), а јужно од палилулских насеља Велико Село и Сланци (Слика 17). Депонија је у употреби од 1977. године (Градска управа града Београда, 2020,а), заузима површину од око 140 ha (Географски факултет, 2020), а на њој се током 2019. године депоновало 2.131.156,31 тона отпада (Градска управа града Београда, 2020,а). Према уговору о јавно-приватном партнерству, потписаном 2017. године, између Града Београда и фирме „Бео Чиста Енергија д.о.о.“, за пружање услуга третмана и одлагања комуналног отпада на градску депонију (Географски факултет, 2020), током 2019. године израђен је пројекат санације постојеће депоније и прибављена сагласност на исти (Градска управа града Београда, 2020,а). Санитарна депонија „Винча“ почела је са радом у августу 2021. године (Бео чиста енергија, 2024).



Слика 17: Ортофото снимак простора где је смештена депонија Винча, гранична област општина Гроцке, Палилуле и Звездаре (Основна карта: www.geosrbija.rs)

Осим на депонији Винча, са територије ужег дела града, отпад се оставља и нелегално на дивљим депонијама. У току 2017, 2018. и 2019. године, са територије општина Нови Београд, Вождовац, Стари град, Звездара, Палилула, Земун, Раковица, Чукарица и Сурчин уклоњен је отпад са дивљих депонија у запремини од 32.920 m^3 (Географски факултет, 2020). Иако је простор дивљих депонија током 2019. године чишћен, на 93,9% депонија је устаљено да се понавља дивље одлагање.

Пројекат санације депоније у Винчи израђен је током 2017. и 2018. године (Географски факултет, 2020). Уважавајући санитарне стандарде депонија у Винчи је почела са радом три године касније, а током 2024. год. кренуло је са радом и постројење за спаљивање отпада и производњу енергије (РТС, 2024). Поред поменутих 11 београдских општина, општине Гроцка, Сопот и Младеновац ће бити опредељене према овом центру. Предложена је изградња две трансфер станице са линијама за сепарацију рециклабилног материјала. Једна трансфер станица ће прихватати отпад са општина Земун, Сурчин, Нови Београд, док ће друга прихватати отпад са Чукарице, Раковице и Вождовца. Остале општине: Звездара, Савски венац, Палилула, Врачар, Стари град, Младеновац, Сопот и Гроцка ће транспортовати отпад у Центар у Винчи. Локалним планом предложена је изградња 14 центара за сакупљање сортираног рециклабилног отпада. У рециклажним двориштима грађанима ће бити омогућено да сами донесу отпад као што су батерије, акумулатори, електрични и електронски и други отпад који се може рециклирати.

1.4.4.2. Шест приградских општина Београда

а) Гроцка: У 15 насеља на територији градске општине Гроцка, за одношење отпада надлежно је предузеће Еко Гроцка д.о.о. Општина Гроцка је у протеклих неколико година променила више предузећа чија је делатност била одношење смећа и одржавање чистоће на јавним површинама, као што су била Јавно комунално предузеће Гроцка, Грочански комуналац, а постојеће предузеће је преузело ту улогу 2015. године. Еко Гроцка је основана у октобру 2015. године и већинско власништво, 80%, је предузеће Магип д.о.о, док 20% власништва припада ГО Гроцка (Оснивачки акт Еко Гроцке,

2015). Овим је Гроцка постала прва општина која јавно-приватним партнерством решава проблем одношења комуналног отпада (СЗЖС, 2019).

Сакупљен комунални отпад предат је на депоновање фирми ЈКП Градска чистоћа, која га је одложила на депонију Винча (Еко Гроцка, 2020). Примарно и секундарно сакупљен амбалажни отпад од папира и картона, пластике и стакла, укупне количине 339 тона, предат је другом сакупљачу Папир сервис ФХБ ради поновног искоришћења, рециклирања или прераде (Еко Гроцка, 2020). На рециклажу је, такође, послато и 20 тона отпадних гума, које су предате Центру за рециклажу из Смедерева.

Иако највећи део отпада заврши на званичној депонији Винча, која се и налази на овој општини појава дивљих депонија није реткост. Велика средства се издвајају сваке године за чишћење дивљих депонија, а ангажује се и комунална инспекција (СЗЖС, 2019).

б) Барајево: Општина Барајево, иако није најмања општина Београда, мада јесте међу најмањима, бележи најмање количине мешаног комуналног отпада. Локалним планом управљања отпадом ГО Барајево 2011-2020 (2011) наводи се да годишње настане 7.190 тона комуналног отпада, док према достављени подацима од јавног комуналног предузећа та количина износи 8.160 тона за годину дана. Према урађеном плану за изградњу регионалне депоније, у Барајеву се сакупи 6.325 тона комуналног отпада, а покривеност општине системом за сакупљање отпада износи 100% (Еко-Тамнава, 2024). Насеља у овој општини су под надлежношћу ЈКП „10. Октобар“ Барајево.

Током 2003. године дошло је до затварања депоније која се налазила на територији и коју је користила општина Барајево. Ова депонија, површине 4,4 ha, званично је била у употреби до септембра 2003. године (ГО Барајево, 2005), а јавно комунално предузеће из Барајева од почетка априла 2004. године (Географски факултет, 2012) сакупљен отпад депонује на депонији Винча, која ће се користити за ове сврхе све до изградње регионалне санитарне депоније за Колубарски регион (ГО Барајево, 2011). На старој барајевској депонији поред мешовитог комуналног отпада, одлагао се и метални отпад, хаварисана возила, електронски отпад, отпадне гуме, животињски отпад, опасан отпад (хемикалије, уља, батерије и акумулатори, боје, лекови…) и други, санација је рађена „сабијањем одложеног отпада и прекривањем земљом“ (ГО Барајево, 2005). На територији Барајева постојало је 22 дивље депоније (ГО Барајево, 2011), док последњи подаци бележе 11 дивљих депонија (Еко-Тамнава, 2024).

Према достављеним подацима од стране комуналног предузећа општина Барајево не врши примарну сепарацију отпада, нити поседује инфраструктуру за то, не постоји организован систем рециклаже, већ се сав отпад транспортује на депонију.

У Стратегији одрживог развоја општине Барајево 2010-2020 (2009) препознати 19 проблеми управљања отпадом. Наводи се да је управљање чврстим отпадом сведено на „сакупљање, одвожење и одлагање комуналног отпада…“ и да подаци о анализи отпада не постоје, такође не постоји примарна селекција отпада, као ни организовано сакупљање ради рециклаже. Такође, будући да је депонија Винча удаљена од центра општине око 60 km (ГО Барајево, 2011), високи су трошкови одвожења отпада на градску депонију. Будући да је неадекватан број и распоред контејнера, као и да се неправилно користе, дошло је до стварања дивљих сметлишта.

Мањи кораци у примарној селекцији отпада урађени су кроз разне еколошке акције на нивоу основних школа и Средње школе Барајево. Кроз ове акције пажња је посебно усмерена на едукацију ученика, информисању рециклажи и третману отпада. Кроз ове иницијативе организовано је сакупљање лименки за рециклажу, међутим, подаци о сакупљеним количинама отпада не постоје. (ГО Барајево, 2009)

Општина Барајево је, заједно са београдским општинама Обреновац и Лазаревац потписала Споразум о заједничкој изградњи Регионалне санитарне депоније са центром за рециклажу чврстог комуналног отпада. Нова депонија ће се налазити у близини Уба, а обухватаће површину 75,4 ha (ГО Барајево, 2009). Регионална депонија служиће за одлагање отпада са 11 општина, поред београдских општина, то су Уб, Ваљево, Мионица, Лајковац, Владимирци, Осечина, Мионица и Љиг (ГО Барајево, 2009). Регионалним планом управљања комуналним отпадом за 11 општина Колубарског региона (2006) на општини Барајево предвиђена је изградња рециклажног дворишта са контејнерима за примарну селекцију. Нов Регионални план (Еко-Тамнава, 2024) предлаже формирање сабирних места са контејнерима за одређену класу отпада одакле ће се отпад одвозити до трансфер станице у Лазаревцу. Према плану (Еко-Тамнава, 2024) зелени отпад би се отпремао на регионалну депонију или би се користио за добијање компоста. За сакупљање опасног отпада из домаћинства (аутомобилске гуме, батерије и др) предвиђено је постојање мобилног рециклажног дворишта.

в) Обреновац: На општини Обреновац, према достављеним подацима, ЈКП Обреновац је 2019. године прикупљало комунални отпад из 22 насеља (ЈКП Обреновац, 2020,а), док је 2021. број насеља са организованим одношењем износио 25, а 5 насеља није било покривено (No waste, 2021). Обухват сакупљања отпада од 100% предвиђен је до 2025. године (No waste, 2021). На појединим локацијама градске општине Обреновац постављени су контејнери за примарну сепарацију рециклабилног отпада. Такође, јавна предузећа и установе, као што су: општине, школе, обданишта, дом здравља, амбуланте, угоститељски објекти укључени су у примарно сортирање отпада (ЈКП Обреновац, 2020,в). Служба рециклаже ЈКП Обреновац сакупља примарно сортиран отпад (пластику, папир и стаклену амбалажу) (No waste, 2021). Сакупљање рециклабила (папир и картон, пластична и ПЕТ амбалажа и метале) је организовано путем рециклажних острва, системом означених контејнера (No waste, 2021). Примарно одвојен отпад доставља се компанијама које га даље третирају. Током посматраног годишњег периода генерисано је око 16.000 тоне мешаног комуналног отпада који је прикупљен и одложен на депонију (ЈКП Обреновац, 2020,а), а 46 тона сакупљено је контејнерима за примарну селекцију мешаног рециклабилног отпада.

У месту Велико Поље, на самој општини, налази се депонија неопасног отпада Гребача. Ова депонија, која је у употреби од 1985. године (ЈКП Обреновац, 2020,б), смештена у старом кориту реке Колубаре, површине је 14,5 ha (ГО Обреновац, 2019,а), а према подацима Географског факултета (2020) 16 ha, док се под отпадом налази површина од 9 ha. Процењено је да је, са тренутним начином коришћења, век трајања ове депоније око 10 година (ГО Обреновац, 2019,а), међутим новим Локалном плану управљања отпадом града Београда (2020) наглашава се да је депонија попуњена и да је неопходно да се сместа затвори, санира и уради рекултивација. Иако је пројекат санације несанитарне депоније Гребача урађен још 2010. године, а пројектном документацијом су предвиђени радови усмерени ка смањењу утицаја исте на подземне воде и земљиште изградњом објеката за управљање процедном водом, као и објекте за евакуацију депонијског гаса, мере заштите од пожара, рекултивације након затварања, као и мере дугорочног мониторинга (Envi Tech, 2010), сагласност на пројекат санације није прибављена (ЈКП Обреновац, 2020,б). Ипак, уграђени су уређаји за сортирање мешаног комуналног отпада у периоду од 2013. године (Географски факултет, 2020).

Будући да је општина Обреновац, као и Барајево, потписница споразума о заједничком одлагању отпада на будућој санитарној депонији код Уба, Локалним планом управљања отпадом на градској општини Обреновац (2010) било је процењено да ће до 2015. год. у функцији бити депонија Гребача, када би могла бити завешена

градња регионалне санитарне депоније у месту Каленић (општина Уб). Међутим, према извештавању Политике из новембра 2024. године, радови на изградњи су у току (Ћирић, 2024). Локални план управљања отпадом за ГО Обреновац (2021) предвиђа реконструкцију и доградњу рециклажног центра на локацији депоније, као и делимично затварање депоније након почетка рада регионалне депоније у општини Уб.

На општини Обреновац није ретка појава да се отпад непрописно баца и у свим месним заједницама су регистрована дивља сметлишта. Током 2009. године очишћено је чак 80 локација са нелегално депонованим отпадом, са око 19.000 m^3 отпада (Географски факултет, 2012). Ситуација се није значајно променила, десет година касније на овој општини регистровано је више од 50 дивљих депонија (ГО Обреновац, 2019,б), а према подацима за 2021. годину, регистровано је 77 дивљих депонија (No waste, 2021) Иако постоји организовано уклањање кабастог смећа, јасна казнена политика, као и редовно чишћење дивљих депонија и даље се појављују на уобичајеним местима (ГО Обреновац, 2018).

Будући да општина Обреновац улаже у примарну сепарацију отпада и смањење количина коначно депонованог отпада, посебно одвојене категорије отпада као што су метали, који су посебно сакупљени комунални отпад, као и папирна и картонска, пластична и стаклена амбалажа (који не обухватају искључиво комунални отпад; класа 15 01 Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада из 2019. год) укупне количине 376,3 тона прослеђене су компанијама на поновно искоришћење. Фирме које преузимају отпад од ЈКП Обреновац су Žix-si Obrenovac, Escorpi Beograd, Секопак Београд и Јефта Звечка. (ЈКП Обреновац, 2020,б)

Као потписница споразума, којим се обавезује да учествује у заједничкој изградњи Регионалне санитарне депоније, за општину Обреновац је предвиђена изградња трансфер станице, одакле ће се значајније количине отпада одвозити возилима већег капацитета на регионалну депонију. На претоварној станици је у плану да буде изграђено рециклажно двориште где ће грађани моћи да доносе свој отпад. (Институту за архитектуру и урбанизам Србије, 2006)

г) Лазаревац: На општини Лазаревац одношење комуналног отпада је организовано од стране Јавног предузећа за комуналну привреду Лазаревац. Према Локалном еколошком акционом плану 2006. године, потпуну покривеност организованог прикупљања отпада имало је тек 16 насеља, док је 8 имало делимично организовано прикупљање отпада. Према Локалном плану управљања отпадом 2021 – 2031. године (2022) покривеност прикупљања је 29 насеља, док места Бистрица, Зеоке, Крушевица, Стрмово и Сакуља нису обухваћена. Локалним планом управљања отпадом (2022) предвиђено је да би до 2023. године обим сакупљања комуналног отпада требало да буде 100%. Иако се не води евиденција о комуналном отпаду (количини, карактеристикама и саставу) (Локални план управљања отпадом 2021 – 2031. године, 2022), укупна годишња маса отпада која заврши на локалној депонији достиже 32.700 тона (ГО Лазаревац, 2011), док су процењене вредности мешаног комуналног отпада генерисане на општини Лазаревац 25.000 тона (ЈПКП Лазаревац, 2020,а).

За одлагање отпада прикупљеног на општини Лазаревац, користи се постојећа депонија у месту Барошевац. Депонија је смештена на рекултивисаној површини Поља Д, које је настало у процесу ископавања угља, а користи се од 1986. године (ГО Лазаревац, 2011). Ова несанитарна депонија – сметлиште од мера заштите и опремљености поседује само рампу и чуварску службу, чак није ни ограђена (ЈПКП Лазаревац, 2020,б), чиме не задовољава минимум заштите неопходан за заштиту људи и животне средине. Процењује се да је експлоатација ове депоније могућа и више од 5 година (ЈПКП Лазаревац, 2020,б). Као и друге општине и Лазаревац има проблем са

нелегалним одлагањем отпада. По потреби се организују уклањања дивљих депонија, међутим постоје места где се она стално јављају, као што су: Дрен, Соколово, Шушњар, Велики Црљени и Шопић (ГО Лазаревац, 2011). На општини Лазаревац до 2011. године регистровано је 22 дивље депоније, укупне запремине 6.000 m^3 (ГО Лазаревац, 2011), док је у 2022. години евидентирано укупно 31 дивља депонија, а на 4 је исте године организовано чишћење (Локални план управљања отпадом, 2022). Иако је примећено да велики удео отпада чини органски отпад, као и да постоји потреба за компостирањем истог, којим би се добило природно ђубриво за кондиционирање земљишта, највећи део отпада се ипак одложи на депонију у Барошевцу, а мањи део се користи за потребе исхране животиња (ГО Лазаревац, 2011).

Од 2009. године на територији Лазаревца постоји примарна селекција отпада, тј. организовано прикупљање рециклабилног материјала. Током 2009. године сакупљено је укупно 14,5 тоне PET амбалаже и 20 тона папир (ГО Лазаревац, 2011). Године 2010. у ову акцију укључена су и насеља Степојевац, Велики Црњани, Јунковац, Рудовци, Барошевац и Лесковац (ГО Лазаревац, 2011). Прикупљени отпад предат је фирмама Фабрика картона Умка и Санипласт из Горњег Милановца (ГО Лазаревац, 2011). Годишњим извештајем о управљању комуналним отпадом (2020) подаци о одвојено сакупљеном отпаду и третману истог нису приказани. Локални план управљања отпадом препознао је као главну карактеристику система на територији Лазаревца непостојање базе података о комуналном отпаду, што је основ за организовано праћење и побољшања стања система.

Управљање отпадом на територији Лазаревца биће усклађено са планом управљања за 11 општина потписница Споразума о заједничкој изградњи Регионалне санитарне депоније у месту Каленић, Уб. Регионалним планом управљања (2006) у Лазаревцу је предвиђена изградња трансфер станице, одакле би се веће количине отпада односиле на нову санитарну депонију, али и рециклажног центра, који би био на услузи и грађанима, који би могли сами да доносе отпад. Поред овог Локални план управљања отпадом (2022) предвиђа и изградњу простора за компостирање где би се третирао биоотпад са пијаца, јавних зелених површина, пољопривредних површина, из кухиња, башта и др.

д) Младеновац: Јавно комунално предузеће Младеновац задужено је за одношење отпада са територије општине на којој послује. Према доступним подацима у оквиру Годишњег извештаја о управљању комуналним отпадом (2020), ЈКП Младеновац односи отпад из укупно 14 насеља од укупно 22 са територије општине, где је процењено да се сакупи 21.500 тона мешаног комуналног отпада, 86,67 тона одвојено сакупљеног комуналног отпада и 754 тоне комуналног отпада који није другачије специфициран (20 03 99 Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада из 2019. године).

На општини Младеновац се налази несанитарна депонија која се користи од 1979. године (Упитник о депонији, Младеновац) налази се североисточно од градског насеља Младеновац (Географски факултет, 2012), а заузима површину од 3,7 ha (Урбанистички завод Београда, 2020). Током вишедеценијског активног периода коришћења нехигијенске депоније и неконтролисаног одливања непречишћених процедних вода последично је дошло до загађења околног пољопривредног земљишта, подземних и површинских вода, као и ваздуха (Урбанистички завод Београда, 2020). Процењена запремина депоније достиже скоро 300.000 m^3 (Географски факултет, 2012).

Други значајан проблем депоновања отпада на општини Младеновац представљају дивље депоније. Успостављањем катастра, Агенција за заштиту животне средине је 2009. године регистровала 30 депонија на територији Младеновца, док је

Локалним планом управљањем отпадом града Београда (2012) идентификовано 9 локалитета са дивљим депонијама. Овај дугогодишњи проблем није решен будући да се према речима директора ЈКП Младеновац на територији Младеновца може наћи и 50 дивљих депонија, различитих површина, које се чисте два пута годишње (Новости, 2016). Ово предузеће, и даље, наставља са чишћењем ових површина (ЈКП Младеновац, 2019).

ЈКП Младеновац је преузело одређене кораке ка увођењу одвајања секундарних сировина и рециклаже појединих материјала. Према Годишњем извештају о управљању комуналним отпадом (2020) одвојено се сакупљају папир и картон и пластика, које се прослеђују другом сакупљачу ради рециклирања. Током 2019. године сакупљено је укупно 61,68 t папира и картона, од чега је 32,5 % отпада предато предузећу Unitrade Export d.o.o, док је 67,5% предато фирми Папир сервис ФХБ (ЈКП Младеновац, 2020). За исти период сакупљено је око 10 t пластике, која је предата истим оператерима.

Новим системом управљања отпадом на територији Србије, за градску општину Младеновац планирано је да ће за одлагање комуналног отпада користити санитарну депонију у Винчи. На простору постојеће несанитарне депоније у Младеновцу, планирана је изградња трансфер станице са више функционалних подцелина, које ће бити повезане интерним саобраћајницама. На овом простору биће изграђен Центар за управљање комуналним отпадом, на површини од 14,11 ha (Урбанистички завод Београда, 2020). Биће изграђен и рециклажни центар са неопходном инфраструктуром за смештај примарно селектованог отпада, балирање и смештај секундарних сировина, такође и опасан отпад из домаћинства ће бити привремено одлаган (Урбанистички завод Београда, 2020). Површина постојеће нехигијенске депоније биће рекултивисана, а биће формиран и заштитни зелени појас (Урбанистички завод Београда, 2020).

ђ) Сопот: На територији општине Сопот, према достављеним подацима од јавно комуналног предузећа, у укупно 15 насеља годишње се сакупи 31.486 t мешаног комуналног отпада. Примарна селекција комуналног отпада не постоји, те се сав сакупљени отпад депонује. На територији ове општине, одношење отпада обавља ЈКП Сопот.

Југозападно од места Сопот налази се депонија на коју се одлаже сакупљени отпад. Током 2011. године процењено је да је депонија на удаљености око 50 m од најближих кућа (Филиповић & Обрадовић - Арсић, 2011), док је 2020. године истакнуто да се депонија налази „дословце уз двориште околних кућа у које се отпад прелива“ (Географски факултет, 2020). На овој општинској депонији отпад се одлаже од 1985. године (Упитник о депонији, 2005), обухвата око 1,5 ha и процењене је запремине од преко 73.000 m^3 (Географски факултет, 2012). На депонији се одлаже чврст отпад и то комунални, метални, амбалажни, пољопривредни и грађевински, док је забрањено одлагање медицинског отпада (Упитник о депонији, 2005). Од технологија заштите на депонији се примењује једино равнање отпада (Упитник о депонији, 2005). Овакав недостатак заштитних мера је директно повезан са загађењима који се јављају посебно код подземних и површинских вода.

Карактеристика појављивања дивљих депонија не одступа од исте појаве на другим општинама. На територији општине Сопот до 2009. године Агенција за заштиту животне средине (2020,б) регистровала је појаву укупно 30 дивљих или старих депонија. С друге стране Локални план управљања отпадом града Београда (2012) региструје 21 дивљу депонију, укупне запремине 4.810 m^3 и још 10 локалитета где се сезонски јављају дивља сметлишта, чије се запремине крећу од 70 до 700 m^3.

Сакупљање отпада и одношење са територије општине Сопот, према новом систему управљања отпадом, опредељено је према Центру за управљање отпадом у Винчи. Отпад ће се директно транспортовати у постројења за механичко-биолошки

третман. Преусмеравањем отпада ка Центру у Винчи предвиђено је затварање и санација постојеће несанитарне депоније код Сопота. (Географски факултет, 2020)

1.4.5. Дозволе за управљање отпадом

Управљање отпадом је грана привреде која се све брже развија и доносе се регулативе, строго уређени прописи који се морају испоштовати да би се добила дозвола за управљање отпадом. Део VIII Закона о управљању отпадом (2023) бави се дозволама за управљање отпадом, ближе приказаним у члановима од 59. до 70. Посебно се регулишу дозволе за сакупљање, транспорт, третман (поновно искоришћење и одлагање) и складиштење отпада.

За издавање дозвола надлежни су Министарство, аутономна покрајна, као и град, односно општина зависно од врсте дозволе и територије за коју се тражи дозвола. За активности на територији града, Београд је надлежан за дозволе за управљање неопасним и инертним отпадом (Члан 60, Закон о управљању отпадом, 2023).

