

# Analiza isplativosti i rizika ulaganja u energanu na gorivo iz otpada

---

**Hecer, Darko**

**Professional thesis / Završni specijalistički**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:296232>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**



*Repository / Repozitorij:*

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Ekonomski fakultet  
Poslijediplomski specijalistički studij  
Poslovno upravljanje - MBA**

**ANALIZA ISPLATIVOSTI I RIZIKA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ  
OTPADA**

Poslijediplomski specijalistički rad

**Darko Hecer**

**Zagreb, listopad 2021.**

# PODACI I INFORMACIJE O STUDENTU POSLIJEDIPLOMSKOG SPECIJALISTIČKOG STUDIJA

Ime i prezime: **Darko Hecer**

Datum i mjesto rođenja: **6.3.1983., Kutina**

Naziv završenog fakulteta i godina diplomiranja: **Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 2007.**

## PODACI O POSLIJEDIPLOMSKOM SPECIJALISTIČKOM RADU

Vrsta studija: **Poslijediplomski specijalistički studij**

Naziv studija: **Poslovno upravljanje (MBA)**

Naslov rada: **Analiza isplativosti i rizika ulaganja u energanu na gorivo iz otpada**

Naslov rada (engleski jezik): **Profitability and Risk Analysis of Waste to Energy Power Plant**

UDK (popunjava Knjižnica): \_\_\_\_\_

Fakultet na kojem je rad obranjen: **Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu**

## POVJERENSTVO, OCJENA I OBRANA RADA

Datum prihvaćanja teme: **13.7.2021.**

Mentor: **Prof.dr.sc. Danijela Miloš Sprčić**

Povjerenstvo za ocjenu rada:

1. **Izv.prof.dr.sc. Davor Zoričić**
2. **Prof.dr.sc. Danijela Miloš Sprčić**
3. **Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Pandžić**

Povjerenstvo za obranu rada:

1. **Izv.prof.dr.sc. Davor Zoričić**
2. **Prof.dr.sc. Danijela Miloš Sprčić**
3. **Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Pandžić**

Datum obrane rada: **21.12.2021.**

**Sveučilište u Zagrebu  
Ekonomski fakultet  
Poslijediplomski specijalistički studij  
Poslovno upravljanje - MBA**

**ANALIZA ISPLATIVOSTI I RIZIKA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ  
OTPADA  
PROFITABILITY AND RISK ANALYSIS OF WASTE TO ENERGY POWER PLANT**

Poslijediplomski specijalistički rad

**Student: Darko Hecer  
Matični broj studenta: PDS-99-2012  
Mentor: Prof.dr.sc. Danijela Miloš Sprčić**

**Zagreb, listopad 2021.**

## **SAŽETAK**

Energana na gorivo iz otpada je spalionica otpada kojoj je primarna svrha proizvesti korisnu energiju. Potreba za energanom tog tipa proizlazi iz namjere Republike Hrvatske da uspostavi održiv sustav gospodarenja otpadom. Radi se o sustavu koji će biti fokusiran na odvojeno prikupljanje otpada i njegovo recikliranje dok će miješani komunalni otpad biti upućen na daljnju mehaničko biološku obradu. Jedan od produkata te obrade je i gorivo iz otpada namijenjeno spaljivanju. Spaljivanje tog otpada u energani na gorivo iz otpada smatra se energetsom oporabom. S obzirom da energana tog tipa još nije izgrađena u Republici Hrvatskoj, a ne postoji ni jasna strategija energetske oporabe otpada, provedena je analiza isplativosti i rizika ulaganja za hipotetski poslovni slučaj izgradnje energane na gorivo iz otpada.

## **KLJUČNE RIJEČI**

Energana na gorivo iz otpada, spalionica otpada, gorivo iz otpada, red prvenstva gospodarenja otpadom, kružno gospodarstvo, komunalni otpad, energetska oporaba, recikliranje, odlaganje otpada, čisti novčani tok, čista sadašnja vrijednost, interna stopa profitabilnosti, razdoblje povrata, analiza osjetljivosti, analiza scenarija.

## **SUMMARY**

A waste to energy power plant is a waste incinerator whose primary purpose is to produce useful energy. Rationale for this type of power plant was derived from the intention of the Republic of Croatia to establish a sustainable waste management system. That system will be focused on separate waste collection and recycling while mixed municipal waste will be sent to further mechanical and biological treatment. One of the products of this treatment is solid recovered fuel which is intended for incineration. Waste incineration in waste to energy power plant is considered as energy recovery. Given that this type of power plant has not yet been built in the Republic of Croatia, and there is no clear understanding of energy recovery strategy, a profitability and risk analysis for hypothetical business case of waste to energy power plant was conducted.