Током августа 2020. године на територији Србије било је активно укупно 2360 дозвола за управљање отпадом (АЗЖС, 2020,в). Од овог броја третманом отпада се бави одређени број фирми, па је тако данас активно 147 дозвола за третман отпада које је издало Министарство, 80 које је издало АП Војводина и укупно 684 које су издале локалне самоуправе (АЗЖС, 2020,в). На територији Београда има 105 фирми са овим дозволама које је издао Град Београд (АЗЖС, 2020,в). Подаци Агенције за заштиту животне средине (2020,в) указују да постоји 79 фирми које раде на територији Београда са дозволама за третман отпада, чије је дозволе издао Град Београд, од којих 62 имају дозволе за третман неке од категорије чврстог комуналног отпада или амбалажног отпада који улази у састав комуналног отпада (АЗЖС, 2020,в). Иако одређени број фирми обавља третман више различитих отпадних материјала, постоји велики број фирми које су фокусиране на једну или две врсте отпада које се појављују у оквиру чврстог комуналног отпада. Таква предузећа најчешће имају дозволе за третман комуналног отпада од метала, који је одвојено сакупљен (20 01 40 у Каталогу отпада), као и металне амбалаже (15 01 04), а следи комунални електро-отпад, који је одвојено сакупљен. Поједине фирме имају фокус на отпаду од папира и картона (20 01 01 и 15 01 01), као и отпада од пластике (20 01 39 и 15 01 02).

Одузимање дозволе за управљање отпадом такође је дефинисано овим законом. Члан 67. (Закон о управљању отпадом, 2023) дефинише под којим условима предузеће може да изгуби дозволу за управљање отпадом. Дозвола се може одузети ако фирма или лице не поступа у складу са прописима и „…не поступа у складу са условима утврђеним у дозволи“. Само 2019. год је одузето 43 дозволе (АЗЖС, 2020,в). Може се закључити да и у овој области, која је значајна за здравље људи и квалитет стања животне средине, долази до грубог кршења закона, што се може видети у великом броју одузетих дозвола.

2. Предмет и циљ рада

Мултидисциплинарним приступом, анализира се организовање сакупљања отпада, од неопходне инфраструктуре до мотивисаности грађана да партиципирају. Фокус истраживања је чврст комунални отпад који се сакупља на територији Београда.

Први део рада истражује генерисање отпада у Београду: количине и врсте отпада, могућности рециклаже, посматрајући рециклажну инфраструктуру и развија модел оптимизације одлагања и сакупљања чврстог комуналног отпада. Анализираће се количина и састав генерисаног отпада за градске општине.

Посебан сегмент рада разматра социјални аспект и мотивисаност грађана да активно учествују у сортирању отпада. Ово је изузетно важан фактор у поступку скупљања чврстог комуналног отпада и од посебног је значаја разумети како се код грађана може подићи степен одговорности и како се ефикасно могу мотивисати на сарадњу. Искуство из других земаља даје нам различите примере како се може утицати на позитиван однос грађана: од медијске кампање, упозоравање од стране локалне заједнице, откуп уз скромну накнаду, јавним указивањем на добре и лоше примере. У развијеним европским државама је свест грађана и њихова лична одговорност доведена до нивоа да отпад разврставају у различите посуде за одлагање већ у оквиру своје куће или стана и даље их одлажу у колективне контејнере постављене у оквиру стамбене заједнице, блока. Грађани свакако ову услугу плаћају, те им поред чисте околине и финансијски иде у корист да се придржавају предвиђеног система. Такође, истраживање обухвата тестирање могућности употребе вештачке интелигенције за сепарацију отпада. Рад разматра модел и даје предлог начина мотивисања становништва на третираној локацији да учествују у примарном сортирању, базиран на искуствима развијених европских земаља, који ће бити прилагођен нашим економским условима, социјалном и друштвеном аспекту као и културолошким одликама наше средине.

Како се једно од преговарачких поглавља у процесу приступања Европској унији бави животном средином део рада анализира локалне законе и политике и фокусира се на испитивање усклађености истих са политикама Европске уније. Усаглашеност локалних и европских политика имало би директан утицај на опште побољшање квалитета живота у Србији, на очување природних ресурса, као и на здравље становништва.

Циљ истраживања је да се изучи тематика управљања отпадом са задатком очувања животне средине, и развој политика, као и да се развије модел који ће допринети повећању степена рециклирања у Београду и тиме смањити обим отпада која заврши на депонији и његов негативан утицај на животну средину. У ову сврху испитаће се и ставови грађана и њихова мотивисаност да учествују, што ће олакшати доношење одлука о организовању система и начинима активирања становништва.

2.1. Основне хипотезе

Истраживање узима у обзир како неопходну инфраструктуру за разврставање и сакупљање отпада како би се омогућило несметано функционисање система тако и друштвени аспект који може да утиче на ставове становништва да активно учествују у сортирању отпада. Полазећи од јасно дефинисаног предмета и циља истраживања, одређене су хипотезе докторске дисертације.

Општа хипотеза истраживања је:

Х.0. Могуће је развити модел одрживог управљања отпадом са фокусом на примарно сортирање отпада од стране грађана.

Општа хипотеза ће бити разрађена кроз следеће посебне хипотезе:

Х.1. Тренутна организација одлагања отпада не подржава оптимално управљање отпадом у циљу остваривања циркуларне економије.

Х.2. Интегрисањем јавности у модел и предлагање мера за одрживо управљање отпадом обезбеђује се подршка у доношењу одлука.

Х.3. Употребом гушће мреже контејнера за примарно сортирање отпада унапређује се мотивисаност грађана да учествују.

Х.4. Знање о еколошким проблемима су позитивно повезани са ставовима, нормама и намером понашања који се односе на управљање отпадом.

Х.5. Применом новог модела одрживог управљања отпадом доприноси се унапређењу подршке за успостављање ефективне националне политике и стратегија управљања отпадом

3. Материјали и методе

Узимајући у обзир карактеристике и специфичности истраживања одабране су конкретне методе, у складу са основним научним захтевима. Истраживање је спроведено користећи стандардне научне методе: анализу и синтезу, статистички метод, анкету, а консултована је и релевантна стручна литература.

Као подаци од значаја за рад у првом делу су представљене карактеристике чврстог комуналног отпада, као и његово генерисање у свету и код нас. Приказано је управљање чврстим комуналним отпадом и начини третирања, а посебно је указано на проблеме који су везани за отпад као и негативни утицају депоновања отпада на животну средину и људе. Ова фаза се заснива на употреби релевантне стручне литературе.

Подаци који се користе у анализи актуелног стања управљања отпадом на територији Београда односе се на административне податке, податке демографског карактера, податке о количинама комуналног отпада на појединачним општинама и податке о морфолошком саставу комуналног отпада за исти. Административни и демографски подаци преузети су из Статистичког годишњака и из пописа становништва. Подаци који се односе на генерисане количине комуналног отпада и морфолошки састав добијени су од јавних комуналних предузећа, а допуњени су подацима достављеним од стране Агенције за заштиту животне средине (АЗЖС). За општине Нови Београд, Вождовац, Звездара, Савски венац, Барајево, Врачар, Гроцка, Палилула, Сурчин, Стари град, Раковица, Земун, Чукарица, Обреновац и Сопот подаци о количинама генерисаног комуналног отпада добијени су од комуналних предузећа који су задужени за одношење отпада са општина за које су надлежни. Добијени подаци су за период од децембра 2018. године до новембра 2019. године. Посебно за општину Лазаревац и Младеновац подаци су допуњени из Годишњег извештаја о управљању комуналним отпадом за 2019. годину, добијени од АЗЖС. Подаци за морфолошки састав отпада добијени су од Агенције за заштиту животне средине. Будући да АЗЖС није располагала подацима за општине Барајево и Сопот, исти су преузети од јавних комуналних предузећа. Подаци о морфолошком саставу отпада на територији општине Лазаревац нису доступни. За истраживање ће се користити подаци о генерисаним количинама отпада који се могу дефинисати као чврст комунални отпад, а за које су доступни подаци; то су мешани комунални отпад и чврст комунални отпад сакупљен у виду одвојених фракција, дефинисани у Каталогу отпада. Из анализе је искључен кабасти отпад будући да је његово примарно сакупљање другачије организовано.

За потребе израде модела и предлагање мера спроведена је анкета. Циљ је био прикупљање информација како би предложени модел био усклађен са локалним економским и културолошким особеностима.

Део истраживања је спроведено коришћењем вештачке интелигенције. Дубоко учење (енгл. Deep Learning) нашло је улогу у сортирању чврстог комуналног отпада помоћу слика. За потребе студије коришћена је конволутивна неуронска мрежа (CNN) оптимизирана варијантом Crayfish алгоритма. За постизање високе прецизности сортирања коришћени су бустинг модели AdaBoost (Hastie и др, 2009) и XGBoost (Chen & Guestrin, 2016).

3.1. Социодемографски профил испитаника

У циљу дефинисања оптимизираног модела за прикупљање примарно сортираног комуналног отпада урађена је телефонска анкета на случајном узроку од 505 грађана, на популацији пунолетног становништва града Београда, са оквиром да поседују фиксну телефонску линијом. Анкета је спроведена у априлу 2021. године, а на питања је одговарала особа која се јавила на телефон.

У истраживању је учествовала укупно 261 особа женског и 244 особе мушког пола.

Према старосној структури доминира популација изнад 45 година. Испитаници од 46 до 65 године чине 39,0% броја учесника, преко 65 година 38,8%, док 18,0% чине учесници старости 26 до 45 година. Очекивано најмањи број учесника је из најуже старосне групе 18 до 25 година (4,2%). Овако висок удео учесника изнад 45 година може се објаснити чињеницом да је једно од основних обележја популације Србије демографски старо становништво. Према подацима Републичког завода за статистику (2020) индекс старења становништва за регион Београда за 2019. годину износи 133,94 индексних поена, а просечна старост становништва за исту годину и регију износи 42,5 године. Такође, млађе генерације имају тенденцију да комуникацију више базирају на употреби мобилних телефона (Selian & Srivastava, 2004; Vukadinović & Perčić, 2018), било разговором или кратким порука, што може утицати на то да се не јављају на фиксне телефоне.

Укупно 349 испитаника живи на општинама ужег градског језгра, док на седам рубних општина (Сопот, Сурчин, Барајево, Лазаревац, Младеновац, Гроцка, Обреновац) живи 156 учесника.

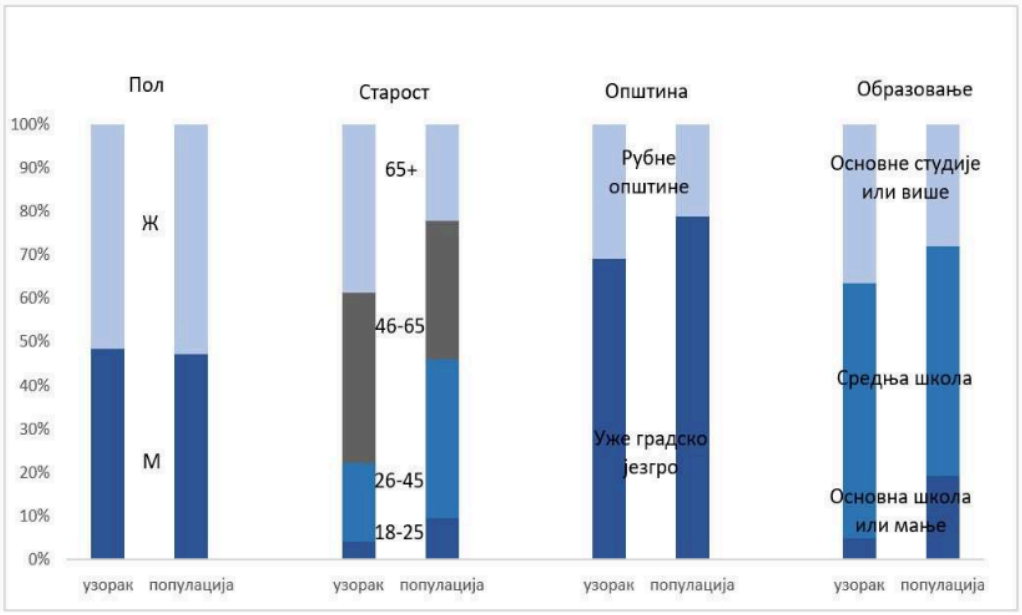
Највише испитаника има завршену средњу школу (296, односно 58,6%), а најмањи број има завршену основну школу или мање (25).

Упоредни приказ структуре популације и узорка дат је у табели 17 и на графикону, слика 18.

Табела 17: Упоредни приказ узорка спроведене анкете на пунолетном становништву и демографских показатеља у популацији Београдског региона

	Пол (%)		Старосна група (%)				Општина (%)		Степен образовања* (%)			
	М	Ж	18-25	26-45	46-65	Преко 65	Уже градско језгро	Рубне општине	Основна ш. или мање	Средња ш.	Основне студије	Мастер или више
Узорак	48,3	51,7	4,2	18,0	39,0	38,8	69,1	30,9	5,0	58,6	30,3	6,1
Популација	47,2	52,8	9,5	36,5	31,9	22,1	78,7	21,3	19,2	52,5	27,8	

*Степен образовања у популацији је дат за становништво старо 15 година и више, што може утицати на разлику у односу на истраживање које је обухватало пунолетно становништво.
(Извор за податке популације: 318, 319)



Слика 18: Упоредни приказ социо-демографских параметара популације и узорка

Већина испитаника живи у домаћинствима са једним до два члана (44,0%), нешто мање у домаћинствима са три или четири члана (37,8%), а најмање су заступљена домаћинства са више од четири члана (18,2%).

3.2. Структура анкете

Анкета је имала форму стандардизованог интервјуа са затвореним питањима чињеничног типа, која су била дихотомна или са више понуђених одговора, као и питањима о ставовима и мишљењима испитаника. Последње питање је било отвореног типа. Циљ је био прикупљање следећих група информација, редом:

- Информисаност испитаника о третирању кућног отпада;
- Да ли је испитаник већ имао додира са неким од програма сортирања отпада, као и да ли је то искуство било позитивно;
- Да ли би, и под којим условима, испитаник учествовао у програму сортирања отпада;
- Који фактори би утицали на испитаника да учествује у програму сортирања отпада.

Анализирана је спремност испитаника да учествује у програму сортирања отпада, у односу на његов социодемографки профил, информисаност и досадашње искуство. Мотиватори, односно фактори који би имали утицај на испитаника чине основу предлога мера.

За утврђивање значаја одређених параметара коришћен је χ^2 тест, како би се утврдило да ли постоји значајна разлика између очекиваних фреквенција и утврђених фреквенција. Нулта хипотеза је да утврђена фреквенција одговора не одступа од очекиване фреквенције.

Формула (eq. 1) за вредност χ^2 статистике је:

$$\chi^2=\sum \frac{(f_t-f_o)^2}{f_t}$$

где:
f_t представља теоријску, очекивану фреквенцију,
f_o представља опажену фреквенцију на свакој од категорија узорка.

За одређивање интервала у којем се налазе вредности аритметичке средине параметара на нивоу популације коришћене су аритметичка средина узорка и стандардна девијација. Статистичка анализа узорка урађена је програмом Microsoft Excel.

3.2.1. Информисаност испитаника

У три питања са понуђеним одговорима дихотомног типа да/не, односно знам/не знам, испитаници су се изјашњавали да ли знају да се чврст комунални отпад може рециклирати, да се биоотпад може прерађивати, као и да ли знају да постоје контејнери за примарну сепарацију отпада.

Категоричким одговорима додељене су нумериче вредности 1 – да/знам, 0 – не/не знам и анализирана је укупна информисаност испитаника, односно збир за сва три питања.

3.2.2. Претходно искуство

За испитанике који су већ живели у месту које има или је имало организовано одношење сортираног отпада испитивано је да ли су били задовољни организацијом, као и који су били изазови у реализацији програма, али и да ли су осетили неку добит (нпр. финансијску, естетску, еколошку) од тога.

3.2.3. Спремност испитаника да сортира отпад

Спремност испитаника да учествује у програму примарног сортирања кућног отпада је кључни резултат анкете. Поред саме спремности, прикупљени су и подаци о учесталости бацања различитих врста смећа и удаљености до које би појединац био спреман да носи сортиран отпад, који чине основу модела.

3.2.4. Мотиватори

Фактори који би мотивисали испитанике да учествују у програму су посебно анализирани и на основу њих су предложене мере. Анкета је предлагала шест фактора:

- МФ 1: Чистија околина, без ђубрета на улицама,
- МФ 2: Очување животне средине,
- МФ 3: Избегавање казне,
- МФ 4: Материјална корист,
- МФ 5: Добар пример деци,
- МФ 6: Притисак околине.

Ставови испитаника су мерени петостепеном Ликертовом скалом. Учесници су за сваки од фактора могли да изаберу оцену од 1 (слаб подстицај) до 5 (јак подстицај), у зависности колико би их сваки од њих мотивисао.

3.3. Методе вештачке интелигенције за сепарацију чврстог комуналног отпада

Део истраживања о употреби вештачке интелигенције има фокус на прецизном прилагођавању CNN-а помоћу варијанте новог оптимизационог алгоритма Crayfish, како би се решила проблематика сортирања отпада на основу слика. Студија је подељена у два сегмента. Први део огледа предлаже употребу модификованог Crayfish алгоритма (MCOA), док се у другом делу висока тачност сортирања постиже коришћењем модела за побољшање прецизности, бустинг модела, AdaBoost и XGBoost.

Оптимизациони алгоритам Crayfish (COA) презентован је у септембру 2023. године (Jia и др, 2023) и представља модел метахеуристичке оптимизације инспирисане природом и понашањем ракова у њиховом природном окружењу. Алгоритам осликава својства врсте и њихову одбојност према високим температурама (преко 30°C), што их наводи да се крију у пећинама, док се трагање са храном одвија када су температуре испод 30°C. Такође, алгоритам одражава и склоност јединки ка борби око територије (пећине) (Jia и др, 2003). Структура COA је конципирана у две фазе: експлоатације и експлорације. Како је овај метахеуристички метод од недавно у употреби још увек се активно истражују модификације које би довеле до побољшања перформанси алгоритма.

Предложени алгоритам при налажењу решења користи традиционалну иницијализацију представљену формулом (eq. 2):

$$X_{i,j} = lb_j + \psi \cdot (ub_j - lb_j)$$

где:
$X_{i,j}$ представља j-ту компоненту i-те јединке,
ub_j и lb_j одговарају горњој и доњој вредности за компоненту j,
ψ је вредност која има нормалну дистрибуцији у границама [0,1].

Укључивање механизма учења засновано на квазирефлексији (QRL) у претходну једначину може проширити простор претраге (Rahnamayan, и др, 2007). Ако позиција првобитне компоненте није оптимална решење може бити њена супротна компонента која се може налазити у оптималном домену претраге простора (Basha и др, 2021). Овим поступком се добија супротна квазирефлексивна компонента (X_j^{qr}) за свако појединачну компоненту j у X_j (eq. 3):

$$X_j^{qr} = \mathrm{rnd}\left(\frac{lb_j + ub_j}{2}, x_j\right)$$

где:
rnd представља произвољну вредност унутар $\left[\frac{lb_j + ub_j}{2}, x_j\right]$.

У првом кораку механизам генерише индивидуе традиционалном иницијализацијом, а затим се коришћењем QRL методе генерише X_j^{qr} популација.

Фитнес функција описује колико је јединка ефикасна у решавању нашег проблема. Користи се за квантификацију и процену сложености метахеуристичких метода. Будући да је евалуација фитнес функција (FFE) најзахтевнији део процеса рада алгоритма овде неће бити оцењивана. Алгоритам 1 (слика 19) приказује предложени механизам иницијализације.

Algorithm 1 QRL initialization mechanism

Stage 1: Generate a populace P^{init} of $NP/2$ individuals through traditional initialization, as depicted in Eq. (2).
Stage 2: Generate a QRL population P^{qr} upon P^{init} by utilizing Eq. (3).
Stage 3: Create the overall starting populace P by merging P^{init} and P^{qr} $(P \cup P^{qr})$.
Stage 4: Evaluate the fitness of each individual in P.
Stage 5: Arrange all solutions in P based on their fitness levels.

Слика 19: Алгоритам предложеног механизма иницијализације

Како би се задржао диверзитет популације у првих *round*(T/2) итерација (T представља укупан број итерација), најслабија јединка сваке итерације, тј. она са најлошијим фитнесом, се замењује својим QRL паром, поново без додатне FFE евалуације, како би се спречило повећање комплексности алгоритма. Примењена стратегија функционише под претпоставком да ако јединка показује лош фитнес постоји значајна вероватноћа да ће његов парњак добијен QRL процесом показивати оптималније вредности за истраживање.

У циљу побољшавања фазе експлоатације, примењен је оператор укрштања инспирисан генетским алгоритмима (GA). Генетски алгоритми симулирају механизам природне еволуције/генетике. Претпостављајући да је процедура извршења алгоритма конвергирала ка одговарајућем простору претраживања, у другој половини итерација (последње T/2 итерације) две најслабије јединке у свакој рунди замењују се на следећи начин: Две најјаче јединке (са највећом вредношћу фитнеса) се мешају, при чему је укрштање регулисано параметром *pc*. Емпиријски одређена оптимална вредност параметра *pc* износи 0,1. Овим процесом се добија пар нових јединки које замењују две са најслабијом вредношћу фитнеса, опет без додатне евалуације. Овај нови пар се даље процењује у следећој итерацији. Будући да ова варијанта COA не уводи додатне евалуације фитнес функција јединки задржава се комплексност алгоритма оригиналне метахеуристике COA.

Псеудокод новог модификованог COA (MCOA) приказан је у Алгоритму 2 (слика 20).

Algorithm 2 MCOA pseudocode

```
Produce a starting collection of individuals P in line with the QRL mechanism given in Algorithm 1
while t < T do
  Arrange individuals in P by determining their fitness
  for Every individual X in P do
    Employ the COA search
    if t < T/2 then
      Produce a fresh solution as QRL opposite to the current poorest individual
      Substitute this poorest solution in P by the freshly produced individual
    else
      Generate a pair of fresh solutions by utilizing the crossover operator on the pair of best individuals from the population
      Substitute two poorest individuals with the freshly generated pair of solutions
    end if
  end for
end while
return The best solution that belongs to P
```

Слика 20: Псеудокод модификованог Crayfish алгоритма (MCOA)

Модел класификације отпада у истраживању је конципиран у два нивоа. У првом нивоу CNN је оптимизиран само са новим модификованим оптимизационим алгоритмом MCOA. Примаран циљ оптимизације је одредити ефикасну архитектуру мреже без непотребних оптерећења исте. Излазне информације овог нивоа обрађују се у следећем, где се модели AdaBoost и XGBoost користе за постизање високог ниво прецизности сортирања отпада. Излазне информације другог нивоа су подвргнуте статистичким проверама и компаративној анализи, где су AdaBoost и XGBoost обрађене и другим метахеуристикама.

База слика коришћена у истраживању су фотографије са сајта Kaggle, последњи приступ 4.1.2024. У бази слика чврстог комуналног отпада блага предност је дата органском отпаду који је имао удео 55,69%. Фотографије су прво обрађене The Keras ImageDataGenerator-ом, који је пикселе превео у опсег [0,1], чиме се захтевност процеса оптимизације смањила. Величина слика је промењена на 64 x 64, број слика у серији (енгл. batch size) је 256, а како су слике у боји, са 3 канала, улазна величина CNN-а је дефинисана као 256 x 64 x 64 x 3 (број слика у серији x висина x ширина x канали). У првом нивоу симулације користи се само MCOA, како би се одабрала оптимална архитектура CNN-а. Слике се обрађују и добија се формат који може да користи алгоритам у наредном нивоу. Табела 18 показује опсеге параметара за оптимизацију.

Табела 18. CNN опсег параметара за оптимизацију

Параметри	CNN доња граница	CNN горња граница
Learning rate	0,0001	0,003
Dropout	0,05	0,2
Epochs	2	10
Layers CNN	1	2
Layers dense	1	2
CNN L1 neurons	32	128
CNN L2 neurons	32	128
Dense L1 neurons	32	128
Dense L2 neurons	32	128

Други ниво класификације помоћу слика одвија се кроз оптимизацију коју омогућују два алгоритма AdaBoost и XGBoost. Опсези параметара ових алгоритама одређени су емпиријски и дати у табели 19 за AdaBoost и табели 20 за XGBoost.

Табела 19. AdaBoost опсег параметара за оптимизацију

Параметри	AdaBoost доња граница	AdaBoost горња граница
Learning rate	0,1	2
Estimators count	10	50
Depth	1	10

Табела 20. XGBoost опсег параметара за оптимизацију

Параметри	XGBoost доња граница	XGBoost горња граница
Learning rate	0,1	0,9
Min child weight	1	10
Subsample	0,1	1,0
Colsample by tree	0,1	1,0
Max depth	1	3
Gamma	0	0,8

За потребе компаративне анализе коришћено је неколико оптимизатора како би се осигурало да су примењене модификације заиста довеле до унапређења перформанси алгоритма. Поред представљене модификоване варијанте (MCOA), тестиран је и оригинални COA, као и следећи оптимизатори: Particle swarm optimization (PSO), Firefly algorithm (FA), Harris hawks optimization (HHO), Salp swarm algorithm (SSA), Genetic algorithm (GA), RSA и COLSHADE алгоритми. Сви алгоритми су независно имплементирани, а коришћени су хиперпараметри који су предложени од стране аутора у оригиналним радовима када су уведени.

Алгоритми су евалуирани стандардним метрикама, анализирани су тачност (енгл. accuracy) (eq. 4), прецизност (енгл. precision) (eq. 5), опозив (енгл. recall) (eq. 6) и f1 мера (енгл. f1-score) (eq. 7).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Precision = \frac{TP}{FP + TP}$$

$$Recall = \frac{TP}{FN + TP}$$

$$F1 - Score = 2 \times \frac{(Precision \times Recall)}{(Precision + Recall)}$$

где TP и TN представљају стварно позитивне и стварно негативне (true positives, true negatives), а FP и FN представљају лажно позитивне и лажно негативне (false positives, false negatives).

Додатна провера извршена је Коеновом капом (eq. 8) (енгл. Cohen's kappa), статистичком мером за ниво слагања између два посматрача.

$$K = \frac{P_{obs} - P_{exp}}{1 - P_{exp}}$$

где су P_{obs} уочене вредности слагања (TP + TN), P_{exp} су очекиване вредности слагања [(TP + FN) × (TP + FP) + (FP + TN) × (FN + TN)] , а Коенов коефицијент K је у границама [0, 1], где вредност ближа 0 указује на мање слагање.

У спроведеним експериментима, стопа грешке у сортирању (1-accuracy) је постављена као функција индикатор, док је Коенов коефицијент коришћен као циљна функција са циљем максимизације постигнутог резултата.

4. Резултати истраживања

4.1. Резултати спроведене анкете

Од укупно 505 испитаника, на кључно питање анкете, њих 407, односно 80,6% се изјаснило да би било спремно да учествује у програму сортирања отпада.

4.1.1. Фактори који утичу на мотивацију

Испитивани су фактори који могу имати утицај на спремност испитаника да учествују у примарном сортирању отпада (табела 21). Најзначајнији мотиватори су допринос очувању животне средине (просечна оцена 4,79), добар пример деци (4,77) и чистија околина (4,72), док су као мање значајни оцењени фактори са финансијским аспектом (избегавање казне 2,91 и награда 2,53), као и притисак околине (2,38). Слика 21, показује интервал поузданости за вредност сваког мотиватора, са степеном поузданости 95% (на величину узорка од 505 испитаних појединаца).

Табела 21: Јачина мотивационих фактора који утичу на ангажованост становништва да учествују у примарном сортирању отпада

	Чистија околина	Пример деци	Очување животне средине	Избегавање казне	Материјална корист	Притисак околине
Аритметичка средина	4,725	4,768	4,792	2,915	2,531	2,382
Стандардна девијација	0,772	0,771	0,665	1,689	1,582	1,604
Горња вредност	4,792	4,836	4,850	3,062	2,669	2,522
Доња вредност	4,657	4,701	4,734	2,768	2,393	2,242



Слика 21: Интервали поузданости појединачних мотивационих фактора

Према подацима добијеним анкетом исти мотиватори би подстакли и испитанике који тренутно нису заинтересовани да учествују у примарном сортирању отпада (табела 22), иако најјачи мотиватори имају слабији ефекат (чистија околина [4,543 – 4,620], очување животне средине [4,541 – 4,622], пример деци [4,552 – 4,631])

Табела 22: Јачина мотивационих фактора који би имали подстицај на ангажованост становништва које није заинтересовано да учествује у одвајању отпада

	Чистија околина	Очување животне средине	Избегавање казне	Материјална корист	Пример деци	Притисак околине
Аритметичка средина	4,582	4,582	3,275	2,796	4,592	2,592
Стандардна девијација	0,436	0,459	0,713	0,711	0,456	0,687
Горња вредност	4,620	4,622	3,338	2,858	4,631	2,652
Доња вредност	4,543	4,541	3,213	2,734	4,552	2,532

4.1.2. Социодемографски профил

4.1.2.1. Пол

Испитаници оба пола су изразили једнаку спремност да учествују у програму: 81,6% жена и 79,5% мушкараца.

Табела 23: Приказ мотиватора према полу, који утичу на спремност са испитаници рециклирају

	МФ1	МФ2	МФ3	МФ4	МФ5	МФ6
Укупно	4,72	4,79	2,91	2,53	4,77	2,38
Пол: женски	4,77	4,79	3,00	2,52	4,82	2,36
Пол: мушки	4,68	4,80	2,83	2,54	4,71	2,41

За жене, најјачи мотиватор је да дају добар пример деци, затим очување животне средине и чистија околина, док је код мушких испитаника најзначајнији мотиватор очување животне средина, затим добар пример деци и чистија околина. Финансијски мотиватори, награда или казна, као и евентуални притисак околине су од мањег значаја.

4.1.2.2. Старосна група

Спремност да се учествује у програму, као и значај мотиватора према старосним групама приказано је у табелама 24, 25 и 26.

Табела 24: Спремност испитаника да рециклирају према старосној групи, као и релативни удео те старосне групе у узорку популације која је спремна да учествује

Старост	Удео испитаника који су спремни да учествују	Удео сегмента у укупном узорку	Релативни значај сегмента*
18 – 25	81,0%	4,2%	4,2%
26 – 45	84,6%	18,0%	18,9%
45 – 65	82,2%	39,0%	39,8%
65+	77,0%	38,8%	37,1%

*Удео старосне групе у сегменту испитаника који су спремни да учествују

Табела 25: Удео мотиватора који утичу на спремност да се рециклира према старосним групама, као и удео мотиватора сегмента у укупном узорку

	У оквиру старосне групе (%)*					
Старост	МФ1	МФ2	МФ3	МФ4	МФ5	МФ6
18 – 25	20,2	20,4	15,2	14,4	19,2	10,6
26 – 45	21,1	21,8	12,4	12,1	21,2	11,3
46 – 65	21,5	21,7	12,5	11,7	21,9	10,7
65+	21,5	21,7	14,0	10,5	21,7	10,6
	Удео у укупном узорку (%)					
18 – 25	0,9	0,9	0,7	0,6	0,9	0,5
26 – 45	3,8	3,9	2,2	2,2	3,8	2,0
46 – 65	8,4	8,5	4,9	4,6	8,5	4,2
65+	8,3	8,3	5,4	4,0	8,3	4,1

*Може да одступа од 100% због заокруживања

Табела 26: Најјачи мотиватори у оквиру старосне групе и у оквиру укупног узорка

	У оквиру старосне групе					
Старост	МФ1	МФ2	МФ3	МФ4	МФ5	МФ6
18 – 25	2	1	4	5	3	6
26 – 45	3	1	4	5	2	6
46 – 65	3	2	4	5	1	6
65+	3	1	4	6	2	5
	Јачина мотиватора у укупном узорку					
18 – 25	20	19	22	23	21	24
26 – 45	15	13	16	17	14	18
46 – 65	3	2	8	9	1	10
65+	6	4	7	12	5	11

Највећу спремност за учествовање у програму показали су испитаници у старосној групи 26–45 година (84,6%), док је најнижа у категорији испитаника преко 65 година (77,0%).

Значајност година на спремност да се учествује у програму испитивана је χ^2 тестом. Наша нулта хипотеза је да спремност за учествовањем у програму примарног сортирања отпада не зависи од старости испитаника, тј. да је једнака у свим сегментима – старосним групама. Добијена вредност статистике од 0,56 нижа је од одговарајуће

критичне вредности 7,81 (df=3; α=0,05), што значи да се нулта хипотеза не може одбацити. Дакле, не може се тврдити да старост има утицаја на спремност да се учествује у програму.

У свим старосним групама, најзначајнији мотиватори су једнаки – очување животне средине, добар пример деци и чистија околина. Узимајући у обзир старосну структуру узорка, мотивациони фактори са највећим утицајем на укупни успех програма су:

1. Добар пример деци, старосна група 45–65
2. Очување животне средине, старосна група 45–65
3. Чистија околина, старосна група 45–65
4. Очување животне средине, старосна група 65+
5. Добар пример деци, старосна група 65+.

4.1.2.3. Ниво образовања

Утицај нивоа образовања на спремност да се учествује у примарном сортирању отпада, као и мотиви који покрећу поједине групе нивоа образовања приказане су у табелама 27, 28 и 29.

Табела 27: Утицај нивоа образовања на спремност да се учествује у примарном сортирању отпада, као и удео појединог нивоа образовања у узорку популацији која је спремна да учествује

Табела 28: Мотивисаност испитаника да учествују у програму према нивоу образовања, као и удео истог у укупном узорку

	У оквиру образовне групе (%)*					
Ниво образовања	МФ1	МФ2	МФ3	МФ4	МФ5	МФ6
Основна школа или мање	19,7	20,4	14,0	12,2	20,6	13,1
Средња школа	21,2	21,4	13,4	11,7	21,4	10,8
Основне студије	21,7	22,1	12,7	11,1	21,9	10,6
Мастер или докторске	22,9	23,2	12,2	9,6	22,9	9,3
	Удео у укупном узорку (%)					
Основна школа или мање	1,0	1,0	0,7	0,6	1,1	0,7
Средња школа	12,5	12,7	8,0	6,9	12,6	6,4

4.1.3. Информисаност

Упућеност испитаника у тематику примарне сепарације и рециклаже оцењивана је кроз три питања: да ли је испитаник упознат да се чврст комунални отпад (као што су нпр. пластика, папир, стакло, метал, текстил) може рециклирати, да ли зна да се биоотпад може прерадити у корисне компоненте, као и да ли је упознат са контејнерима за сепарацију.

За потребе даље анализе, сваком позитивном одговору додељена је вредност 1, а негативном 0 и сви одговори су сабрани. Дакле, на скали информисаности, испитаници су могли да постигну од 0 до 3 поена. Већина испитаника упућена је у основне појмове о примарном одвајању чврстог комуналног отпада и рециклажи, док код отпада од хране и баштенског отпада ситуација је мало другачија, 12,7% испитаника није знало да исти може да се преради у корисне компоненте. Свакако највећи део испитаника изјаснио се да је упознат са проблематиком сепарације и рециклаже, 84,6% испитаника добило је 3 поена, 12,7% 2 поена, док је 1,6% имало 1 поен, а њих 1,2% је добило 0 поена. Одређени број испитаника није био свестан да постоје контејнери који служе за примарно сортирање отпада.

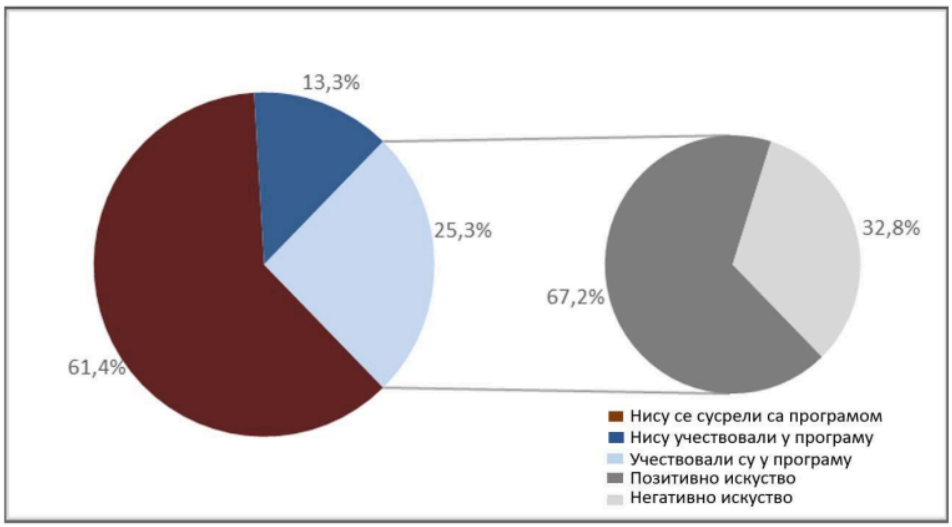
Будући да се тек 2,8% испитаника изјаснило да је недовољно информисано о овој тематици (0 или 1 поен), може се закључити да су грађани углавном информисани о рециклажи комуналног отпада. Из тог разлога овај параметар није даље испитиван.

4.1.4. Претходно искуство

Како је на територији Београда већ било организованих акција сакупљања разврстаног кућног отпада, анкета је имала за циљ да идентификује колико грађана се већ сусрело са оваквим акцијама, каква су им искуства, као и да ли претходно искуство утиче на спремност да учествују у новом програму.

Највећи број испитаника, њих 310 (61,4%) није се сусрело са оваквим програмом, док само 195 (38,6%) испитаника има искуства тј. у месту у којем живе је постојало или постоји организовано одношење сортираног отпада. Од овог броја код око петине испитаника (21,5%) овакав програм је укинут, што чини 8,3% испитаника у укупном узорку. У насељима где живи 153 испитаника (30,3% укупног узорка) тренутно постоји организовано одношење сортираног отпада. Од 195 испитаника, који су се сусрели са програмом 65,6% је учествовало у тој акцији, што чини четвртину (25,3%) укупног броја испитаника. Већина испитаних била је задовољна начином на који је у њиховом месту било организовано одношење примарно сортираног отпада. Слика 22 приказује анкетиране према претходном искуству, као и ако је у њиховом насељу било организовано одношење примарно сортираног отпада да ли је то искуство било позитивно или негативно (график десно).

Од укупног броја испитаника који су се сусрели са програмом, финансијску корист имало је 22% анкетираних, 46% је приметило да су улице биле чистије, док се 74% осећало као да даје позитиван пример заједници.



Слика 22: Претходно искуство испитаника са акцијама организованог примарног сортирања комуналног отпада на територији становања

Две трећине испитаника изјаснило се да се место за одлагање отпада налазило близу, док је њих 73,8% изјавило да им је било јасно где треба да одложе коју врсту отпада. Подаци о изазовима у реализацији програма приказани су у табели 30.

Табела 30: Оперативни аспекти и изазови у реализацији програма примарног сортирања кућног отпада према искуствима испитаника

Оперативни аспекти и изазови у реализацији програма	Укупно релевантних испитаника	Удео релевантних испитаника
	195	ДА
Место за одлагање отпада је било близу	130	66,7
Било је јасно где се која врста отпада одлаже	144	73,8
Недостатак мотива	47	24,1
Контејнери нису били обележени	68	34,9
Контејнери нису били на адекватном месту	64	32,8
Нису имали где да одложе отпад	66	33,8
Отпад није довољно често одношен	71	36,4

Што се тиче врсте отпада који се сортира, од укупног броја учесника у анкети, одређени број људи у неком облику сортира отпад и то метал, пластику, текстил, стакло, папир и картон и отпад од хране и/или из баште. Од укупног броја испитаника 55,6% јесте бар једном одлагало отпад према врсти материјала. Све поменуте врсте отпада одваја само 12,3% испитаника. Од укупног броја испитаника који су се ангажовали, највише испитаника је одвајало пластику и PET флаше (72,9%), затим папир и картон (58,4%) и стакло (52,7%). Детаљнији подаци о сортирању појединачних врста отпада приказани су у табели 31.

Табела 31: Врсте материјала отпада које су испитаници сортирали

Врста сортираног отпада	Удео испитаника (%)
Метал	51,5
Пластика, PET флаше	72,9
Текстил	45,5
Стакло	52,7
Папир и картон	58,4
Отпад од хране и/или баште	45,2

Према приказаним подацима уочава се да највише људи учествује у одвајању пластике. Будући да су на местима, где су рециклажна острва, најчешће постављени контејнери за посебно сортирање метала, папира и картона и пластичног отпада, као и стаклена звона (Географски факултет, 2020), може се закључити да учесници приближно подједнако активно учествују у одвајању стакла, папира и картона и метала на извору. Виши ниво примарног одвајања пластике може се објаснити распрострањеношћу канти за сакупљање пластичних чепова, који се неретко могу наћи у јавним објектима/институцијама, стамбеним зградама, продавницама, предузећима или на другим местима. Овако густа мрежа канти за одвајање пластичних чепова, као и осећај учињеног добра, мотивише људе да се укључе у примарно сортирање пластике. Током 2017. године само у Градском заводу за јавно здравље сакупљено је око 200 kg пластике (Градски завод за јавно здравље Београд). Најмањи проценат људи учествује у одвајању текстила и отпада од хране и из баште. Ове врсте отпада су специфичне по томе што се обично у оквиру рециклажних острва не налазе контејнери за одвајање ових материјала. Текстил који остаје у токовима кружења материјала се најчешће предаје другим корисницима или носи на места где се преузима за рециклажу.

Најнижа спремност за учествовање у програму је код испитаника који немају претходни додир са сличним акцијама (табела 32). Чак и код испитаника који раније нису учествовали, а на њиховој територији где живе јесте био организован овакав програм или имају негативно искуство, бележи се виша спремност.

Значајност фактора претходног искуства на спремност да се учествује у програму испитивана је χ^2 тестом. Нулта хипотеза је да спремност не зависи од претходног искуства, тј. да је једнака у свим сегментима испитаних група учесника анкете. Вредност статистике од 2,43 нижа је од одговарајуће критичне вредности 7,81 (df=3; α=0,05) и нулта хипотеза се не може одбацити. Дакле, не може се тврдити да претходно искуство има утицаја на спремност да се учествује у програму.

Табела 32. Утицај претходног искуства

Утицај претходног искуства на спремност да учествују у програму		Укупно	Спремни да учествују	Удео (%)
Није се сусрео са програмом		310	236	76,1
Програм организован у месту где живе	Није учествовао у програму	67	56	83,6
	Позитивно искуство	86	75	87,2
	Негативно искуство	42	40	95,2

4.1.5. Постојање услова за примарну сепарацију у оквиру стамбене јединице

Од 505 испитаника, њих 228 (45,1%) живи у објектима за индивидуално становање, а 277 (54,9%) у стану.

Једно од најважнијих питања је свакако да ли испитаници имају услове да код куће организују сортирано прикупљање отпада. Што се организације сортирања отпада тиче, 51,5% испитаника изјаснило се да има услове нпр. у виду простора у кући или стану да сортирају отпад. Од испитаника који живе у кући, услове да сортира отпад има 61,8%, док је код испитаника који живе у стану овај проценат је нижи, 43,0% је дало потврдан одговор. χ^2 статистика од 58,62 је виша од одговарајуће критичне вредности χ^2 теста. Начин становања је значајан фактор који утиче на то да ли грађани имају услове да врше примарну сепарацију.

Спремност испитаника да учествује у програму виша је код испитаника који имају услове да врше сепарацију (89,6% наспрам 71,0%). χ^2 вредност статистике од 19,01 је виша од одговарајуће критичне вредности χ^2 теста и може се тврдити да постојање услова за сепарацију кућног отпада има позитиван утицај на спремност да се учествује у програму.

4.1.6. Организација одношења отпада

Од укупно 407 испитаника који су спремни да учествују у програму, њих 125 (30,7%) је спремно да носи отпад до контејнера за сепарацију који је удаљен тек 50 m од њиховог места становања. На раздаљину 100 m или даље, спремно је да носи 69,3% испитаника. Табела 33 приказује спремност испитаника да на одређену удаљеност односе примарно одвојен кућни отпад. С друге стране, отпад који се не скупља свакодневно, као што је нпр. текстил, 87,7% грађана је су спремни да носе на предвиђено место у оквиру њихове општине.

Табела 33: Удаљеност на коју би испитаници који су спремни да учествују у програму носили примарно сортирани отпад

Колико далеко сте спремни да носите отпад	Укупно испитаника	Удео испитаника (%)
	407	100
50 m	125	30,7
100 m	113	27,8
300 m	57	14,0
500 m	60	14,7
Носио бих колима	52	12,8

4.1.7. Предлози грађана за побољшање система управљана отпадом

На последње питање анкете, које је било отвореног типа, испитаници су имали могућност да изнесу своје мишљење како да се побољша управљање отпадом у њиховој околини. Преко 80% испитаника је имало сугестије, док остали нису имали предлог или су задовољни тренутним стањем, док је четворо људи и похвалило садашњу организацију управљања комуналним отпадом у Београду. Сугестије, које у испитаници изложили, груписане се у неколико категорија. Табела 34 приказује најзаступљеније изнете предлоге.

Из приказане табеле јасно је да сама организација управљања комуналним отпадом и недостатак контејнера онемогућује грађане да учествују у примарном сортирању отпада. Тренутна мрежа контејнера за сортирање отпада није усаглашена са потребама становништва, што чини да сортирање кућног отпада за већину грађана није организовано на практичан начин или чак ни не пружа могућност да учествују, што делује демотивишуће. Скоро петина грађана сматра да њихови сугрђани нису еколошки освешћени, што би решили спровођењем кампања или пак увођењем ове теме у школе, чиме би се обухватала широка циљна група. Као спољашње мотиваторе грађани предлажу утицај казне и награде, са ставом да значајнији утицај може имати

казна. На ово се може додати да су три испитаника предлагали и уградњу камера, што се може сматрати и видом застрашивања, док други сматрају да треба појачати инспекцијски надзор.

Табела 34. Предлози грађана Београда за побољшање управљања отпадом у њиховој околини

	Предлог	Број појављивања предлога
1.	Поставити контејнере за сортирање/поставити више контејнера, гушћа мрежа	274
2.	Едукација грађана и подизање свести кампањама, али и увођењем проблематике у формално образовање	90
3.	Казне за неодговорне грађане	44
4.	Увести накнаду/награду за враћање пластике, стакла, лименки	18
5.	Неопходност боље организације одношења, са предлозима да се за овај посао ангажују и друге фирме	18
6.	Чешће пражњење контејнера/одношење баштенског отпада из руралних делова	16
7.	Јасније означени контејнери за сортирање	12

Такође, више грађана је указало на проблеме постојања дивљих депонија, али и нефункционалност званичних депонија где треба направити постројења за рециклажу. Мањи број грађана је указао да тренутна форма контејнера није задовољавајућа, јер се најчешће не затварају и долази до разношења отпада по улици, као и ширења непријатних мириса. Поред овог, поједини испитаници су указали да је неопходно улице чешће прати. Свакако естетски визуелни надражаји могу да имају веома позитиван утицај на понашање становништва (Wirdelöv, 2020; Bramley и др, 2012), те ако би улице биле чистије и отпад не би био видљив за пролазнике мање људи би се определило да и само загади већ чист простор.