## **KEY WORDS**

Waste to energy power plant, waste incinerator, solid recovered fuel, waste management hierarchy, circular economy, municipal waste, energy recovery, recycling, waste disposal, net cash flow, net present value, internal profitability rate, payback period, sensitivity analysis, scenario analysis.

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je poslijediplomski specijalistički rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno prepisan iz necitiranog izvora te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

*Darbo Hećer*

(vlastoručni potpis studenta)

*Zagreb, 25.10.2021.*

(mjesto i datum)

## STATEMENT ON THE ACADEMIC INTEGRITY

I hereby declare and confirm by my signature that the final thesis is the sole result of my own work based on my research and relies on the published literature, as shown in the listed notes and bibliography.

I declare that no part of the thesis has been written in an unauthorized manner, i.e., it is not transcribed from the non-cited work, and that no part of the thesis infringes any of the copyrights.

I also declare that no part of the thesis has been used for any other work in any other higher education, scientific or educational institution.

*Darbo Hećer*

(personal signature of the student)

*Zagreb, October 25<sup>th</sup>, 2021*

(place and date)

# SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
1.1	Predmet rada i ciljevi istraživanja .....	1
1.2	Metode istraživanja i izvori podataka .....	2
1.3	Sadržaj i struktura rada .....	2
2.	METODOLOŠKI OKVIR ANALIZE ISPLATIVOSTI I RIZIKA INVESTICIJSKIH PROJEKATA .....	4
2.1	Metode budžetiranja kapitala i kriteriji financijskog odlučivanja .....	4
2.1.1	Određenje pojma budžetiranje kapitala .....	4
2.1.2	Metoda čiste sadašnje vrijednosti .....	4
2.1.3	Metoda interne stope profitabilnosti .....	6
2.1.4	Metoda jednostavnog razdoblja povrata .....	7
2.1.5	Metoda diskontiranog razdoblja povrata .....	8
2.2	Metode određivanja troška kapitala .....	9
2.2.1	Određenje pojma trošak kapitala.....	9
2.2.2	Komponente strukture kapitala i njihovi pojedinačni troškovi.....	9
2.2.3	Ponderirani prosječni trošak kapitala .....	16
2.3	Metode analize rizika .....	17
2.3.1	Komponente rizika projekta .....	17
2.3.2	Metoda analize osjetljivosti .....	18
2.3.3	Metoda analize scenarija .....	19
3.	ENERGETSKA OPORABA U OKVIRU ODRŽIVOG SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM REPUBLIKE HRVATSKE .....	21
3.1	Polazišna osnova za uspostavu održivog sustava gospodarenja otpadom.....	21
3.1.1	Prelazak na kružno gospodarstvo .....	21
3.1.2	Osnova održivog sustava gospodarenja otpadom .....	22
3.1.3	Opći ciljevi gospodarenja otpadom.....	24
3.2	Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj .....	25
3.2.1	Otpad, njegovo porijeklo, svojstvo i količina .....	25
3.2.2	Nacionalni ciljevi gospodarenja otpadom na održiv način .....	33
3.2.3	Infrastrukturalna osnova održivog sustava gospodarenja otpadom .....	36
3.3	Potencijal za energetske uporabu u Republici Hrvatskoj.....	41
3.3.1	Određenje pojma gorivo iz otpada .....	41
3.3.2	Vrste otpada pogodne za proizvodnju goriva iz otpada .....	43
3.3.3	Tehnologija proizvodnje goriva iz otpada .....	44
3.3.4	Projekcija proizvodnje goriva iz otpada .....	45
3.3.5	Energetska uporaba otpada u Republici Hrvatskoj s osvrtom na Europsku uniju50	
4.	ENERGANA NA GORIVO IZ OTPADA .....	53