Мора се напоменути да је девет испитаника исказало сумњу да се комунални отпад који је примарно сортиран меша са несортираним отпадом, а неки су се изјаснили да су ову појаву „видели својим очима“. У прилог овом феномену иде и репортажа под називом „Да ли је рециклирање отпада у Београду узалудно?“ телевизијске станице N1 (Petrović, 2020), са видео записом на ком се види да се пражњење уличних канти примарно сортираног отпада врши у исти товарни простор лаког теретног возила за транспорт отпада. Можда би најупечатљивији коментар дат у анкети била опаска револтираног грађанина који је указао да је неопходно „мењање из корена“.

4.2. Сепарација чврстог комуналног отпада употребом вештачке интелигенције

Прилагођен приступ класификацији отпада у истраживању постигнут је коришћењем CNN-а оптимизован MCOA алгоритмом заједно са AdaBoost и XGBoost моделима. Метода дубоког учења била је прилагођена како би се одговорило на специфичне изазове, посебно на прецизан одабир хиперпараметара и евалуације различитих оптимизатора. Употребом модела дубоког учења који су дизајнирани за сепарацију отпада повећава се тачност, скраћује време процеса сепарације и смањује употреба других ресурса.

4.2.1. Резултати првог нивоа оптимизације

~ Конволутивна неуронска мрежа оптимизована модификованим Crayfish алгоритмом

У првом делу истраживања спроведене су симулације како би се одредила прикладна архитектура CNN-а. Коришћен оптимизатор је имао задатак да одабере оптималну архитектуру мреже која би са прихватљивим степеном тачности, као објективном метриком, обрађивала слике. Излазни подаци овог дела примењују се у наредној фази.

Резултати симулације приказани су у табелама 35 и 36. Коришћен CNN модел оптимизован MCOA алгоритмом достигао је прецизност 0,85247 за органски отпад и 0,924528 за остали, рециклабилни отпад. Укупна тачност постигнута у првом делу експеримента је 88,8499%, остављајући простор за побољшања у другом делу огледа. Параметри са најбољим учинком које је за CNN одабрао MCOA приказани су у табели 37.

Табела 35. Резултати најбоље конструисаног CNN модела употребом MCOA оптимизатора

Метод	Мера	Органски отпад	Остали отпад	Тачност	Макро просек	Пондерисана средина
MCOA-CNN	Прецизност	0,852470	0,924528	0,879825	0,888499	0,884355
	Опозив	0,948608	0,793165	0,879825	0,870887	0,879825
	F1 – мера	0,897973	0,853824	0,879825	0,875898	0,878437
	Бр. посматрања	1401	1112			

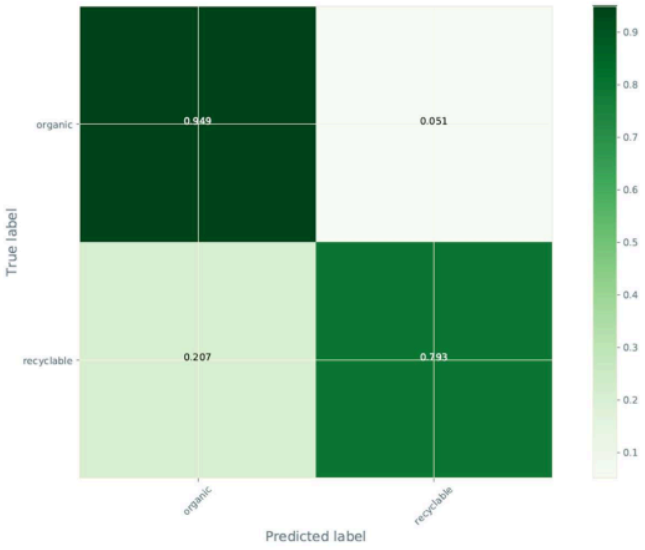
Табела 36. Број лажно позитивних, лажно негативних, стварно позитивних, стварно негативних резултата према класи отпада

Класа отпада	FP	FN	TP	TN
Органски отпад	230	72	1329	882
Остали отпад	72	230	882	1329

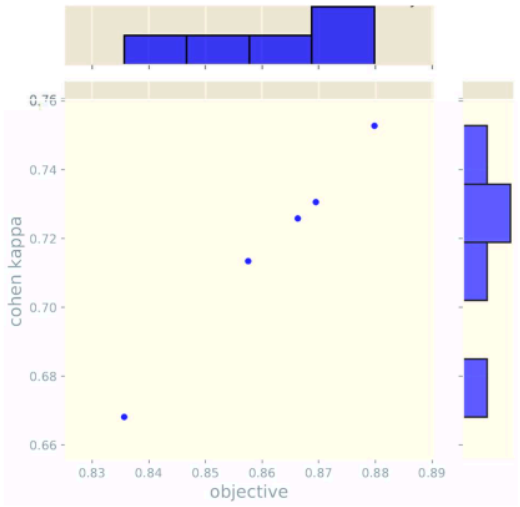
Табела 37. CNN параметри добијени MCOA оптимизатором са најбољим учинком

Параметри	CNN-MCOA одабране вредности
Learning rate	0,003000
Dropout	0,130158
Epochs	10
Layers CNN	2
Layers dense	2
CNN L1 neurons	106
CNN L2 neurons	128
Dense L1 neurons	128
Dense L2 neurons	32

Додатни детаљи симулације приказани су сликама 23 и 24, функција индикатор и циљана функција.



Слика 23. Препознавање органског и осталог отпада: матрица конфузије за CNN-MCOA модел за разврставање отпада



Слика 24. Резултати Коенове капе CNN-MCOA модела

4.2.2. Резултати другог нивоа оптимизације

~ Употреба AdaBoost и XGBoost модела

У првом делу експеримента постигнута је оптимална архитектура модела. Подаци прикупљени у првом нивоу оптимизације користе се у наставку огледа како би се повећала тачност класификације отпада. У овом делу користе се два модела (AdaBoost и XGBoost), чије су функције индикатора и циљне функције проверене у компаративној анализи са више тестираних оптимизатора.

4.2.2.1. Резултати AdaBoost модела

Циљна функција и индикатора AdaBoost модела за сваки појединачни коришћени оптимизатор приказане су кроз најбољи и најгори случај, као и за средњу и медијалну вредност ових функција. Резултати су презентовани у табелама 38 и 39. Из представљених резултата у табели 38 јасно је да су оптимизатори MCOA и HHO показали најбоље резултате за најбољи случај, док је HHO оптимизатор показао најбоље перформансе у случајевима средње и медијалне вредности. Слични резултати за MCOA и HHO добијени и за индикатор функцију. Оптимизатор COLSHADE је задржао најбољу стабилност кроз извршене циклусе.

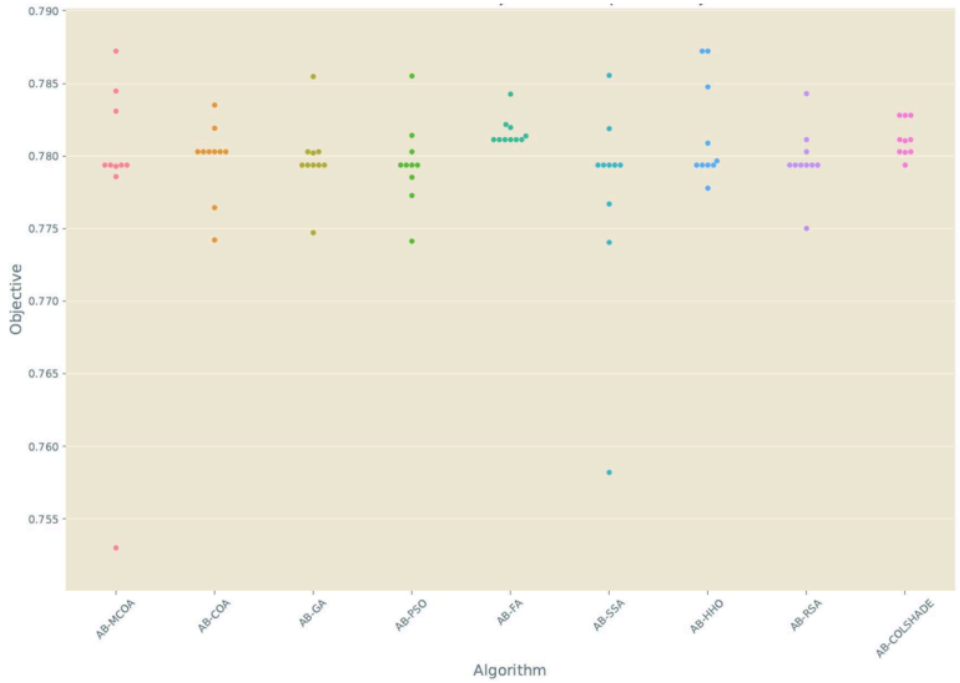
Табела 38. Резултати циљне функције за AdaBoost модел за тестиране оптимизаторе

Метод	Најбољи случај	Најгори случај	Средња вредност	Медијана	Стандардна девијација	Варијанса
AB-MCOA	0,787227	0,779704	0,782313	0,781130	0,002359	5,57E-06
AB-COA	0,783512	0,779372	0,780853	0,780293	0,001323	1,75E-06
A B-GA	0,785475	0,779538	0,781543	0,781089	0,001756	3,08E-06
AB-PSO	0,785516	0,779372	0,781779	0,780815	0,002107	4,44E-06
AB-FA	0,784263	0,779372	0,780712	0,780567	0,001526	2,33E-06
AB-SSA	0,785556	0,779455	0,781902	0,781549	0,002056	4,23E-06
AB-HHO	0,787227	0,779662	0,782390	0,781927	0,002173	4,72E-06
AB-RSA	0,784303	0,779372	0,781439	0,781220	0,001486	2,21E-06
AB-COLSHADE	0,782804	0,781130	0,781772	0,781584	0,000681	4,64E-07

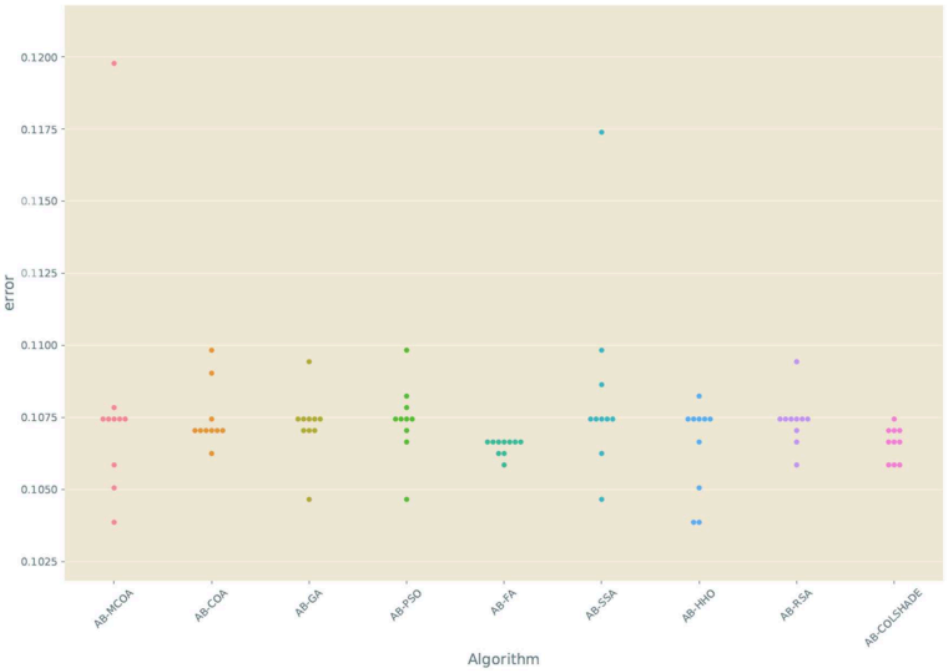
Табела 39. Резултати индикатор функције за AdaBoost модел за тестиране оптимизаторе

Метод	Најбољи случај	Најгори случај	Средња вредност	Медијана	Стандардна девијација	Варијанса
AB-MCOA	0,103860	0,107441	0,106148	0,106645	0,001103	1,22E-06
AB-COA	0,106248	0,107441	0,106844	0,107043	0,000526	2,77E-07
AB-GA	0,104656	0,107441	0,106446	0,106645	0,000820	6,73E-07
AB-PSO	0,104656	0,107441	0,106397	0,106844	0,000910	8,29E-07
AB-FA	0,105850	0,107441	0,106894	0,106844	0,000524	2,75E-07
AB-SSA	0,104656	0,107441	0,106297	0,106446	0,000921	8,49E-07
AB-HHO	0,103860	0,107441	0,106148	0,106645	0,001029	1,06E-06
AB-RSA	0,105850	0,107441	0,106546	0,106446	0,000554	3,07E-07
AB-COLSHADE	0,105850	0,106645	0,106496	0,106645	0,000485	2,35E-07

Резултати стабилности за циљну функцију и индикатора за сваки појединачни тестиран оптимизатор приказани на сликама 25 и 26.



Слика 25. Приказ дистрибуције вредности циљне функције за AdaBoost оптимизацију

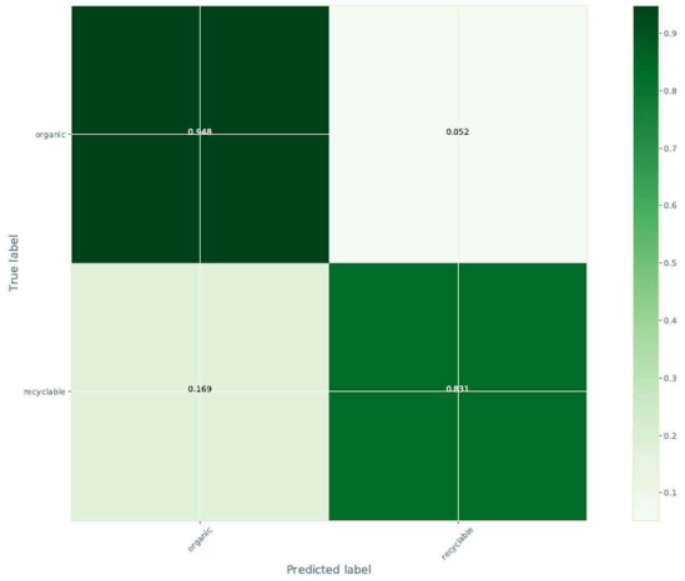


Слика 26: Приказ функције индикатора за AdaBoost оптимизацију

Детаљан приказ резултата метрике за сваки појединачан оптимизатор приказан је у табели 40. Из табеле се види да су најбоље резултате сличних вредности дали алгоритми MCOA и HHO. Слика 27 представља резултате препознавања отпада AdaBoost моделом оптимизованог MCOA алгоритмом.

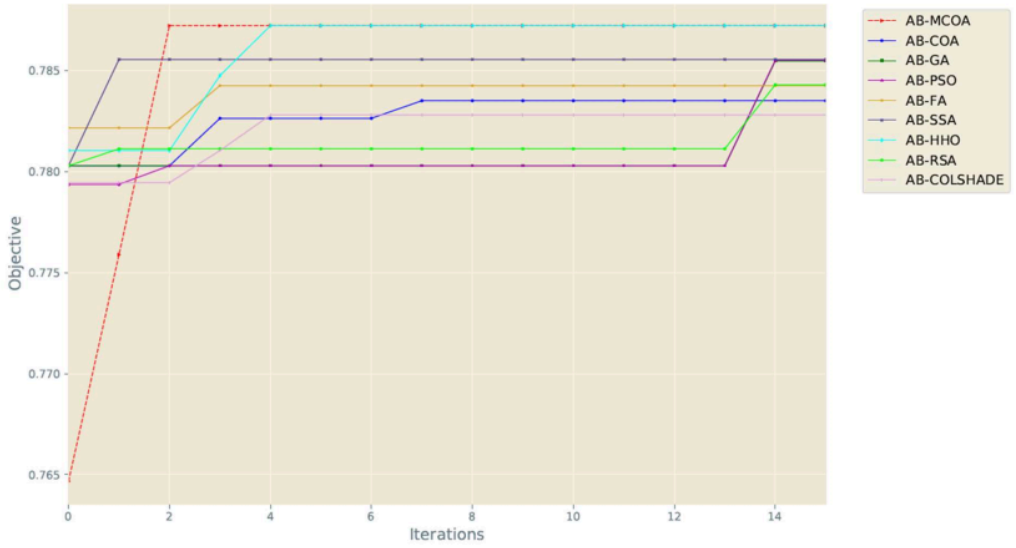
Табела 40. Детаљне вредности за најбоље конструисан AdaBoost модел за сваки тестиран оптимизатор

Метод	Мера	Органски отпад	Остали отпад	Тачност	Макро просек	Пондерисана средина
AB-MCOA	Прецизност	0,875989	0,926780	0,896140	0,901385	0,898464
	Опозив	0,947894	0,830935	0,896140	0,889415	0,896140
	fl-мера	0,910525	0,876245	0,896140	0,893385	0,895356
AB-COA	Прецизност	0,888889	0,900474	0,893752	0,894681	0,894015
	Опозив	0,925054	0,854317	0,893752	0,889685	0,893752
	fl-мера	0,906611	0,876788	0,893752	0,891699	0,893414
AB-GA	Прецизност	0,873850	0,928355	0,895344	0,901103	0,897969
	Опозив	0,949322	0,827338	0,895344	0,888330	0,895344
	fl-мера	0,910024	0,874941	0,895344	0,892482	0,894500
AB-PSO	Прецизност	0,874342	0,927492	0,895344	0,900917	0,897861
	Опозив	0,948608	0,828237	0,895344	0,888423	0,895344
	fl-мера	0,909962	0,875059	0,895344	0,892511	0,894518
AB-FA	Прецизност	0,888433	0,902091	0,894150	0,895262	0,894477
	Опозив	0,926481	0,853417	0,894150	0,889949	0,894150
	fl-мера	0,907058	0,877079	0,894150	0,892069	0,893793
AB-SSA	Прецизност	0,874835	0,926633	0,895344	0,900734	0,897756
	Опозив	0,947894	0,829137	0,895344	0,888516	0,895344
	fl-мера	0,909901	0,875178	0,895344	0,892539	0,894536
AB-HHO	Прецизност	0,875989	0,926780	0,896140	0,901385	0,898464
	Опозив	0,947894	0,830935	0,896140	0,889415	0,896140
	fl-мера	0,910525	0,876245	0,896140	0,893385	0,895356
AB-RSA	Прецизност	0,888965	0,901328	0,894150	0,895147	0,894436
	Опозив	0,925767	0,854317	0,894150	0,890042	0,894150
	fl-мера	0,906993	0,877193	0,894150	0,892093	0,893807
AB-COLSHADE	Прецизност	0,870189	0,931633	0,894150	0,900911	0,897378
	Опозив	0,952177	0,821043	0,894150	0,886610	0,894150
	fl-мера	0,909339	0,872849	0,894150	0,891094	0,893192
	Број понављања	1401	1112			

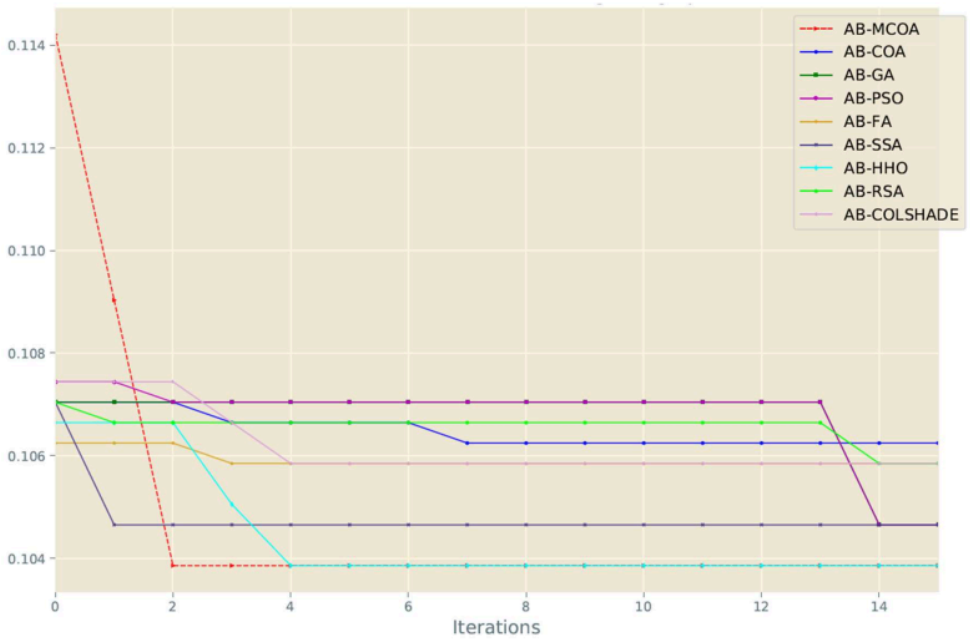


Слика 27. Препознавање органског и осталог отпада: матрица конфузије AdaBoost модела за разврставање отпада оптимизован MCOA алгоритмом

За сваки појединачан тестиран оптимизатор на AdaBoost моделу, промене у стопи конвергенције у поређењу са основним COA оптимизатором приказане су на сликама 28 и 29.



Слика 28. Конвергенција циљне функције тестираних оптимизатора



Слика 29. Функција индикатора конвергенције тестираних оптимизатора

Табела 41. Одабир параметара за AdaBoost моделе са најбољим учинком за сваки тестиран оптимизатор

Метод	Number of estimators	Depth	Learning rate
AB-MCOA	10	2	1.803420
AB-COA	41	1	1.939881
AB-G A	41	1	1.863883
AB-PSO	44	1	1.865695
AB-FA	33	1	1.932898
AB-SSA	10	2	1.830239
AB-HHO	10	2	1.797186
AB-RSA	37	1	1.940528
AB-COLSHADE	14	1	1.796743

4.2.2.2. Резултати XGBoost модела

Циљна функција и индикатора XGBoost модела за сваки појединачни тестирани оптимизатор приказане су кроз најбољи и најгори случај, као и за средњу и медијалну вредност ових функција. Резултати поређења презентовани су у табелама 42 и 43. Из представљених резултата за циљну функцију јасно је да је оптимизатор MCOA постигао најбоље резултате за најгори случај, као и за средњу и медијалну вредност. Најбоље перформансе за вредност најбољег случаја су изједначене, а постигли су их MCOA и COA. Слични резултати су добијени и за функцију индикатора, где је MCOA показао и најбољу стабилност.

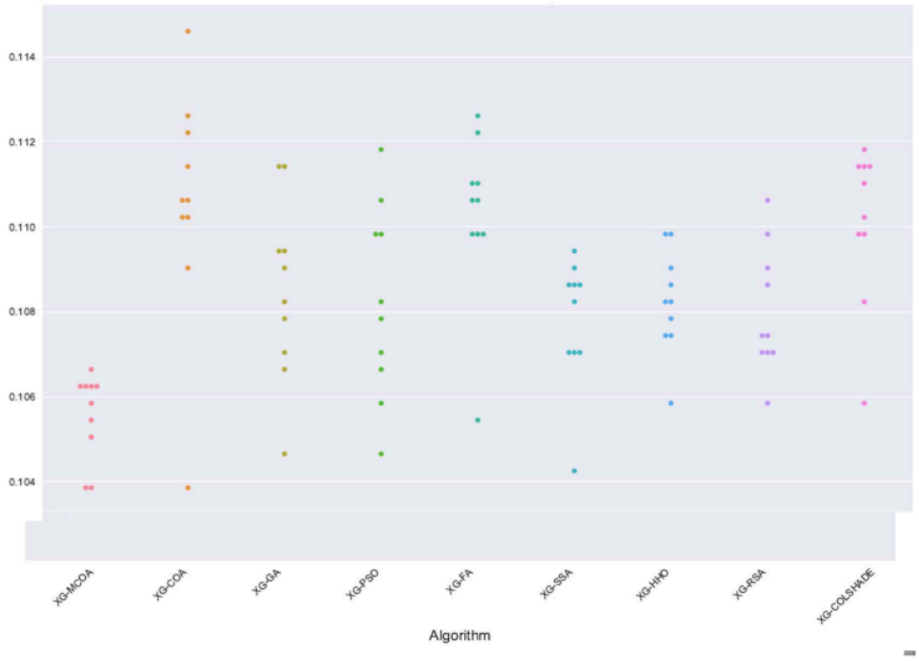
Табела 42. Резултати циљне функције за XGBoost модел за тестиране оптимизаторе

Метод	Најбољи случај	Најгори случај	Средња вредност	Медијана	Стандардна девијација	Варијанса
XG-MCOA	0,786104	0,781228	0,783606	0,783767	0,001329	1,77E-06
XG-COA	0,786104	0,777026	0,779956	0,779314	0,002582	6,67E-06
XG-G A	0,784708	0,779547	0,781578	0,781248	0,001744	3,04E-06
XG-PSO	0,784789	0,776058	0,781431	0,781730	0,002393	5,73E-06
XG-FA	0,783275	0,777236	0,779666	0,779527	0,001630	2,66E-06
XG-SSA	0,785506	0,777992	0,781812	0,782211	0,002314	5,35E-06
XG-HHO	0,782273	0,776648	0,779320	0,779085	0,001795	3,22E-06
XG-RSA	0,782232	0,777992	0,779891	0,780071	0,001320	1,74E-06
XG-COLSHADE	0,782068	0,775386	0,778811	0,778916	0,002064	4,26E-06

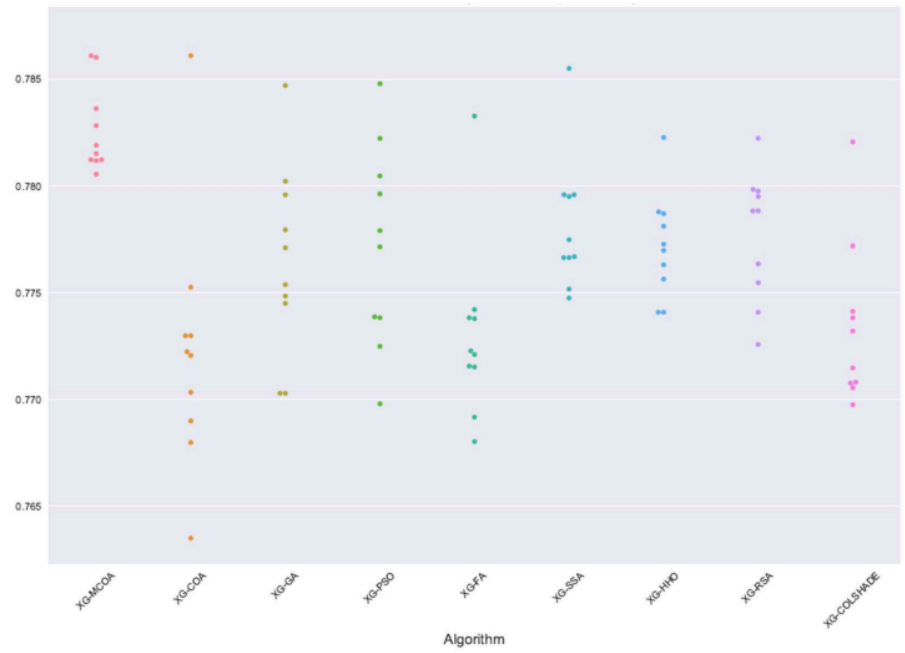
Табела 43. Резултати функције индикатора за XGBoost модел за тестиране оптимизаторе

Метод	Најбољи случај	Најгори случај	Средња вредност	Медијана	Стандардна девијација	Варијанса
XG-MCOA	0,103860	0,106248	0,105103	0,105054	0,000643	4,13E-07
XG-COA	0,103860	0,108237	0,106894	0,107242	0,001257	1,58E-06
XG-GA	0,104656	0,107043	0,106098	0,106248	0,000819	6,71E-07
XG-PSO	0,104656	0,108635	0,106148	0,106049	0,001103	1,22E-06
XG-FA	0,105452	0,108237	0,107043	0,107043	0,000744	5,54E-07
XG-SSA	0,104258	0,107839	0,106049	0,105850	0,001108	1,23E-06
XG-HHO	0,105850	0,108635	0,107242	0,107242	0,000912	8,31E-07
XG-RSA	0,105850	0,107839	0,106994	0,106844	0,000643	4,13E-07
XG-COLSHADE	0,105850	0,109033	0,107441	0,107441	0,001015	1,03E-06

Резултати стабилности за циљну функцију и индикатора за сваки појединачни тестиран оптимизатор приказани су сликама 30 и 31.



Слика 30. Приказ циљне функције за XGBoost оптимизацију

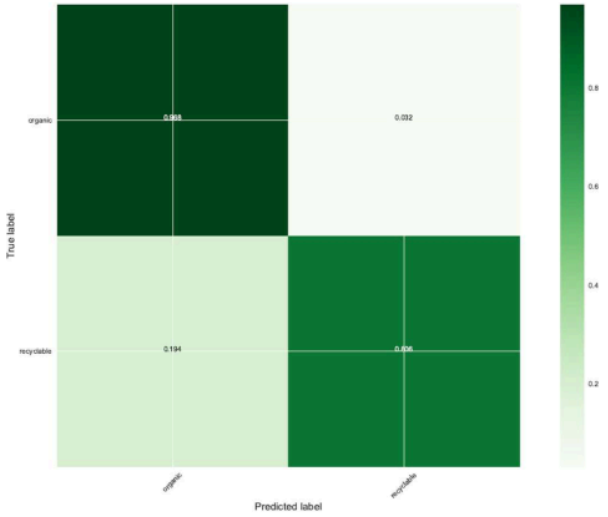


Слика 31. Приказ функције индикатора за XGBoost оптимизације

Детаљна метрика за најбоље конструисане моделе дата је у табели 44. Као што је евидентно, најбољи исход имају модели конструисани MCOA и COA алгоритмима који показују сличне резултате упркос другачијем приступу. Слика 32 представља резултате препознавања отпада XGBoost моделом оптимизованог MCOA алгоритмом.

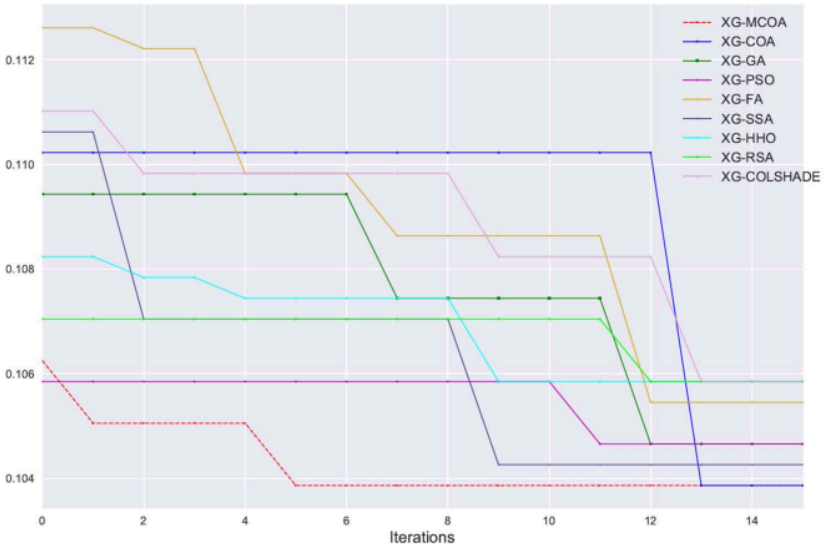
Табела 44. Детаљна метрика за најбоље конструисане XGBoost моделе за сваки тестирани оптимизатор

Метод	Мера	Органски отпад	Остали отпад	Тачност	Макро просек	Пондерисана средина
XG-MCOA	Прецизност	0,862595	0,952179	0,896140	0,907387	0,902236
	Опозив	0,967880	0,805755	0,896140	0,886818	0,896140
	fl-мера	0,912210	0,872869	0,896140	0,892539	0,894802
XG-COA	Прецизност	0,862595	0,952179	0,896140	0,907387	0,902236
	Опозив	0,967880	0,805755	0,896140	0,886818	0,896140
	fl-мера	0,912210	0,872869	0,896140	0,892539	0,894802
XG-GA	Прецизност	0,864744	0,945435	0,895344	0,905090	0,900450
	Опозив	0,962884	0,810252	0,895344	0,886568	0,895344
	fl-мера	0,911179	0,872639	0,895344	0,891909	0,894125
XG-PSO	Прецизност	0,865681	0,943574	0,895344	0,904627	0,900149
	Опозив	0,961456	0,812050	0,895344	0,886753	0,895344
	fl-мера	0,911059	0,872885	0,895344	0,891972	0,894167
XG-FA	Прецизност	0,866452	0,939772	0,894548	0,903112	0,898896
	Опозив	0,958601	0,813849	0,894548	0,886225	0,894548
	fl-мера	0,910200	0,872289	0,894548	0,891245	0,893424
XG-SSA	Прецизност	0,864830	0,946429	0,895742	0,905629	0,900937
	Опозив	0,963597	0,810252	0,895742	0,886925	0,895742
	fl-мера	0,911546	0,873062	0,895742	0,892304	0,894517
XG-HHO	Прецизност	0,864015	0,943396	0,894150	0,903706	0,899141
	Опозив	0,961456	0,809353	0,894150	0,885404	0,894150
	fl-мера	0,910135	0,871249	0,894150	0,890692	0,892928
XG-RSA	Прецизност	0,863549	0,944328	0,894150	0,903938	0,899294
	Опозив	0,962170	0,808453	0,894150	0,885312	0,894150
	fl-мера	0,910196	0,871124	0,894150	0,890660	0,892907
XG-COLSHADE	Прецизност	0,861695	0,948093	0,894150	0,904894	0,899926
	Опозив	0,965025	0,804856	0,894150	0,884941	0,894150
	fl-мера	0,910438	0,870623	0,894150	0,890530	0,892820
	Број понављања	1401	1112			

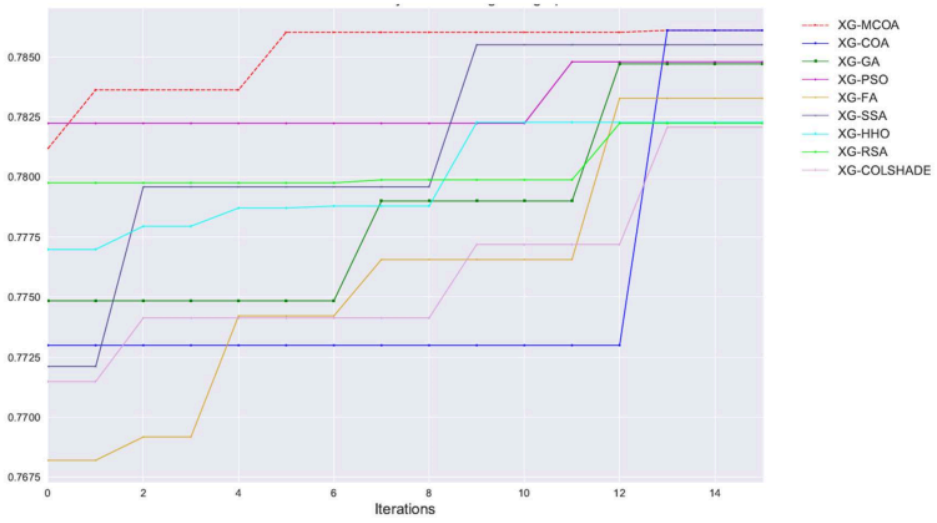


Слика 32. Препознавање органског и осталог отпада: матрица конфузије XGBoost модела за разврставање отпада оптимизованог MCOA алгоритмом

Поређење промена у стопама конвергенције за све тестиране оптимизаторе приказано је у дијаграмима конвергенције, слике 33 и 34.



Слика 33. Дијаграм конвергенције циљне функције за XGBoost оптимизацију



Слика 34. Дијаграм конвергенције функције индикатора за XGBoost оптимизацију

Табела 45. Одабрани параметри за XGBoost моделе са најбољим учинком за сваки тестиран оптимизатор

Метод	Learning Rate	Min Child W.	Subsample	Col by Tree	Max depth	Gamma
XG-MCOA	0.166603	1.898866	0.501264	0.724039	10	0.075143
XG-COA	0.452496	1.952018	0.891189	0.515597	10	0.800000
XG-GA	0.472783	5.485153	0.659876	0.653862	6	0.800000
XG-PSO	0.172652	1.000000	0.747205	0.581078	7	0.417678
XG-FA	0.900000	9.007669	0.643081	0.367300	4	0.603254
XG-SSA	0.432992	5.189257	0.634898	0.667355	7	0.011038
XG-HHO	0.100000	9.122834	1.000.000	0.933413	6	0.465089
XG-RSA	0.103065	10.000000	1.000.000	0.299808	10	0.463413
XG-COLSHADE	0.422911	7.9245330	0.683320	0.551337	6	0.000000

4.2.3. Статистичка провера резултата

Како би се проценила статистичка значајност предложене модификације оптимизатора упоређен је са резултатима других тестираних метода. Учинак оптимизатора је процењен циљном функцијом грешака класификације кроз 30 различитих операција алгоритма.

Резултати су прво проверени Шапиро–Вилковим тестом. Генерисан је узорак података консолидацијом резултата појединачних серија, а p-вредности су израчунате за све комбинације метода и проблема. Будући да све p вредности падају испод унапред одређеног прага значајности $\alpha=0,05$ нулта хипотеза се одбацује. Како вредности немају Гаусову расподелу параметарски тестови не могу да се користе.

Коришћен је непараметарски Вилкоксонов тест означених рангова, примењен на исту серију података, док је уведени алгоритам представљао контролу. У оба случаја, израчунате p вредности су биле мање од 0,05. Узимајући за праг значајности 0,1 ($\alpha=0,1$) нови алгоритам статистички значајно надмашио све конкурентске технике.

Алгоритми MCOA, HHO и COA доследно су показивали ниске стопе грешака, односно висок ниво тачности. Такође, показали су робусне перформансе у смислу Коенове капе, прецизности, опозива и f1-мере, што указује на њихову ефективност класификације. Међутим, резултати Шапиро-Вилковог теста откривају да дистрибуција не одговара нормалној расподели и перформансе варирају у различитим задацима. Сходно томе, док MCOA, HHO и COA генерално показују снажне перформансе, оптималан избор зависи од специфичних карактеристика скупа података и захтева примене.

5. Дискусија

Како би се осигурао добар квалитет живота, регулисање управљања отпадом је од круцијалне важности. Становници Београда, као милионског града, стварају значајне количине комуналног отпада, а највећи део истог се одлаже на депонији у Винчи без претходног третмана. Систем прераде отпада, посебно рециклирања, је недовољно развијен. Будући да се на територији Београда годишње сакупи чак 672.862 тона мешаног комуналног отпада неопходно је радити на унапређењу система управљања и смањењу количине депонованог отпада. Како правилно сортирање отпада смањује економске и временске губитке током процеса рециклаже, један од најважнијих првих корака је сепарација отпада.

Истраживања су показала да је најважнији фактор успешности одрживог система управљања комуналним отпадом заправо партиципација и кооперација јавности (Kuniyal, 2008; Matsui et al., 2007; Wilson et al. 2012), а да њихова ангажованост зависи од ставова, али и перцепције самог система управљања отпадом (Babaeia et al., 2015; Pakpour et al., 2014; Tadesse et al., 2008). Поједини ситуациони фактори имају утицај на понашање и учешће становништва у рециклирању (Guagnano, Stern & Dietz, 1995). Varotto & Spagnolli (2017) сматрају да је прилагођеност система управљања отпадом становништву једна од најефективнијих техника за побољшање примарне сепарације отпада. Истраживање спроведено у Грчкој показало је да иако 94% популације има приступ инфраструктури за одвојено сакупљање амбалажног отпада, чак 80% материјала завршава на депонијама (Drimili et al., 2020). Студија је открила да половина испитаника никада не учествује у рециклирању отпада или повремено учествује (Drimili et al., 2020). Овим је јасно указано на пресудан значај ангажованости становништва и могућност побољшања стопе рециклирања ако се стратегија управљања отпадом усмери на ангажовање јавности (Drimili et al., 2020). С друге стране, Tonglet и сар. (2004) су утврдили да на рециклажно понашање људи најјачи утицај имају: могућност, инфраструктура (објекти), као и знање. У овом истраживању анкетом су утврђени мотивациони фактори локалног становништва.

Према Директиви ЕУ (Directive, 2018) државе чланице треба да успоставе одвојено сакупљање отпада бар за папир, метал, пластику, стакло и текстил. Узимајући у обзир да Србија тежи прикључењу Европској унији потребно је прилагодити интерни систем европском концепту управљања отпадом. Предложени модел за припрему отпада за рециклажу узима у обзир резултате овог истраживања суштински се ослањајући на могућности и мотивисаност становништва да сортира, као и на употребу предложеног алгоритма MCOA да препозна и класификује отпад. Према резултатима спроведене анкете предложени су поједини сегменти модела како би се унапредила примарна сепарација и стимулисало становништво да учествује.

Као значајан фактор који има позитиван утицај на спремност становништва да учествује у програму рециклаже издваја се постојање услова за сепарацију у оквиру стамбене јединице. Резултати анкете показују да испитаници који живе у објектима за индивидуално становање имају боље услове за сортирање отпада него испитаници који живе у стану. Имајући ово у виду модел предлаже постојање кеса за сортирање отпада

за кућну употребу у више различитих величина, како би становништво одвајање отпада могло да прилагоди сопственим могућностима. Кесе које би се користиле за сортирање отпада у домовима могле би бити продаване по цени која би била усклађена и покривала трошкове ставки „Инфостана“ везане за управљање комуналним отпадом. Међу испитаницима који су се сусрели са организованом сепарацијом 34,9% је изјавило да нису били сигурни како да правилно класификују и одложе отпад у одговарајући контејнер. Предложене кесе које би биле различите величине, такође, би биле и обележене различитим бојама, тј. ради боље препознатљивости целе кесе би могле бити одређене боје. Боја кесе би била везана за отпад који се у њу сакупља. Исто бојом којом су обележене кесе били би видно обележени и контејнери за ту врсту отпада. Поред боје, кесе и контејнери би такође имали нацртану слику и речима исписану класу отпада за који су предвиђени. Овим би се побољшала препознатљивост при употреби и решила недоумица становништва око одабира правог контејнера. Такође, куповином кеса потрошачи би имали увид у цену трошкова руковања отпадом, чиме би се могло позитивно утицати на превенцију стварања отпада и поновну употребу појединих предмета, што је у складу са начелом хијерархије управљања отпадом (Закон о управљању отпадом, 2023).

Око трећине испитаника се изјаснило да контејнери за сортирани отпад нису били постављени на адекватном месту, као и да места за одлагање није било близу. Удаљеност контејнера 100m и више прихватљива је 69,3% анкетираних, док би остали носили отпад до 50m удаљених контејнера. Сходно томе, модел предлаже постављање гушће мреже контејнера за сортирани отпад. Будући да је чак 87,7% испитаника позитивно одговорило на питање да ли би текстилни отпад носили на за то предвиђено место на територији њихове општине, није неопходно уводити контејнере за сакупљање текстилног отпада на сваком рециклажном острву. Како су становници Београда већ упознати са појавом да одређене модне компаније сакупљају текстилни отпад за рециклажу, овај феномен би могао да се искористи и да се фирме додатно подстакну на ширење обухвата овакве акције. Након примарне сепарације отпада на извору од стране грађана неопходно је побољшати техничку подршку одношења отпада будући да је чак 36,4% испитаника са претходним искуством изјавило да отпад није довољно често одношен.

Правилна сепарација отпада је кључан део процеса припреме сировина за рециклажу. Отпад сакупљен посебним камионима, задржавајући конзистентност постигнуте сепарације, односи се у рециклажне центре. Студије су показале да део сакупљеног примарно сортираног отпада буде неправилно класификовано. Увођење вештачке интелигенције у процес управљања отпадом има значајан потенцијал. Стога модел овде уводи други ниво пречишћавања отпада у циљу омогућавања рециклаже. Како би се смањио додатни утицај људског фактора, грешке при замору радника и ризик по здравље запослених услед руковања потенцијално опасним отпадом, модел предлаже увођење коришћења вештачких неуронских мрежа за додатно разврставање отпада. Истраживање је тестирало употребу конволутивне неуронске мреже (CNN) оптимизовану модификованим Crayfish алгоритмом (MCOA) бустован AdaBoost и XGBoost моделима. Предложени алгоритам MCOA, посебно дизајниран за задатке препознавања и сортирања отпада преко слика, показао се као вредан додатак будући

да је постигао 89,6140% тачности препознавања класе отпада са слике. Овај резултат указује на значајан потенцијал употребе предложеног алгоритма у ефикасном решавању критичних питања у управљању отпадом. Иако истраживање даје обећавајуће резултате одређена ограничења захтевају даља разматрања. Треба имати у виду да ограниченост броја естиматора за AdaBoost модел и ограничена величина популације за метахеуристику може утицати на адекватно препознавање комплексних веза у подацима.

Будући да одређена количина отпада која се генерише у домаћинствима није рециклабилна потребно је обезбедити контејнере за мешани комунални отпад. Да би се дестимулисала употреба кеса за мешани отпад потребно је применити одређене мере. Контејнери за мешани отпад могу бити постављени на већим раздаљинама у односу на контејнере за рециклабилни отпад, а цена самих кеса за ову класу отпада може бити већа у односу на остале кесе. У овом случају прва сепарација сакупљеног мешаног комуналног отпада радиће се у рециклажним центрима. Препорука је да се за овај вид сортирања користи управо предложен MCOA алгоритам како би се постигла висока прецизност сепарације.

Упоредни однос броја контејнера према класи отпада се одређује према унапред дефинисаном морфолошком саставу отпада, а који зависи од типа насеља у зони где се отпад сакупља. Како поједина локална комунална предузећа, у ободним градским општинама, уопште не одређују или не одређују на адекватан начин морфолошки састав отпада модел предлаже да се за насеља која нису градског типа састав одређује као аритметичка средина класе отпада сакупљена у општинама где преко 90% становништва чине грађани који живе у насељима која нису градског типа („остала насеља“). Из представљених података истраживања јасно је да ће контејнери за биоразградиви отпад бити заступљенији у осталим насељима него у насељима градског типа.