4.1	Analiza okruženja i tržišta.....	53
4.1.1	PESTLE analiza .....	53
4.1.2	SWOT analiza.....	55
4.2	Prijedlog poslovnog modela .....	56
4.2.1	Temeljna obilježja poslovanja .....	56
4.2.2	Modaliteti javno-privatnog partnerstva.....	57
4.2.3	Održiv poslovni model.....	60
4.3	Tehničko tehnološka obilježja energane.....	61
4.3.1	Tehnološki proces.....	61
4.3.2	Kapacitet energane na gorivo iz otpada .....	66
4.3.3	Maseno energetska bilanca .....	68
4.3.4	Kriterij učinkovitosti energetske uporabe.....	70
4.4	Obilježja utjecaja na okoliš .....	72
5.	ANALIZA POSLOVNOG SLUČAJA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA .....	74
5.1	Procjena investicijskih ulaganja.....	74
5.2	Izvori financiranja i prosječni trošak kapitala.....	75
5.2.1	Struktura izvora financiranja .....	75
5.2.2	Prosječni trošak kapitala .....	76
5.3	Procjena relevantnih godišnjih novčanih tokova projekta .....	78
5.3.1	Novčani tokovi u razdoblju investiranja .....	79
5.3.2	Novčani tokovi u razdoblju efektiviranja .....	79
5.3.3	Rezidualna vrijednost projekta .....	95
5.4	Analiza isplativosti projekta .....	96
5.4.1	Čista sadašnja vrijednost i interna stopa profitabilnosti.....	97
5.4.2	Jednostavno i diskontirano razdoblje povrata ulaganja .....	97
5.5	Analiza rizika projekta .....	98
5.5.1	Analiza osjetljivosti.....	98
5.5.2	Analiza scenarija .....	100
6.	ZAKLJUČAK.....	102

POPIS LITERATURE

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

ŽIVOTOPIS

PRILOZI

## 1. UVOD

### 1.1 Predmet rada i ciljevi istraživanja

Predmet istraživanja ovog poslijediplomskog specijalističkog rada je analizirati isplativost i rizike ulaganja u izgradnju energane na gorivo iz otpada. Potreba za energanom tog tipa proizlazi iz namjere Republike Hrvatske da uspostavi održiv sustav gospodarenja otpadom. Održiv sustav gospodarenja otpadom bit će fokusiran na odvojeno prikupljanje otpada i njegovo recikliranje dok će miješani komunalni otpad biti upućen na daljnju mehaničko biološku obradu. Postojeća odlagališta otpada će se zatvoriti, a daljnje odlaganje otpada svesti na najmanju moguću mjeru. Umjesto odlagališta, ulogu najvažnijih infrastrukturnih objekata preuzet će centri za gospodarenje otpadom te prateći infrastrukturni objekti.

Mehaničko biološkom obradom komunalnog otpada, zaprimljenog u centrima za gospodarenje otpadom, dodatno će se izdvojiti one komponente otpada koje je još moguće korisno upotrijebiti, odnosno oporabiti. Dio izdvojenih komponenti otpada koje nisu pogodne za materijalnu uporabu bit će moguće energetske oporabiti, spaljivanjem u energani na gorivo iz otpada. Proizvodnja energije spaljivanjem tog otpada je, prema hijerarhiji gospodarenja otpadom, superiorniji način zbrinjavanja otpada od njegova trajnog odlaganja. Trajno će se odlagati samo dio komunalnog otpada koji nije pogodan za daljnju uporabu.

Energane na gorivo iz otpada jesu spalionice otpada kojima je primarna svrha proizvesti energiju za potrebe nekog tehnološkog procesa ili grijanja te predstavljaju neizostavan element održivog sustava gospodarenja otpadom. Da je suživot društvene zajednice s energanom na gorivo iz otpada moguć potvrđuje i činjenica da je samo u Europskoj uniji u pogonu oko petsto takvih energana. Sve prethodno navedeno, ali i činjenica da u Republici Hrvatskoj, u trenutku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, još ne postoji jasna strategija energetske uporabe otpada, ide u prilog aktualnosti ove teme.

Temeljni cilj ovog poslijediplomskog specijalističkog rada je, na temelju analize hipotetskog poslovnog slučaja izgradnje energane na gorivo iz otpada, postaviti konceptualni okvir za učinkovitu pripremu stvarnog investicijskog projekta tog tipa. Radi jednostavnije primjene rezultata istraživanja definirani su slijedeći pojedinačni ciljevi:

1. prepoznati ulogu energetske uporabe otpada u održivom sustavu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj,
2. utvrditi potencijal proizvodnje goriva iz otpada u Republici Hrvatskoj,
3. identificirati prikladan poslovni model investicijskog projekta izgradnje energane na gorivo iz otpada,
4. opisati tehničko tehnološka obilježja tipične energane na gorivo iz otpada, uključujući obilježja utjecaja na okoliš,
5. ocijeniti isplativost i rizike ulaganja u izgradnju energane na gorivo iz otpada.