У модел је додат посебан сегмент, који није уско везан за саму манипулацију отпадом, већ се тиче утицаја на становништво додатним стимулацијама. Кључно питање спроведене анкете је било да ли су испитаници спремни да учествују у програму сепарације отпада, на шта је 80,6% становника одговорило позитивно. Посебно су испитивани мотиви који подстичу становништво да рециклирају. Од испитаника на чијој је територији било организовано одношење сортираног отпада 24,1% је одговорило да није било мотивисано да се ангажује. Интересантно је приметити да и код целокупног узорка испитаника као и код испитаника који су одговорили да нису заинтересовани да учествују исти мотиватори имају кључну улогу. Значајни мотиватори су очување животне средине, да дају добар пример деци и чистија околина, без ђубрета на улици. Просечна оцена ових мотиватора је била од 4,725 до 4,792 од максималних пет поена. Очување животне средине као мотиватор је имао највишу оцену и показао је најбољу стабилност међу одговорима. Остали мотиватори имали су просечне оцене мање од три (избегавање казне, материјална корист и притисак околине). Такође, најјачи фактори су били исти узимајући у обзир пол, старост и ново образовања испитаника.

Од испитаника који су учествовали у сепарацији отпада на њиховој територији 74% је изјавило да су осећали да су дали позитиван пример заједници. Будући да

становништво првенствено мотивишу добробит околине, али и локалне средине, као и добар пример деци модел предлаже да се резултати рециклаже често приказују јавности преко различитих видова информисања. Приказивање постигнутих резултата рециклаже, а посебно дела примарног сортирања отпада којим се указује на допринос појединца, могуће је редовно саопштавати преко друштвених мрежа и других видова информисања на интернету, док се пропаганда исхода рециклаже може интервалски приказивати преко медија као што су телевизија, радио и новине. Овакав вид стимулисања становништва у складу је са начелом информисања и учешћа јавности (Закон о заштити животне средине, 2024). Мотиватор као што је добар пример деци може посебно да се искористи учешћем школа или других организација које би спроводиле акције које би биле намењене деци са циљем да се ангажују и родитељи. Формирање нових генерација које ће имати усађене позитивне ставове према рециклирању и проеколошком понашању обезбеђује се развијање и продубљивање грађанске свести о животној средини.

Предложени модел чини део комплексног ланца управљања отпадом који за циљ има повећање рециклаже на територији Београда. Овај почетни корак самог процеса, као круцијалан део успешног рециклирања показује значајан, али још увек неискоришћен, потенцијал. Селектовано прикупљање отпада и кооперација становништва могу знатно економски да допринесу процесу и брже да обезбеде довољан извор сировина за рециклажу. Имајући у виду да Београд и Србија каскају за земљама Европске уније, а за остваривање чланства неопходно је да прихвати и имплементира вредности и принципе исте, предложен модел може приближити Србију решавању поглавља 27 које се тиче животне средине (кластер 4).

6. Закључак

Друга половина 20. века довела је до јачања еколошке свести и наглог ширења еколошких идеја. Јављају се и развијају нове грађанске организације које се залажу за заштиту животне средине. Ова појава постаје значајан друштвени феномен и један од најутицајнијих покрета савременог доба. Један од кључних изазова данашњег друштва представља управљање отпадом.

Узимајући у обзир приказана збивања управљања отпадом на територији Београда тренутно стање није на задовољавајућем нивоу. У циљу реорганизације система управљана отпадом до сада је санирана депонија у Винчи. Поред званичних депонија, постоје и локације на којима је устаљено нелегално одлагање отпада, чиме долази до формирања дивљих депонија. Иако се оне повремено чисте, редовно долази до њихове поновне појаве. Овакве тенденције имају изразито негативан утицај на животну средину и лоше утичу на квалитет живота локалног становништва.

Будући да је рециклажа на јако ниском нивоу јасно је да систем управљање отпадом на територији града Београда захтева хитну модернизацију и унапређење постојећих пракси. Употребе различитих метода разврставања отпада значајне су за развој ефикасних стратегија третмана отпада, како би се спречиле потенцијалне еколошке катастрофе. Проналажење адекватног решења и економски оптималног процеса захтева интеграцију ефикасних техника као и мобилизацију јавности да учествују у примарној сепарацији. Учешће јавности у управљању отпадом је пожељна стратегија за постизање одрживости, ефикасности и ефективности система, а имајући у виду посебно њену неопходну улогу у првим фазама управљања отпадом које се односе како на превенцију настанка отпада, тако и на његову селекцију и одвојено сакупљање са циљем даље рециклаже (Закон о управљању отпадом, 2023). Иако постоје одређене акције како би се грађани увели у процес усвајања примарне селекције, мањак инфраструктуре, мали број контејнера за сакупљање рециклабилног материјала и непостојање рециклажних острва на свим општинама отежава увођење примарног сортирања у редовне процесе. На територији Београда није свим грађанима омогућено да учествују у примарној сепарацији будући да се специјализовани контејнери могу наћи спорадично, а примарно у централним градским општинама, што се може сматрати својеврсном еколошком дискриминацијом.

Истраживање представља анализу тренутног стања система управљања отпадом у Београду, анализу правног оквира Републике Србије и политике заштите животне средине на националном и локалном нивоу, као и усклађеност истих са политиком Европске уније, на коју се Србија као кандидат за чланство обавезала. Анализа је показала да се на територији града генеришу велике количине отпада које се махом одлажу на депонију, што представља значајан еколошки ризик по локално становништво. Узимајући у обзир претходно наведено наставак истраживања имао фокус да нађе решење које би унапредило систем потенцирајући развој рециклаже и тиме побољшало стање животне средине и локалне заједнице и чиме би се Србија приближила чланству у Европској унији. У даљем току истраживања анкетирано је становништво града Београда. Студија указује да упркос томе што је рециклажа у

Србији слабо развијена, становништво је мотивисано да се ангажује и сматра да је неопходно унапредити тренутно стање градске организације управљања комуналним отпадом. Тежња Србије је да развија циркуларну економију, а учешћем јавности отвара се могућност унапређења система у том правцу. Планиран програм сакупљања отпада за територију Београда предвиђа употребу система „две канте“ којим би се одвајао рециклабилни и преостали отпад, као и постављање „зелених острва“ за поједине фракције рециклабилног отпада (пластика, метал, папир и картон и стакла) на одређеним локацијама (Географски факултет, 2020). Узимајући у обзир резултате анкете (представљене у овом раду), становништво је генерално спремно да подржи захтеве рециклаже, што се добро осмишљеним акцијама може боље искористити. Иако би успостављање предложеног модела иницијално захтевало веће финансијске издатке, скраћивањем времена сепарације и процеса рециклаже би довело до позитивног приноса на инвестицију. Већа чистоћа материјала резултирала би ефектнијом рециклажом, смањили би се трошкови додатног пречишћавања отпада, спречио би се губитак ресурса и брже би се остварили приходи од продаје истих, смањили би се трошкови екстракције и добијања сировина. На крају, продужио би се век трајања депонија, и целокупни утицај на животну средину би био позитиван.

Применом дубоког учења може се значајно допринети оптимизацији процеса рециклаже. Употреба конволутивних неуронских мрежа демонстрира високу прецизност у препознавању и сепарацији отпада. Комбинација учешћа јавности и технологија попут вештачке интелигенције може обезбедити одржив приступ управљања отпадом и смањење негативног утицаја отпада на животну средину.

Будућа истраживања треба интезивно да приступе проблемима организовања управљања отпадом са идејом унапређења процеса третмана истог, док се као крајњи циљ мора наметнути достизање циркуларне економије. Примена резултата ове студије могу бити почетне вредности неопходних промена и основа за даље развојне кораке и приоритете у достизању циљева одрживог развоја. Увођење иновација, мониторинг будућег система, праћење постигнутих резултата (нарочито у количинама генерисаног, сортираног и рециклираног отпада) намећу се као главни актери побољшавања и осавремењавања система. Евалуација коришћених технологија и истраживања, која ће их унапредити, морају бити константна и перманентна.

Литература

1. Aarhus Convention. (1998). Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters. Aarhus, Denmark: https://unece.org/DAM/env/pp/documents/cep43e.pdf
2. Abdel-Shafy, H. I., Ibrahim, A. M., Al-Sulaiman, A. M., Okasha, R. A. (2024). Landfill leachate: Sources, nature, organic composition, and treatment: An environmental overview. *Ain Shams Engineering Journal*, 15 (1), 102293.
3. Antanasijević, D., Pocajt, V., Popović, I., Redžić, N., & Ristić, M. (2013). The Forecasting of Municipal Waste Generation Using Artificial Neural Networks and Sustainability Indicators. *Sustainability Science, 8*, 37-46.
4. Arden Pope III, C., Burnett, R., Thun, M., Calle, E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *The Journal of the American Medical Association, 287*(9), 1132-1141.
5. Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola O. O., Olu Odeyemi, O. (2020). Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*, 12, 4456.
6. Azis, F. A., Suhaimi H., Abas E. (2020) Waste classification using convolutional neural network. *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Information Technology and Computer Communications*, ACM, New York, NY, USA
7. Babaeia A.A., Alavia N., Goudarzia G., Teymouri P., Ahmadi K. & Rafiee M. (2015). Household recycling knowledge, attitudes and practices towards solid waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 94-100.
8. Basha, J., Bacanin, N., Vukobrat, N., Zivkovic, M., Venkatachalam, K., Hubálovský, S., Trojovský, P. (2021). Chaotic Harris Hawks Optimization with Quasi-Reflection-Based Learning: An Application to Enhance CNN Design. Sensors, 21, 6654.
9. Bell, D. (1976). The Coming of the Post-Industrial Society. *The Educational Forum.*
10. Beta, преноси N1. (2024). Retrieved децембар, 2024. from https://n1info.rs/vesti/u-vinci-otvoreno-prvo-postrojenje-u-srbiji-koje-ce-koristiti-otpad-za-proizvodnju-energije/
11. Bogner, J., Abdelrafie Ahmed, M., Diaz, C., Faaij, A., Gao, Q., Hashimoto, S., Mareckova, K., Pipatti, P., Zhang, T. (2007). *Waste Management, In Climate Change: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
12. Border, D. (2003). *Processes and Plant for Waste Composting and other Aerobic Treatment.* UK: Environment Agency.
13. Bramley, G., Bailey, N., Hastings, A., Watkins, D., & Crowdace, R. (2012). Environmental justice in the city? Challenges for policy and resource allocation in keeping the streets clean. *Environment and Pianning A, 44*, 741 -761.
14. Cai X., Shuang F., Sun X., Duan Y., Cheng G. (2022). Towards lightweight neural networks for garbage object detection, *Sensors* (Basel) 22 (19).

15. Calbry-Muzyka, A., Madi, H., Rüsch-Pfund, F., Gandiglio, M., Biollaz, S. (2022). Biogas composition from agricultural sources and organic fraction of municipal solid waste. *Renewable Energy*, 181, 1000-1007.
16. Castells, M. (1997). *The Power of Identity*. Oxford: Blackwell.
17. Caterpillar. (n.d.). *Landfill Compactors*. Retrieved June 21, 2020, from Caterpillar: https://www.cat.com/en_IN/products/new/equipment/compactors/landfill-compactors.html
18. Ceresana. (2014). *Market Study: Polyvinyl Chloride* (3. ed.). Constance, Germany: Ceresana.
19. Ceresana. (2019). *Polyvinyl Chloride (PVC) Market Report*. Retrieved May 15, 2020., from Ceresana: https://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/polyvinyl-chloride/ceresana-market-study-pvc.html
20. Chandrappa, R., & Das, D. B. (2012). *Solid Waste Management - Principles and Practice*. Springer.
21. Chen, T. & Guestrin, C. (2016). XGboost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD '16, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 785–794.
22. Christensen, T. (2010). *Solid Waste Technology and Management.* Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
23. Cloirec, P. L. (2012). Treatments of polluted emissions from incinerator gases: a succinct review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*(11), 381-392.
24. Coenen, F. (Ed.). (2009). *Public Participation and Better Environmental Decisions*. Springer.
25. Conesa, J. A., Font, R., Fullana, A., Martin-Gullon, I., Aracil, I., Galvez, A., Molto, J., Gomez-Rico, M. (2009). Comparison between emissions from the pyrolysis and combustion of different wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 84*(1), 95-102.
26. Cvetanović, B & Đekić, P. (2022). *Reciklažne tehnologije I*. Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija. Niš
27. Czajczynska, D., Anguilano, L., Ghazal, H., Krzyzynska, R., Reynolds, A., Spencer, N., & Jouhara, H. (2017). Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. *Thermal Science and Engineering Progress, 3*, 171–197.
28. Cudjoe, D., Acquah, P. M. (2021). Environmental impact analysis of municipal solid waste incineration in African countries. *Chemosphere*, 265, 129186
29. (2013). *DECISION No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet'.* Official Journal of the European Union.
30. Dahl R. (2020). *On Democracy*. Yale University Press
31. Deffinika, I.; Rifdah Ananda B.; Khairunnisa B.A. (2021). Socio-economics and environmental impact of supit urang landfills capacity. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 683*
32. DEFRA & DECC. (2013). *Generating Energy from Waste, Including Anaerobic Digestion*. (Government of the UK, Department for Environment, Food and Rural Affairs

and Department of Energy & Climate Change) Retrieved May 15, 2020, from https://www.gov.uk/guidance/generating-energy-from-waste-including-anaerobic-digestion
33. Dejmek, J., Solansky, I., Benes, I., Lenicek, J., & Sram, R. (2000). The Impact of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Fine Particles on Pregnancy Outcome. *Environmental Health Perspectives, 109*(12), 1159-1164.
34. Department of Health. (2010). Important Things to Know About Landfill Gas. State of New York. Retrieved June 22, 2020, from https://www.health.ny.gov/environmental/outdoors/air/docs/landfill_gas.pdf
35. Dietz T. & Stern P. C. (Ed.). (2009). *Public Participation in Environmental Assessment and Decision Making*. National Academies Press. Washington D.C.
36. (n.d.). *Directive (EU) 2019/904.* Official Journal of the European Union.
37. (n.d.). *Directive 2008/98/EC.* Official Journal of the European Union.
38. Directive 851. (2018). Directive (EU) 2018/851 of the European Parlament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. *Official Journal of the European Union, L 150*, 109
39. Directive 852. (2018). Directive (EU) 2018/852 of the European Parlament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste. *Official Journal of the European Union, L 150*, 141.
40. Dong, J., Tang, Y., Nzihou, A., & Chi, Y. (2019). Key factors influencing the environmental performance of pyrolysis,. *Energy Conversion and Management, 196*, 497–512.
41. Drimili, E., Herrero-Martin, R., Suardiaz-Muro, J., & Zervas, E. (2020). Public views and attitudes about municipal waste management: Empirical evidence from Athens, Greece. *Waste Management and Research*, 38(6), 614-625.
42. EC. (2010). COMMISSION REGULATION (EU) No 849/2010. *Official Journal of the European Union 253/1.*
43. EC. (2012). *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe.*Brussels: European Commission.
44. EC. (2014,a). *Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe.* Brussels: European Commission. Retrieved June 5, 2020, from https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:aa88c66d-4553-11e4-a0cb-01aa75ed71a1.0022.03/DOC_1&format=PDF
45. EC. (2014,b). *Annex to the Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe.* Brussels: European Commission.
46. EC. (2014,c). *Sweden Recycling 99 Percent Of Garbage, Edging Closer To Zero-Waste.* Retrieved June 7, 2020, from European Commission: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/news/sweden-recycling-99-percent-garbage-edging-closer-zero-waste_en
47. EC. (2015). *Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy.* Brussels: European Commission.
48. EC. (2017). *Commission Work Programme 2018: An Agenda for a More United, Stronger and More Democratic Europe.* Brussels: European Commission.

49. EC. (2018,a). *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy.* Brussels: European Commission.
50. EC. (2018,b). *Impacts of Circular Economy Policies on the Labour Market.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
51. EC. (2018,c). *A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection Between Economy, Society and the Environment - Updated Bioeconomy Strategy.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
52. EC. (2019,a). *Municipal waste statistics.* Retrieved mart 8, 2020., from European Commission: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics
53. EC. (2019,b). *Municipal waste treatment*. Retrieved May 18, 2020, from European Commission: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment
54. EC. (2019,c). Towards a Circular Economy: Closing the Loop of the Products Lifecycle. Brussels: European Commission. Retrieved June 7, 2020, from https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_en
55. EC. (2020,a). *A new Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe.* Brussels: European Commission. Retrieved June 10, 2020, from https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF
56. EC. (2020,b). *Building Urban Resilience: Nine Cities on the Shortlist for the Next European Green City Awards*. Retrieved May 30, 2020, from European Commission: https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/news/EGCA_2022_EGLA_2021_finalists_announced.html
57. EC. (2020,c). *Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council on a General Union Environment Action Programme to 2030.* Brussels: European Commission.
58. EC. (2020,d). *Environment action programme to 2030*. Retrieved February 2, 2021, from European Commission: https://ec.europa.eu/environment/strategy-offline/environment-action-programme-2030_en
59. EC. (2020,e). *European Neighbourhood Policy And Enlargement Negotiations, Serbia*. Retrieved February 20, 2020, from European Commission: https://ec.europa.eu/neighbourhood-enlargement/countries/detailed-country-information/serbia_en
60. EC. (2022). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles (COM(2022) 141 final)*
61. EC. (2023). *Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council Amending Directive 2008/98/EC on waste*
62. Edjabou, V., Jensen, M., Götze, R., Pivnenko, K., Petersen , C., Scheutz, C., & Astrup, T. (2015). Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*(36), 12-23.
63. EEA. (2001). *Indicator Fact Sheet Signals 2001 - Chapter Waste*. Retrieved March 2, 2020, from European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/data-and-

maps/indicators/waste-generation-from-household-and/generation-of-waste-from-households
64. EEA. (2010,b). *Environmental trends and Perspectives in the Western Balkans: Future Production and Consumption Patterns.* Copenhagen: European Environment Agency.
65. EEA. (2010,a). *Животна средина у Европи - стање и изгледи у 2010. години, синтеза.* Копенхаген: Европска агенција за животну средину.
66. EEA. (2011). *The European Environment - State and Outlook 2010: Assessment of Global Megatrends*. Copenhagn: European Environment Agency.
67. EEA. (2013). *Managing Municipal Solid Waste - A Review of Achievements in 32 European Countries.* Copenhagen: European Environment Agency.
68. EEA. (2016). *Municipal waste management across European countries.* Retrieved mart 8,
2020., from European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/municipal-waste-management-across-european-countries
69. EEA. (2019). *Resource Efficiency: Textiles in Europe's Circular Economy.* European Environment Agency.
70. EEA. (2019,a). *Resource Efficiency and Waste: Textiles in Europe's Circular Economy.* European Environment Agency.
71. EEA. (2019,b). *Waste recycling*. Retrieved June 20, 2020, from European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/waste-recycling-1/assessment-1
72. EEA. (2020). *Resource Efficiency and the Circular Economy in Europe 2019 – Even More from Less.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
73. EEA. (2024). *Circular material use rate in Europe*. Retrieved децембар, 2024., from European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/circular-material-use-rate-in-europe?activeAccordion=309c5ef9-de09-4759-bc02-802370dfa366
74. EEA. (2024, a). *Municipal waste landfill rates in Europe by country*. Retrieved May, 2025, from: European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/diversion-of-waste-from-landfill/municipal-waste-landfill-rates?activeTab=265e2bee-7de3-46e8-b6ee-76005f3f434f
75. EEA. (2024, b). *Plastics recycling in Europe: obstacles and options*. Retrieved May, 2025, from: European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/plastics-recycling-in-europe-obstacles-and-options#:~:text=Material%2Dbased%20challenges%20related%20to,Material%2Dbased%20obstacles
76. EEA. (2025). *Waste management country profile. Slovenia.* Retrieved May, 2025, from: European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/si-municipal-waste-factsheet.pdf/@@download/file
77. EMEP/EEA. (2009). Emission inventory guidebook

78. Engfeldt, L.-G. (1973). The United Nations and the Human Environment – Some Experiences. *International Organization*, 27 (3), 393-412. Retrieved January 2, 2022, from Cambridge University Press: https://www.cambridge.org/core/journals/international-organization/article/abs/united-nations-and-the-human-environment-some-experiences/C38E42E41274A13C7373E7C27BB5E0D4
79. Envi Tech. (2010). *Локални план управљања отпадом у градској општини Обреновац.* ENVI TECH, друштво за инжењеринг, услуге и посредовање д.о.о. Београд: Јавно предузеће за заштиту животне средине на територији градске општине Обреновац.
80. EPA. (1997). *Measuring Recycling: A Guide for State and Local Governments.* U.S. Environmental Protection Agency.
81. EPA. (2019). *Containers and Packaging: Product-Specific Data*. Retrieved February 25, 2021, from United States Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/containers-and-packaging-product-specific-data#:~:text=Containers%20and%20packaging%20make%20up,28.1%20percent%20of%20total%20generation).
82. EPA. (2024). *How Does Anaerobic Digestion Work?*. Retrieved May 2025, from United States, Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/agstar/how-does-anaerobic-digestion-work
83. EPA. (n.d.). *United States Environmental Protection Agency*. Retrieved August 15, 2020, from EPA History: Earth Day: https://www.epa.gov/history/epa-history-earth-day
84. EUR-Lex. (2021,a). Retrieved January 20, 2021, from EUR-Lex: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A31975L0442
85. EUR-Lex. (2021,b). Retrieved January 20, 2021, from EUR-Lex: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0012
86. EUR-Lex. (2021,c). Retrieved January 20, 2021, from EUR-Lex: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098
87. European Community. (1973). *Programme of Action of the European Communities on the Environment.* Official Journal of the European Communities.
88. Eurostat. (2019). *Energy, Transport and Environment Statistics.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
89. Eurostat. (2025). Municipal waste statistics. Retrieved May 2025, from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics
90. Eurostat. (2025, a). Recycling rate of municipal waste. Retrieved May, 2025, from: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_11_60/default/line?lang=en
91. Flammer, C. (2013). Corporate Social Reesponsibility and Shareholder Reaction: The Environmental Awareness of Investors. *Academy of Management Journal, 56*(3), 758–781.
92. Fraj-Andres, E., Martinez-Salinas, E., & Matute-Vallejo, J. (2008). A Multidimensional Approach to the Influence of Environmental Marketing and Orientation on the Firm's Organizational Performance. *Journal of Business Ethics, 88*(2), 263–286.

93. Furlow, N. E. (2010). Greenwashing in the New Millennium. *The Journal of Applied Business and Economics, 10*(6).
94. Goodsite, M., & Hertel, O. (2012). Urban Air Quality: Sources and Concentrations. In M. R. A. (Ed.), *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. New York: Springer.
95. Gotch C. & Hall T. (2004). Understanding Nature-Related Behaviors Among Children Through a Theory of Reasoned Action Approach. *Environmental Education Research*, 10 (2).
96. Gökçe N., Kaya E., Aktay S. & Özden M. (2007). Elementary Students' Attitudes Towards Environment. *Elementary Education Online*, 6(3), 452-468.
97. Grady, L. Jr., Daigger, G., Love, N., Filipe, C. (2011). *Biological Wastewater Treatment*, (3rd Ed). IWA & CRC Press, Taylor and Francis Group.
98. Gu, J., Wang, Z., Kuen, J., Ma, L., Shahroudy, A., Shuai, B., Liu, T., Wang, X., Wang, G., Cai, J. et al., (2018). Recent advances in convolutional neural networks, *Pattern recognition*, 77, 354–377.
99. Guagnano, G. A., Stern, P. C., & Dietz, T. (1995). Influences on attitude–behaviour relationships: A natural experiment with curbside recycling. *Environment and Behaviour*, 27, 699–718.
100. Gupta, T., Joshi, R., Mukhopadhyay, D., Sachdeva, K., Jain, N., Virmani, D., Garcia-Hernandez, L. (2021) A deep learning approach based hardware solution to categorise garbage in environment. *Complex Intell. Syst.*
101. Hale M. (ed.). (1995). *Ecology in Education*. Cambridge University Press
102. Hasan S. E. (2004). Public Awareness Is Key to Successful Waste Management. *Journal of Environmental Science and Health, Part A—Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, A39 (2), 483–492
103. Hastie, T., Rosset, S., Zhu, J., Zou, H. (2009). Multi-class Adaboost, *Statistics and its Interface*, 2 (3), 349–360.
104. Held, D. (2006). *Models of Democracy.* Cambridge: Polity Press
105. HM Government. (2014). *Review of the Balance of Competences between the United Kingdom and the European Union - EU Enlargement.*
106. Hwang, I.-H., Aoyama, H., Matsuto, T., Nakagishi, T., & Matsuo, T. (2012). Recovery of solid fuel from municipal solid waste by hydrothermal treatment using subcritical water. *Waste Management, 32*(3), 410-416.
107. Interreg. (n.d.). *URBforDAN - Management and Utilization of Urban Forests as Natural Heritage in Danube Cities*. Retrieved maj 7, 2021, from Interreg, Danube Transnational Programme: http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/urbfordan
108. Ionescu, G., Rada, E., Ragazzi, M., Marculescu, C., Badea, A., & Apostol, T. (2013). Integrated municipal solid waste scenario model using advanced pretreatment and waste to energy processes. *Energy Conversion and Management*(76), 1083–1092.
109. Jerrett, M., Burnett, R., Ma, R., Pope, A. C., Krewski, D., Newbold, B. K., Thurston, G., Shi, Y., Finkelstein, N., Calle, E.E., Thun, M. J. (2005). Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in Los Angeles. *Epidemiology, 16*(6), 727-736.
110. Jia, H., Rao, H., Wen, C., Mirjalili, S. (2023) Crayfish optimization algorithm, *Artificial Intelligence Review*, 56 (Suppl 2), 1919–1979.

111. Josimović, B., & Marić, I. (2012). *Chapter 22 "Methodology for the Regional Landfill Site Selection" in Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management.* Retrieved June 23, 2020, from: https://www.intechopen.com/books/sustainable-development-authoritative-and-leading-edge-content-for-environmental-management/methodology-for-the-regional-landfill-site-selection
112. Kan, T., Strezov, V., Evans, T. J. (2016). Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review of product properties and effects of pyrolysis parameters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57, 1126-1140.
113. Kaggel sajt: www.kaggle.com/datasets/techsash/waste-classification-data, Retrieved January 4, 2024
114. Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Alam, S. S., Khan, N. A., López López, J. R., Fabiola Méndez Herrera, P., Abutaleb, A., Ahmed, S., Singh, L. (2022). *Energy Conversion and Management*, 267, 115905.
115. Khiari, B., Marias, F., Zagrouba , F., & Vaxelaire, J. (2004). Analytical study of the pyrolysis process in a wastewater treatment pilot station. *Desalination, 167*, 39-47.
116. Kolbe K. D. (2015). Knowledge, Attitudes and Behaviour Regarding Waste Management in a Grammar and a Comprehensive School in England - Results from a School Questionnaire. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 17(1), 58-71.
117. Krook, J., & Eklund, M. (2010). The strategic role of recycling centres for environmental performance of waste management systems. *Applied Ergonomics*, 41, 362–367.
118. Kuniyal J.C. (2008). Solid waste management in the Himalayan trails and expedition summits. *Journal of Sustainable Tourism*, 13, 391–410.
119. Lamma, O. A. (2021). The impact of recycling in preserving the environment. *International Journal of Applied Research,* 7(11): 297-302.
120. Li, N. & Chen, Y. (2023). Municipal solid waste classification and real-time detection using deep learning methods. *Urban Climate*, 49.
121. Li, X. & Shi Y. (2018). Computer vision imaging based on artificial intelligence. *2018 International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems (ICVRIS)*, IEEE.
122. Li, Z., Liu, F., Yang, W., Peng, S., Zhou, J. (2021). A survey of convolutional neural networks: analysis, applications, and prospects, *IEEE transactions on neural networks and learning systems*.
123. Lukasiewicz, A., & Baldwin, C. (2017). Voice, power, and history: ensuring social justice for all stakeholders in water decision-making. *Local Environment*, 22(9), 1042-1060.
124. Marconato, L., Leo, C., Girelli, R., Salvi, S., Abramo, F., Bettini, G., Comazzi, S., Nardi, P., Albanese F., Zini, E. (2009). Association between Waste Management and Cancer in Companion Animals. *Journal of Veterinary Internal Medicine, 23*(3), 564–569.
125. Matsui Y., Tanaka M. & Ohsako M. (2007). Study of the effect of political measures on the citizen participation rate in recycling and on the environmental load reduction. Waste Management, 27, 9-20.

126. Mayer, J.-H. (2017). Who Should Pay for Pollution? The OECD, the European Communities and the Emergence of Environmental Policy in the Early 1970s. *European review of history, 24*(3), pp. 377-398.
127. Memery, J., Megicks, P., & Williams, J. (2005). Ethical and social responsibility issues in grocery shopping: a preliminary typology. *Qualitative Market Research: An International Journal, 8*(4), 399 - 412.
128. Menedez, J., Inguanzo, M., & Pis, J. (2002). Microwave-induced pyrolysis of sewage sludge. *Water Research, 36*, 3261–3264.
129. Meyer, B. (2012). Macroeconomic Modelling of Sustainable Development and the Links between the Economy and the Environment. *GWS Research Report Series, 12*(1).
130. Meynell, P.-J. (1976). *Methane: Planning a Digester*. New York: Schocken Books.
131. Miller-Rushing, A., Primack, R. & Bonney, R. (2012). The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 285–290.
132. Miteva, K. (2019). Production of sustainable energy from solid waste by pyrolysis - a review. *Recycling and Sustainable Development, 12*, 69-77.
133. Mohammad, Y. S., Shaibu-Imodagbe, E. M., & Okuofu, C. A. (2012). Pyrolysis for Solid Waste Management and Biofuel Production. *Journal of Occupational Safety and Environmental Health, 1*(1), 52-55.
134. Luo, H., Cheng, Y., He, D., Yang, E.-H. (2019). Review of leaching behavior of municipal solid waste incineration (MSWI) ash. *Science of The Total Environment,* 668, 90-103.
135. Nagrath P., Jain R., Madan A., Arora R., Kataria P., Hemanth J. (2021). Ssdmnv2: A real time dnn-based face mask detection system using single shot multibox detector and mobilenetv2, *Sustainable cities and society*, 66.
136. National Research Council (US). (2000). *Waste Incineration & Public Health.* Washington (DC): National Academies Press (US). Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233627/
137. Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration.* European Commission.
138. Nges I. A. & Bjornsson, L. (2012). High methane yields and stable operation during anaerobic digestion of nutrient-supplemented energy crop mixtures. *Biomass and Bioenergy*, 47, 62-70.
139. No waste. (2021). *Локални план управљања отпадом на територији Г.О. Обреновац за период 2022–2031*. Retrieved from ГО Обреновац: https://obrenovac.rs/wp-content/uploads/2022/02/PUO-Obrenovac-2022-31.pdf
140. OECD. (2005). *Environmental data: Compendium 2004*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
141. OECD. (2015). *Environment at a Glance 2015: OECD Indicators.* Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
142. Pakpour A.H., Zeidi I.M., Emamjomeh M.M., Asefzadeh S., Pearson H. (2014) Household waste behaviours among a community sample in Iran: An application of the theory of planned behavior. *Waste Management*, 34, 980-986.

143. Pan, Q., Liu, Q-Y., Zheng, J., Li, Y-H., Xiang, S., Sun, X-J., He, X-S. (2023). Volatile and semi-volatile organic compounds in landfill gas: Composition characteristics and health risks. *Environment International*

161. Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management* (2. ed.). McGraw-Hill.
162. The Council of the European Communities. (1975). Directive on waste (75/442/ EEC). *Official Journal of the European Communities*.
163. Tonglet, M., Phillips P. S. and Read A. D. (2004). Using the Theory of Planned Behaviour to Investigate the Determinants of Recycling Behaviour: A Case Study from Brixworth, UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 41, 191-214.
164. Touraine, A., Hegedus, Z., Dupet, F., & Wieviorka, M. (1983). *Anti-Nuclear Protest: The Opposition to Nuclear Energy in France*. Cambridge: Cambridge University Press.
165. (1992). *Treaty on European Union.* Office for Official Publications of the European Communities.
166. Trinomics. (2019). The evolution of the EU environment and climate policy framework: from the 6th to the 7th EAP. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/action-programme/pdf/7EAP_Issue_paper_2_evolution_6_to_7_EAP_final.pdf
167. UN. (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972.* Retrived January 3rd, 2022, from United Nations: https://undocs.org/en/A/CONF.48/14/Rev.1
168. UN. (1992). *Agenda 21.* Rio de Janeiro.
169. UN. (n.d.). *United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992*. Retrieved February 8, 2021, from United Nations: https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992
170. UNEP. (2009). *From Conflict to Peacebuilding: The Role of Natural Resources and the Environment.*
171. UNEP. (2024). *Beyond an age of waste, Turning rubbish into a resource: Global Waste Management Outlook.* Retrived May, 2025 from: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global_waste_management_outlook_2024.pdf?sequence=3
172. United Nations. (2015). *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development* .
173. Van Ree, R., Korbee, R., Meijer, R., Konings, T., & Van Aart, F. (2001). Operational Experiences of (In)direct Co-combustion in Coal and Gas Fired Power Plants in Europe. *Power-Gen Europe 2001.* Brussels.
174. Varotto, A. & Spagnolli, A. (2017). Psychological strategies to promote household recycling. A systematic review with meta-analysis of validated field interventions. *Journal of Environmental Psychology*, 51, 168-188.
175. Vaquero, M., Alonso, S., García-Catalán, S., García-Hernández, A., Gómez de Soler, B., Rettig, D., & Soto, M. (2012). Temporal nature and recycling of Upper Paleolithic artifacts: the burned tools from the Molí del Salt site (Vimbodí i Poblet, northeastern Spain). *Journal of Archaeological Science, 39*, 2785-2796.
176. Vaverkova, M. D. (2019). Landfill Impacts on the Environment. *Geosciences, 9, 431*
177. Venditti, F., Nunziante-Cesaro, S., Parush, Y., Gopher, A., & Barkai, R. (2019). Recycling for a purpose in the late Lower Paleolithic Levant: Use-wear and residue

analyses of small sharp flint items indicate a planned and integrated subsistence behavior at Qesem Cave (Israel). *Journal of Human Evolution, 131*, 109-128.

178. (1957). *Vertrag zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft.* Rom.
179. Vodovod kanalizacija Snaga. Separating waste. Retrieved May 18, 2025, from: https://www.vokasnaga.si/en/separating%20waste
180. Vukadinović, L., & Perčić , K. (2018). The Role of the Mobile Phone as a Lifestyle element of Young Consumers. *International May Conference on Strategic Management, XIV (2)*, pp. 22-31. Bor.
181. WHO. (2013). *Health Effects of Particulate Matter.* Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe.
182. Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal* . John Wiley & Sons Ltd.
183. Wilson D.C., Rodic L., Scheinberg A., Velis A. & Alabaster G. (2012). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. Waste Management & Research, 30, 237-254.
184. Wilts, H., Garcia B. R., Garlito R. G., Gomez L. S., Prieto E. G. (2021). Artificial intelligence in the sorting of municipal waste as an enabler of the circular economy. *Resources*, 10 (4).
185. Wirdelöv, J. (2020). The Trash Bin on Stage: On the Sociomaterial Roles of Street Furniture. *Urban Planning, 5*(4), 121–131.
186. World Bank. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management* (Vols. Urban Development Series, Knowledge Papers). Washington, USA: The World Bank.
187. World Bank. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Washington, USA: World Bank Group.
188. World Bank. (2019a). *Data, World Bank Country and Lending Groups, Country Classification.* Retrieved March 18, 2020, from The World Bank: https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups
189. World Bank. (2019b). *Solid Waste Management*. Retrieved March 15, 2020, from The World Bank: https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management
190. World Bank. (2021). Urban Development Series: More Growth, Less Garbage. Retrieved May 18, 2025, from: https://www.greenpolicyplatform.org/sites/default/files/downloads/best-practices/More%20Growth%20Less%20Garbage_WBG.pdf
191. WRAP. (2010). *Summary Report – Material Bulk Densities.* Retrieved Jun 2, 2021, from Waste & Resources Action Programme, UK: https://wrap.org.uk/sites/default/files/2021-02/WRAP-bulk-density-summary-report-Jan2010.pdf
192. Wu, C.-H., & Chang, H.-S. (2001). Pyrolysis of tetra pack in municipal solid waste. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 76*(8), 779-792.
193. WWF. (n.d.). *Ecological Footprint*. Retrieved June 17, 2020, from World Wide Fund

For Nature:
https://wwf.panda.org/knowledge_hub/teacher_resources/webfieldtrips/ecological_balance/eco_footprint/

194. Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology, *Insights into imaging*, 9, 611–629.
195. Yildiz, S., Yaman, C., Demir, G., Ozcan, K., Coban, A., Okten, H., Sezer, K., Gorene, S. (2013). Characterization of Municipal Solid Waste in Istanbul, Turkey. *Environmental Progress & Sustainable Energy, 32*(3), 734-739.
196. Yu, J., Sun, L., Ma, C., Qiao, Y., & Yao, H. (2016). Thermal degradation of PVC: A review. *Waste Management, 48*, 300-314.
197. Zafar, S. (2009). Gasification of Municipal Solid Waste. *Energy Manager, 2*, 47-51.
198. Zaman, A. U. (2010). Comparative Study of Municipal Solid Waste Treatment Technologies Using Life Cycle Assessment Method. *International journal of Environmental Science and Technology, 7*(2), 225–234.
199. Zhang, H., Cao, H., Zhou, Y., Gu, C., Li, D. (2023). Hybrid deep learning model for accurate classification of solid waste in the society. *Urban Climate*, 49.
200. Zhou, C., Zhang, Q., Arnold, L., Yang, W., & Blasiak, W. (2013). A study of the pyrolysis behaviors of pelletized recovered municipal solid waste fuels. *Applied Energy, 107*, 173-182.
201. Zugang, L., Anderson, T. D., & Cruz, J. M. (2012). Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains. *European Journal of Operational Research, 218*(3), 602-613.
202. ZWE. (2014). *The Story of Capannori; Case Stady No. 1.* Zero Waste Europe.
203. ZWE. (2018). *The Story of Contarina, Case Study No. 4.* Zero Waste Europe.
204. ZWE. (2019). *The Story of Ljubljana; Case Study 5.* Zero Waste Europe.
205. ZWE. (a). The Zero Waste Case Studies. Zero Waste Europe. Retrieved June 7, 2020, from https://zerowasteeurope.eu/case-studies/page/2/
206. ZWE. (b). The Zero Waste Case Studies. Zero Waste Europe. Retrieved June 7, 2020, from https://zerowasteeurope.eu/case-studies/page/3/
207. АЗЖС. (2019). *Управљање отпадом у Републици Србији у периоду 2011-2018. година.* Београд: Агенција за заштиту животне средине.
208. АЗЖС. (2020,а). *Катастар депонија*. Retrieved Јун 21, 2020, from Агенција за заштиту животне средине:
http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=9&id=6003&akcija=showAll
209. АЗЖС. (2020,б). *Отпад - депоније.* Retrieved септембар 18, 2020, from Агенција за
заштиту животне средине:
http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=10008&id=1006&akcija=showExternal
210. АЗЖС. (2020,в). *Дозволе за управљање отпадом.* Retrieved октобар 5, 2020, from Агенција за заштиту животне средине:
http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=20174&id=20055&akcija=ShowExternal
211. АЗЖС. (2024). *Извештаја о управљању отпадом у Републици Србији 2011-2023*. Београд: Агенција за заштиту животне средине

212. Бео чиста енергија д.о.о. Retrived новембар, 2024, from: https://www.bcenergy.rs/rs/vinca-resource-recovery-center-drone-fotage-jul-2024/
213. Географски факултет. (2012). *Локални план управљања отпадом града Београда 2011-2020.* Београд: Градска управа града Београда - Секретаријат за заштиту животне средине града Београда.
214. Географски факултет. (2020). *Локални план управљања отпадом града Београда 2021 - 2030.*
215. ГО Барајево. (2005). *Упитник о старим и дивљим депонијама.* Агенција за заштиту животне средине.
216. ГО Барајево. (2009). *Стратегија одрживог развоја општине Барајево 2010-2020.* Retrieved септембар 7, 2020, from Градска општина Барајево: https://www.barajevo.org.rs/upload/files/Strategija_odzrivog_razvoja_opstine_Barajevo.pdf
217. ГО Барајево. (2011). *Локални плам управљања отпадом градске општине Барајево 2011-2020.* Retrieved септембар 7, 2020, from Агенција за заштиту животне средине: http://www.sepa.gov.rs/download/UpravOtpad/BarajevoLPUO.pdf
218. ГО Гроцка. (2020). *Конкурсна документација јавне набавке мале вредности бр. 1.2.5 - Чишћење дивљих депонија.*
219. ГО Лазаревац. (2006). *Локални еколошки акциони план општине Лазаревац.*
220. ГО Лазаревац. (2011). *План управљања отпадом за градску општину Лазаревац.*
221. ГО Обреновац. (2018). *Нова казнена политика за комунални ред у граду.* Retrieved септрембар 15, 2020, from Градска општина Обреновац: https://obrenovac.rs/?p=12112
222. ГО Обреновац. (2019,а). *Поново покренуто постројење за секундарну сепарацију отпада*. Retrieved септмембар 15, 2020, from Градска општина Обреновац: https://obrenovac.rs/?p=16753
223. ГО Обреновац. (2019,б). *Наставља се акција чишћења дивљих депонија*. Retrieved септембар 15, 2020, from Градска општина Обреновац: https://obrenovac.rs/?p=18135
224. ГО Стари град. (2021, април 12). *Стари град мисли на рециклажу.* Retrieved мај 2, 2021, from Градска општина Стари град: https://www.starigrad.org.rs/prijave-za-preuzimanje-eko-kesa/
225. Градска управа Града Београда. (2011). *Стратегија развоја града Београда - стратешки циљеви, приоритети и мере одрживог развоја до 2021. године.* Службени лист града Београда, бр. 21/11.
226. Градска управа града Београда. (2020,а). *Образац за несанитарне депоније - сметлишта, деп1, извештај за 2019. годину.*
227. Градска управа града Београда. (2020,б). *Образац за дивље депоније, деп2, Извештај за 2019. годину.*
228. Градски завод за јавно здравље Беогрд. (n.d.). *Акција "Чеп за хендикеп" и даље је у току - придружи се!* Retrieved Април 8, 2021, from Градски завод за Јавно здравље Београд: https://www.zdravlje.org.rs/index.php/lat/izvestaji/centar-za-informatiku-i-biostatistiku-u-zdravstvu/26-vesti/536-akcija-cep-za-hendikep-2017

229. Делегација ЕУ у РС. (2021). *Важни датуми у односима ЕУ - Србија.* Retrieved Januar 20, 2021, from Делегација Европске уније у Републици Србији: https://europa.rs/srbija-i-evropska-unija/vazni-datumi-u-odnosima-eu-srbija/
230. Дукић, Д. Д. (1977). *Климатологија.* Београд.
231. Ђукановић, М. (1995). Значај организованог прикупљања отпадних материјала у урбаним срединама. *Рециклирање отпадног материјала и секундарних сировина у функцији заштите животне средине*.
232. Европска комисија. (2016). *Република Србија, Извештај о напретку 2016.* Retrieved март 25, 2020, from Преговарачка група 27: http://www.pregovarackagrupa27.gov.rs/?wpfb_dl=129
233. Европска комисија. (2018). *Република Србија, Извештај за 2018. годину.* Retrieved Март 25, 2021, from Преговарачка група 27: http://www.pregovarackagrupa27.gov.rs/?wpfb_dl=140
234. Европска комисија. (2020). *Извештај Европске комисије о напретку Републике Србије.* Retrieved март 25, 2021, from Преговарачка група 27: http://www.pregovarackagrupa27.gov.rs/?wpfb_dl=163
235. Еко Гроцка. (2020). *Годишњи извештај о управљању копмуналним отпадом, образац деп1, извештај за 2019. годину.*
236. Еколошко удружење Оџака. (2016). *Десето издање „База података еколошких удружења, покрета, друштава, савеза, фондација, научних, стручних и других организација у Републици Србији".* Retrieved from Еколошки покрет Оџака: http://www.epodzaci.org/images/stories/docs/baze/baza_opstine_X.pdf
237. ЕУ инфо. (2015). *Преговарачка поглавља - 35 корака ка Европској унији.* Београд: Информациони центар Европске уније у Београду.
238. *Закон о амбалажи и амбалажном отпаду*. (2018). *Службени гласник РС*, *бр. 36/2009 и 95/2018 - др. закон.*
239. *Закон о биоцидним производима.* (2015). "Службени гласник РС", бр. 36/2009, 88/2010, 92/2011 и 25/2015.
240. *Закон о водама.* (2018). "Службени гласник РС", бр. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018 - др. закон.
241. *Закон о главном граду*. (2019). Службени гладник РС, бр. 129/2007, 83/2014 - др. закон, 101/2016 - др. закон и 37/2019.
242. *Закон о заштити ваздуха.* (2013). "Службени гласник РС", бр. 36/2009 и 10/2013.
243. *Закон о заштити животне средине.* (1991). Службени гласник Р Србије бр. 66/1991.
244. *Закон о заштити животне средине*. (2024). *Службени гласник РС*, *бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - бр. закон, 43/2011 - одлука УС, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - др. закон и 95/2018 - др. Закон, 94/2024 - др. закон*
245. *Закон о заштити земљишта.* (2015). "Службени гласник РС", бр. 112/2015.
246. *Закон о заштити и одрживом коришћењу рибљег фонда.* (2018). ("Службени гласник РС", бр. 128/2014 и 95/2018 - др. закон).