## **1.2 Metode istraživanja i izvori podataka**

U svrhu ostvarenja postavljenih ciljeva korištene su slijedeće metode: metoda analize i sinteze, metoda indukcije i dedukcije, metoda klasifikacije, metoda deskripcije, metoda modeliranja te metode budžetiranja kapitala pri čemu su primijenjeni temeljni i dodatni kriteriji financijskog odlučivanja poput čiste sadašnje vrijednosti, interne stope profitabilnosti, te jednostavnog i diskontiranog razdoblja povrata. Od metoda analize rizika korištene su analiza osjetljivosti i analiza scenarija.

Kao izvori podataka korišteni su relevantni znanstveni i stručni radovi te druga relevantna stručna literatura kao što su knjige, izvještaji, statistički podaci te drugi aktualni podaci iz relevantnih baza podataka. Također, analiza je provedena u skladu s aktualnim europskim i nacionalnim politikama te planovima iz područja gospodarenja otpadom.

## **1.3 Sadržaj i struktura rada**

Rad je strukturiran u šest poglavlja kako slijedi:

1. UVOD
2. METODOLOŠKI OKVIR ANALIZE ISPLATIVOSTI I RIZIKA INVESTICIJSKIH PROJEKATA
3. ENERGETSKA OPORABA U OKVIRU ODRŽIVOG SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM REPUBLIKE HRVATSKE
4. ENERGANNA NA GORIVO IZ OTPADA
5. ANALIZA POSLOVNOG SLUČAJA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA
6. ZAKLJUČAK

Prvim (uvodnim) poglavljem definirani su predmet rada i ciljevi istraživanja te primijenjene metode istraživanja i izvori podataka.

Drugim poglavljem opisan je metodološki okvir analize isplativosti i rizika za investicijske projekte. U okviru analize isplativosti opisane su temeljne i dodatne metode budžetiranja kapitala poput metode čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti te metode jednostavnog i diskontiranog razdoblja povrata. U vezi s prethodno navedenim, dodatno poglavlje posvećeno je metodi određivanja troška kapitala. U okviru analize rizika opisane su metoda analize osjetljivosti i analize scenarija.

Trećim poglavljem opisan je širi kontekst investicijskog projekta, a koji podrazumijeva ulogu energetske uporabe otpada u održivom sustavu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj. Pored osnove za uspostavu održivog sustava za gospodarenje otpadom i presjeka stanja gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj, procijenjen je i potencijal proizvodnje goriva iz otpada.

Četvrtim poglavljem dani su rezultati provedene analize okruženja investicijskog projekta te su opisana temeljena tehničko tehnološka obilježja energane na gorivo iz otpada, uključujući obilježja utjecaja na okoliš. U okviru tog poglavlja opisan je prikladan poslovni model primjenom kojeg je moguće zadovoljiti privatni i javni interes.

Petim poglavljem dani su rezultati provedene analize isplativosti i rizika ulaganja u hipotetski poslovni slučaj izgradnje energane na gorivo iz otpada. Procijenjeni su svi relevantni novčani tokovi projekta, uključujući trošak kapitala, te su dani rezultati dobiveni primjenom metoda analize isplativosti i rizika iz drugog poglavlja.

Pregled ostvarenja ciljeva istraživanja, postavljenih u uvodnom poglavlju ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, dan je u šestom (posljednjem) poglavlju.

## 2. METODOLOŠKI OKVIR ANALIZE ISPLATIVOSTI I RIZIKA INVESTICIJSKIH PROJEKATA

### 2.1 Metode budžetiranja kapitala i kriteriji financijskog odlučivanja

#### 2.1.1 Određenje pojma budžetiranje kapitala

Budžetiranje kapitala je postupak donošenja odluke o ulaganju u realnu poslovnu imovinu društva, odnosno o ulaganju u dugoročne investicijske projekte. Podrazumijeva prognozu relevantnih novčanih tokova projekata i ocjenu njihove financijske učinkovitosti primjenom kriterija financijskog odlučivanja.<sup>1</sup>