247. *Закон о заштити од буке у животној средини.* (2010). "Службени гласник РС", бр. 36/2009 и 88/2010 .
248. *Закон о заштити од нејонизујућих зрачења.* (2009). "Службени гласник РС", бр. 36/2009.
249. *Закон о заштити природе.* (2018). "Службени гласник", бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010 - испр., 14/2016 и 95/2018 - др. закон.
250. *Закон о изменама и допунама Закона о управљању отпадом.* (2016). "Службени гласник РС", бр. 14/16 .
251. *Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине.* (2021). "Службени гласник РС" бр. 135/2004, 25/2015 и 109/2021
252. *Закон о комуналним делатностима.* (2024). "Службени гласник РС", бр. 88/2011, 104/2016, 95/2018 и 94/2024
253. *Закон о локалној самоуправи.* (2018). "Службени гласник РС", бр. 129/2007, 83/2014 - др. закон, 101/2016 - др. закон и 47/2018.
254. *Закон о националним парковима.* (2018). "Службени гласник РС", бр. 84/2015, 95/2018 - др. закон.
255. *Закон о националним парковима.* (2018). "Службени гласник РС", бр. 84/2015, 95/2018 - др. закон.
256. *Закон о промету робе*. (1967). *Службени гласник СФРЈ бр. 1/67 и 30/68*.
257. *Закон о процени утицаја на животну средину.* (2009). "Службени гласник РС", бр. 135/2004 и 36/2009.
258. *Закон о радијационој и нуклеарној сигурности и безбедности.* (2019). "Службени гласник", бр. 95/2018 и 10/2019.
259. *Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину.* (2010). " Службени гласник РС", бр. 135/2004 и 88/2010).
260. *Закон о управљању отпадом*. (2023). *Службени гласник РС*, *бр. 36/2009, 88/2010, 14/2016 и 95/2018 - др. Закон, 35/2023*
261. *Закон о хемикалијама.* (2015). "Службени гласник РС", бр. 36/2009, 88/2010, 92/2011, 93/2012 и 25/2015.
262. Илић, М., & Милетић, С. (1998). *Основи управљања чврстим отпадом.* Београд: Институт за испитивање материјала.
263. Институту за архитектуру и урбанизам Србије. (2006). *Регионални план управљања комуналним отпадом за 11 општина Колубарског региона.* Београд.
264. ЈКП Градска Чистоћа. (2020,а). *Мапа рециклажних острва*. Retrieved август 15, 2020, from ЈКП "Градска чистоћа": http://www.gradskacistoca.rs/?page_id=7694
265. ЈКП Градска чистоћа. (2020,б). *Услуге*. Retrieved Август 19, 2020, from ЈКП "Градска чистоћа": http://www.gradskacistoca.rs/?page_id=7692
266. ЈКП Градска чистоћа. (2020,в). *Годишњи извештај о управљању комуналним отпадом за 2019. годину, образац ком1.* Београд.
267. ЈКП Градска чистоћа. (n.d.). *Пројекат „Еко-кеса за чистији град“*. Retrieved Децембар 12, 2020, from ЈКП Градска чистоћа: http://www.gradskacistoca.rs/?page_id=8538
268. ЈКП Младеновац. (2019). *ЈКП "Младеновац" наставља са чишћењем дивљих депонија на територији ГО Младеновац.* Retrieved септембар 22, 2020, from ЈКП

Младеновац: https://www.jkpmladenovac.co.rs/cyr/vesti/jkp-mladenovac-nastavlja-sa-ciscenjem-divljih-deponija-na-teritoriji-go-mladenovac

269. ЈКП Младеновац. (2020). *Годишњи извештај о управљању комуналним отпадом, образац ком1, извештај за 2019. годину.*

270. ЈКП Обреновац. (2020,а). *Годишњи извештај о управљању комуналним отпадом, образац ком1, извештај за 2019. годину.*

271. ЈКП Обреновац. (2020,б). *Образац за несанитарне депоније - сметлишта, деп 1, извештај за 2019. годину.*

272. ЈКП Обреновац. (2020,в). *Сектор изношења отпада, депоновања и рециклаже.* Retrieved септембар 17, 2020, from ЈКП Обреновац: http://www.jkpobrenovac.org.rs/sektor_iznosenja_otpada.php

273. ЈПКП Лазаревац. (2020,а). *Годишњи извештај о управљању комуналним отпадом, образац ком1, извештај за 2019. годину.*

274. ЈПКП Лазаревац. (2020,б). *Образац за несанитарне депоније - сметлишта, образац деп1, извештај за 2019. годину.*

275. Ковачевић, П. (1995). Сортирање отпадног материјала као предуслов његове економичне рециклаже и формирање санитарних депонија. *Рециклирање отпадног материјала и секундарних сировина у функцији заштите животне средине*.

276. Косанић, Т. (2015). *Утицај процесних параметара на пиролизу дрвне масе, докторска дисертација.* Нови Сад: Универзитет у Новом Саду.

277. Кубуровић, М., & Јововић, А. (1995). Технолошка опремљеност и правци развоја опреме за прераду комуналних и индустријских отпадака. *Рециклирање отпадног материјала и секундарних сировина у функцији заштите животне средине*, pp. 58-73.

278. Лилић, С., & Дреновак-Ивановић, М. (2014). *Еколошко право.* Београд: Правни факултет Универзитета у Београду.

279. *Локални план управљања отпадом ГО Лазаревац за период 2021–2031. године*. (2022). Службени лист Града Београда 51/2022.

280. Матијевић, Д., & Младеновић Јанковић, С. (2014). Здрава животна средина и здрава окружења у функцији унапређења здравља. *Здравствена заштита, 43*(4).

281. Међак, В., & Будимир, Б. (2013). *Водич кроз приступање Србије Европској унији.* Београд: Центар за међународне и безбедносне послове.

282. МЕИ. (2019,а). *NPAA*. Retrieved Фебруар 2021, 15, from Министарство за европске интеграције: https://www.mei.gov.rs/srl/dokumenta/nacionalna-dokumenta/npaa

283. МЕИ. (2019,б). *Координационо тело за процес приступања ЕУ*. Retrieved Фебруар 2021, 15, from Министарство за европске интеграције: https://www.mei.gov.rs/srp/srbija-i-eu/ko-je-ko/koordinaciono-telo-za-proces-pristupanja-eu

284. МЕИ. (2024,а). *Преговарачки кластери*, Retrieved новембар, 2024, from Министарство за европске интеграције: https://www.mei.gov.rs/srp/dokumenta/eu-dokumenta/pristupni-pregovori-sa-eu/pregovaracki-klasteri/

285. МЕИ. (2024,б). *Историјат односа Србије и ЕУ*, Retrieved новембар, 2024, from Министарство за европске интеграције: https://www.mei.gov.rs/srl/srbija-i-eu/istorijat-odnosa-srbije-i-eu/
286. МЗЖС. (2019). *Циркуларна економија као кључ за развој и заштиту животне средине*. Retrieved Јун 6, 2020, from Република Србија, Министарство заштите животне средине: https://www.ekologija.gov.rs/cirkularna-ekonomija-kao-kljuc-za-razvoj-i-zastitu-zivotne-sredine/
287. МИБ. (n.d.). *Мишљење грађана о животној средини - анкета.* Retrieved Април 5, 2021, from Млади истраживачи Бор: http://mibor.rs/stari-sajt-dmi/leap-lokalni-ekoloski-akcioni-plan-bora/misljenje-gradana-o-zivotnoj-sredini-anketa/
288. Министарство за европске интеграције. (2018). *Национални програм за усвајање правних тековина Европске уније.*
289. Михајловић, В. (2015). *Модел управљања отпадом заснован на принципима смањења негативног утицаја на животну средину и економске одрживости, докторска дисертација.* Нови Сад: Факултет техничких наука, Департман за инжењерство заштите животне средине и заштите на раду.
290. Надић, Д. (2005). *Еколошка политика Европске уније.* Факултет политичких наука.
291. Надић, Д. (2012). Значај јачања демократског и политичког капацитета у еколошкој политици Србије. *Социологија, 54*(1), pp. 71-86.
292. Народна скупштина РС. (2016). *Предлог Закона о изменама и доунама Закона о управљању отпадом (Сл. гласник РС 36/09 и 88/10).* Retrieved from Народна скупштина Републике Србије: http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/predlozi_zakona/287-16%20lat.pdf
293. (2003). *Национална стратегија управљања отпадом, са програмом приближавања ЕУ.* Република Србија.
294. Новости. (2016). Педесет дивљих депонија у Младеновцу. *Новости*. Retrieved септембар 22, 2020, from https://www.novosti.rs/vesti/beograd.74.html:629069-Pedeset-divljih-deponija-u-Mladenovcu
295. Одлука о одржавању чистоће. (2017). *Службени лист града Београда бр. 27/2002, 11/2005, 6/2010 - др. одлука, 2/2011, 10/2011 - др. одлука, 42/2012, 31/2013, 44/2014, 79/2015 и 19/2017*.
296. (2016). Одлука о оснивању Зеленог фонда Републике Србије. *Службени гласник РС*, бр. 91/2016 и 78/2017.
297. Одлука о условима коришћења кеса за испоруку робе на месту продаје роба и услуга. (2018). *Службени лист Града Београда, LXII*(85).
298. Општина Обреновац. (2005). *Упитник о депонији, Обреновац.* Агенција за заштиту животне средине, Иновирање катастра одлагалишта отпада Републике Србије.
299. *Оснивачки акт Еко Гроцке.* (2015). Retrieved септембар 10, 2020, from Агенција за привредне регистре: www.apr.gov.rs
300. Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада. (2019 и 2024). *Службени гласник РС бр. 56/2010, 93/2019, 39/2021 и 65/2024*

301. Правилник о минималним техничким условима за вршење промета отпадака на велико. (1969). *Службени лист СФРЈ, бр. 6/69.*
302. Правилник о техничким мерама и условима за изградњу простора и уређаја за прикупљање и одношење отпадних материја из стамбених зграда. (1970). *Службени лист СФРЈ 28/70*.
303. Правилником о методологији за прикупљање података о саставу и количинама комуналног отпада на територији јединице локалне самоуправе . (2010). *Службени гласник РС бр. 61/2010*.
304. Правилником о методологији за прикупљање података о саставу и количинама комуналног отпада на територији јединице локалне самоуправе. (2020). *Службени гласник РС бр. 14/20.*
305. Преговарачка група 27. (2020). *Преговарачка позиција за Поглавље 27 – животна средина и климатске промене стиже Европској комисији у Брисел.* Retrieved март
30, 2021, from Преговарачка група 27:
http://www.pregovarackagrupa27.gov.rs/pregovaracka-pozicija-za-poglavlje-27-zivotna-sredina-i-klimatske-promene-stize-evropskoj-komisiji-u-brisel/
306. *Програм заштите животне средине Града Београда.* (2015).
307. *Програм управљања отпадом у Републици Србији за период 2022 – 2031. године.* (2022).
308. Радовић, С., & Маринковић, Л. (2019). Ставови васпитача и родитеља према учењу и интегралном одрживом развоју у предшколском образовању. *Педагошка стварност, 65*(1), 82-97.
309. Еко-Тамнава (наручилац). (2024). *Регионалног плана управљања отпадом за 15 градова и општина Колубарског региона за период 2024-2033. године*. Retrieved децембар, 27, 2024. from ГО Лазаревац:
https://lazarevac.rs/assets/upload/2024/konkursi/novembar/3.%20RPUO%2015%20GRADOVA%20I%20OPSTINA_KOLUBARSKI%20REGION%202024-2034%20god_PREDATO.pdf
310. *Резолуција о придруживању Европској унији.* (2004). "Службени гласник РС“, бр. 112/2004.
311. Републички геодетски завод. (n.d.). *Национална веб ГИС апликација*. Retrieved from www.geosrbija.rs
312. РЗС. (2015). *Процене становништва у Републици Србији у 2014. години.* Београд: Републички завод за статистику.
313. РЗС. (2016). *Витални догађаји у Републици Србији 2015. године.* Београд: Републички завод за статистику.
314. РЗС. (2017). *Процене становништва, 2016.* Београд: Републички завод за статистику.
315. РЗС. (2018). *Процене становништва Републике Србије, 2017.* Београд: Републички завод за статистику.
316. РЗС. (2019,а). *Еко-билтен 2018.* Београд: Републички завод за статистику.
317. РЗС. (2019,б). Статистички годишњак Републике Србије.

318. РЗС. (2020, в). *Статистички годишњак.* Београд: Републички завод за статистику.
319. РЗС. (2020,а). *Демографска статистика 2019.* Београд: Републички завод за статистику, Република Србија.
320. РЗС. (2020,б). *Еко-билтен 2019.* Републички завод за статистику.
321. РЗС. (2023). *Попис становништва, домаћинстава и станова 2022. године*. Републички завод за статистику
322. РЗС. (2024). *Еко-билтен 2023*. Републички завод за статистику
323. РЗС. (а). *Административно територијална подела и НСТЈ нивои 1, 2, 3.* Retrieved Август 22, 2020, from Републички завод за статистику: https://www.stat.gov.rs/sr-cyrl/oblasti/registar-prostornih-jedinica-i-gis/administrativno-teritorijalna-podela-i-nstj-nivoi-1-2-3/
324. РЗС. (б). *Београд*. Retrieved Јануар 25, 2021, from Републички завод за статистику: https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/registar-prostornih-jedinica-i-gis/administrativno-teritorijalna-podela-i-nstj-nivoi-1-2-3/nstj-1-beograd
325. РЗС. (в). Карта: Општине/градови Републике Србије. Републички завод за статистику. Retrieved Август 22, 2020, from https://www.stat.gov.rs/media/4253/opstine.pdf
326. РЗС. (г). *Попис 2011, Димаћинства према броју члановима по насељима.* Републички завод за статистику.
327. РЗС. (д). *Површина насеља на територији Београда.* Републички завод за статистику. Retrieved јун 3, 2021, from https://webrzs.stat.gov.rs/axd/Registar/SlikeRegioni/Mapiranemape/BG%20i%20VOJ/ReGrocka.pdf
328. Ристић, Г. (2000). *Град на депонији.* Београд: Задужбина Андрејевић.
329. РТС. (2019). *Београд кандидат за "Зелену престоницу Европе"*. Retrieved February
8, 2020, from www.rts.rs: https://www.rts.rs/page/magazine/sr/story/2953/priroda/3747709/beograd-usao-u-trku-da-postane-zelena-prestonica-evrope.html
330. РТС. (2024). *Спаљивање отпада у Винчи – отворено прво постројење за производњу топлотне и електричне енергије*. Retrieved децембар, 2024, from www.rts.rs: https://www.rts.rs/vesti/drustvo/5578335/vinca-otpad-struja-beograd.html
331. СГД. (1973). *Животна средина и човек* (Посебна издања ed., Vol. 39). Београд: Српско географско друштво.
332. СЗЖС. (2019). Квалитет животне средине у Београду у 2018. години. Београд: Град Београд, Градска управа, Секретаријат за заштиту животне средине.
333. Спремна градња депоније „Каленић". (2020). *Политика.* Retrieved септембар 18, 2020, from http://www.politika.rs/scc/clanak/449234/Spremna-gradnja-deponije-Kalenic
334. Стојановић, А., Живковић, Д., & Манчић, М. (2017). Анаеробна дигестија органског чврстог отпада: перспективе и истраживачка достигнућа. *Зборник Међународне конференције о обновљивим изворима електричне енергије – МКОИЕЕ*, *5*, pp. 45-50.

335. *Стратегија развоја града Београда*. (2017). Службени лист града Београда бр. 47/2017.
336. *Стратегија развоја Града Београда до 2027*. године. (2022). Retrieved 2024, from https://www.beograd.rs/images/file/413e46b11762c73f29145b678ce85a67_6728894625.pdf
337. *Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године*. (2010). Службени гласник РС, бр. 29/2010.
338. Туркулов, В., Мадле-Самарџија, Н., Нићифировић-Шурковић, О., & Гавранчић, Ч. (2007). Демографски аспекти старења. *Медицински преглед, LX*(5-6), 247-250.
339. Ћирић, С. (2024). *Радови на регионалној депонији*. Retrieved децембар, 15, 2024, from Политика: https://www.politika.rs/scc/clanak/642855/Radovi-na-regionalnoj-deponiji
340. УЗЗПРО. (n.d.). *Управа за заједничке послове републичких органа*. Retrieved Август 15, 2020, from База правних прописа: http://bpp.uzzpro.gov.rs/
341. *Упитник о депонији.* (2005). Агенција за заштиту животне средине. Retrieved септембар 7, 2020, from http://www.sepa.gov.rs/app/katastar/deponije/get_file1.php?file=DEPONIJE%20SRBIJA/BEOGRAD%20SOPOT/JKP%20DEPONIJE/Sopot.pdf
342. *Упитник о депонији, Младеновац.* (n.d.). Retrieved септембар 19, 2020, from Агенција за заштиту животне средине; Отпад -депоније: http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=10008&id=1006&akcija=showExternal
343. Урбанистички завод Београда. (2020). *План детаљне регулације центра за управљање комуналним отпадом - трансфер станице у Младеновцу, градска општина Младеновац (елаборат за рани јавни увид).* Београд.
344. Уредба о номенклатури статистичких територијалних јединица. (2010). *Службени гласник РС бр. 109/09 и 46/10.*
345. Уредба о одлагању отпада на депоније. (2010). *Службени гласник РС 92/2010.*
346. Уредба о утврђивању Плана смањења амбалажног отпада за период од 2015. до 2019. године. (n.d.). *Службени гласник РС* бр. 144/2014.
347. Уредба о утврђивању Плана смањења амбалажног отпада за период од 2020. до 2024. године. (n.d.). *Службени гласник РС* бр. 81/2020.
348. *Успостављен стратешки оквир за управљање отпадом у Србији*. (2020). Retrieved Март 5, 2021, from Влада Републике Србије: https://www.srbija.gov.rs/vest/440997/uspostavljen-strateski-okvir-za-upravljanje-otpadom-u-srbiji.php
349. Устав Републике Србије. (2006). *"Службени гласник РС"* бр. 98/2006.
350. Устав Социјалистичке Федеративне Републике Југославије. (1974).
351. Филиповић, Д., & Обрадовић - Арсић, Д. (2011). Оцена стања животне средине у општини Сопот као услов одрживог развоја подручја општине. *Гласник Српског географског друштва, 91*(4), 27-34.
352. ФТН. (2009). *Утврђивање састава отпада и процене количине у циљу дефинисања стратегије управљања секундарним сировинама у склопу одрживог развоја Републике Србије.* Нови Сад: Факултет техничких наука, Департман за инжењерство заштите животне средине, Универзитету Новом Саду.

353. ФТН. (2016).
вредностима комуналног отпада за 13 општина Београдског региона за управљање отпадом. Нови Сад: Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.
354. Шеварлић, М. (2015). *Пољопривредно земљиште, Попис пољопривреде 2012.* Београд: Републички завод за статистику.
355. Шкобаљ, Д. (2008). *Менаџмент отпада.* Београд: Мултимедијални центар, Факултет за примењену екологију Футура, Универзитет Сингидунум.
356. Шкобаљ, Д. (2010). *Интегрални катастар загађивача.* Београд: Факултет за примењену екологију Футура, Универзитет Сингидунум.

МОДЕЛ ОПТИМИЗАЦИЈЕ РЕЦИКЛАЖЕ ЧВРСТОГ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА

ORIGINALITY REPORT

4%
SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.sepa.gov.rs Internet	176 words — < 1%
2	www.parlament.gov.rs Internet	123 words — < 1%
3	www.beograd.rs Internet	92 words — < 1%
4	Ana Tasic, Luka Jovanovic, Nebojsa Bacanin, Miodrag Zivkovic, Vladimir Simic, Miroslav Popovic, Milos Antonijevic. "Towards sustainable societies: Convolutional neural networks optimized by modified crayfish optimization algorithm aided by AdaBoost and XGBoost for waste classification tasks", Applied Soft Computing, 2025 Crossref	85 words — < 1%
5	nardus.mpn.gov.rs Internet	77 words — < 1%
6	eteze.bg.ac.rs Internet	55 words — < 1%
7	www.pirot.rs Internet	55 words — < 1%
8	www.paragraf.rs	

	Internet	51 words — < 1%
9	uvidok.rcub.bg.ac.rs Internet	42 words — < 1%
10	www.kombeg.org.rs Internet	41 words — < 1%
11	rsjp.gov.rs Internet	38 words — < 1%
12	fedorabg.bg.ac.rs Internet	35 words — < 1%
13	media.readycms.io Internet	30 words — < 1%
14	www.osce.org Internet	30 words — < 1%
15	www.pks.rs Internet	27 words — < 1%
16	publikacije.stat.gov.rs Internet	25 words — < 1%
17	www.alibunar.org.rs Internet	25 words — < 1%
18	raumplan.iaus.ac.rs Internet	24 words — < 1%
19	strategije.skgo.org Internet	23 words — < 1%
20	extwprlegs1.fao.org	

	Internet	20 words — < 1%
21	sllistbeograd.rs Internet	18 words — < 1%
22	www.diplomacy.bg.ac.rs Internet	18 words — < 1%
23	www.zajecar.info Internet	18 words — < 1%
24	fink.rs Internet	17 words — < 1%
25	www.bgpijace.rs Internet	17 words — < 1%
26	www.eupropisi.com Internet	17 words — < 1%
27	dri.rs Internet	16 words — < 1%
28	repo.ies.rs Internet	16 words — < 1%
29	Stephan Balduin, Martin Tröschel, Sebastian Lehnhoff. "Towards domain-specific surrogate models for smart grid co-simulation", Energy Informatics, 2019 Crossref	13 words — < 1%
30	ebooks.ien.bg.ac.rs Internet	13 words — < 1%
31	vbs.rs Internet	13 words — < 1%

32	www.techscience.com Internet	13 words — < 1%
33	dr.rgf.bg.ac.rs Internet	12 words — < 1%
34	ekoregistar.sepa.gov.rs Internet	12 words — < 1%
35	www.komorazus.org.rs Internet	12 words — < 1%
36	www.babusnica.rs Internet	11 words — < 1%
37	direkcija.bosilegrad.rs Internet	10 words — < 1%
38	transformator.bos.rs Internet	10 words — < 1%
39	vdocuments.pub Internet	10 words — < 1%
40	www.novavaros.rs Internet	10 words — < 1%
41	www.subotica.rs Internet	10 words — < 1%
42	Gordana Kovaček-Stanić, Sandra Samardžić, Milica Kovačević. "The divorce and joint parental responsibilities as a result of divorce in theory and practice", Zbornik radova Pravnog fakulteta, Novi Sad, 2017 Crossref	9 words — < 1%

43	Van Den Eeckhaut, M.. "Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium)", Geomorphology, 20060630 Crossref	9 words — < 1%
44	ekologija.gov.rs Internet	9 words — < 1%
45	fedorakg.kg.ac.rs Internet	9 words — < 1%
46	fedorani.ni.ac.rs Internet	9 words — < 1%
47	fefa.edu.rs Internet	9 words — < 1%
48	opstina-brod.net Internet	9 words — < 1%
49	pdfslide.tips Internet	9 words — < 1%
50	thebalkanforum.org Internet	9 words — < 1%
51	zenodo.org Internet	9 words — < 1%
52	alibunar.org.rs Internet	8 words — < 1%
53	beociklizacija.weebly.com Internet	8 words — < 1%
	docplayer.gr	

54	Internet	8 words — < 1%
55	koceljeva.gov.rs Internet	8 words — < 1%
56	sepa.gov.rs Internet	8 words — < 1%
57	vladars.net Internet	8 words — < 1%
58	www.isi.mod.gov.rs Internet	8 words — < 1%
59	www.jpzzs.org.rs Internet	8 words — < 1%
60	www.mgsi.gov.rs Internet	8 words — < 1%
61	www.planinari.org.rs Internet	8 words — < 1%
62	www.pravno-informacioni-sistem.rs Internet	8 words — < 1%
63	www.rat.rs Internet	8 words — < 1%
64	idoc.pub Internet	7 words — < 1%
65	qdoc.tips Internet	7 words — < 1%
66	www.nst.org.rs	

Internet

7 words — < 1%

67 Popov Danica. "Principles of environmental legislation in UN, EU and Republic of Serbia", Zbornik radova Pravnog fakulteta, Novi Sad, 2013
Crossref

6 words — < 1%

68 Srđan Žikić, Mirjana Tankosić, Violeta Galik. "Waste management as an important segment of sustainable development", Drustveni horizonti, 2024
Crossref

6 words — < 1%

69 hdl.handle.net
Internet

6 words — < 1%

70 www.cris.uns.ac.rs
Internet

6 words — < 1%

71 www.mfin.gov.rs
Internet

6 words — < 1%

72 www.vladars.net
Internet

6 words — < 1%

73 mduls.gov.rs
Internet

5 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES	ON	EXCLUDE SOURCES	OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY	ON	EXCLUDE MATCHES	OFF