Razvojem upravljanja financijama društva razvijen je čitav niz specifičnih metoda budžetiranja kapitala. U gotovo svim postupcima odlučivanja o ulaganju u dugoročne investicijske projekte primjenjuju se temeljne metode budžetiranja kapitala kao što su metoda čiste sadašnje vrijednosti i metoda interne stope profitabilnosti. Kako bi se povećala kvaliteta donesene odluke, razvijene su i dodatne metode budžetiranja kapitala kao što su metoda jednostavnog razdoblja povrata, metoda diskontiranog razdoblja povrata, metoda indeksa profitabilnosti, metoda sadašnje vrijednosti budućih troškova te metoda anuiteta. Za potrebe rangiranja više investicijskih projekata razvijene su posebne metode budžetiranja kapitala kao što su metoda diferencijacije i metoda diferencirane interne stope profitabilnosti. Pored prethodno navedenih postoje i druge posebne metode budžetiranja kapitala koje se razlikuju ovisno o vrsti investicijske odluke.<sup>2</sup>

Za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, od temeljnih metoda detaljnije su pojašnjene metoda čiste sadašnje vrijednosti i metoda interne stope profitabilnosti dok su od dodatnih metoda pojašnjene one najjednostavnije poput metode jednostavnog i diskontiranog razdoblja povrata.

#### 2.1.2 Metoda čiste sadašnje vrijednosti

Primjena metode čiste sadašnje vrijednosti rezultira izračunom pokazatelja čiste (neto) sadašnje vrijednosti projekta, a koji se ujedno smatra i temeljnim kriterijem financijskog

---

<sup>1</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 14-15.

<sup>2</sup> Ibid., str. 44-45.

odlučivanja uopće. Prilikom izračuna čiste sadašnje vrijednosti projekta, u obzir se uzimaju čisti novčani tokovi projekta te vremenska vrijednost novca. Čisti novčani tokovi projekta podrazumijevaju razliku između godišnjih novčanih tokova iz razdoblja efektuiranja i investicijskih troškova iz razdoblja investiranja. Uzimanje u obzir vremenske vrijednosti novca podrazumijeva svođenje budućih čistih novčanih tokova projekta na sadašnju vrijednost kako bi bili vremenski međusobno usporedivi. Svođenje na sadašnju vrijednost obavlja se primjenom diskontne tehnike.<sup>3</sup>

Kod primjene diskontne tehnike, izbor diskontne stope ima bitan utjecaj na konačan iznos čiste sadašnje vrijednosti projekta. Što je diskontna stopa viša to je čista sadašnja vrijednost projekta niža, i obrnuto.<sup>4</sup> Primijenjena diskontna stopa uobičajeno je jednaka trošku kapitala društva. Pritom valja istaknuti da kod većine društava strukturu kapitala čini više komponenata kapitala, od kojih su najčešći obični i povlašteni kapital te dugovi. Svim komponentama kapitala zajedničko je što njihovi investitori očekuju prinos na uložena sredstva. Očekivani prinos naziva se još i troškom te komponente kapitala pri čemu je diskontna stopa jednaka ponderiranom prosječnom trošku svih komponenata kapitala. Tako određena diskontna stopa naziva se ponderirani prosječni trošak kapitala, tzv. WACC (*Eng. Weighted Average Cost of Capital*).<sup>5</sup>

Uvažavajući prethodno navedeno, izračun pokazatelja čiste sadašnje vrijednosti projekta moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>6</sup>

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + WACC)^1} + \frac{CF_2}{(1 + WACC)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1 + WACC)^N} = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1 + WACC)^t}$$

gdje je:

$NPV$  čista sadašnja vrijednost projekta,

$CF_t$  čisti novčani tok projekta,

<sup>3</sup> Ibid. str. 66-73.

<sup>4</sup> Ibid., str. 66-73.

<sup>5</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western, pp. 340-376.

<sup>6</sup> Tapiero, C. (2004). *Risk and Financial Management: Mathematical and Computational Methods*. West Sussex: John Wiley & Sons. p. 55.

WACC diskontna stopa (ponderirani prosječni trošak kapitala),

$t$  godina razdoblja promatranja projekta,

$N$  krajnja godina razdoblja promatranja projekta.

Na temelju tako utvrđene čiste sadašnje vrijednosti moguće je ocijeniti prihvatljivost projekta. Projekti s negativnom čistom sadašnjom vrijednosti ne bi se smjeli prihvatiti jer će rezultirati smanjenjem vrijednosti imovine društva. Nasuprot tome, projekti s pozitivnom čistom sadašnjom vrijednosti su prihvatljivi jer će rezultirati povećanjem vrijednosti imovine društva, a što ujedno predstavlja i temeljni cilj njegova poslovanja. Projekti s nultom čistom sadašnjom vrijednosti također se smatraju prihvatljivima jer će društvo barem sačuvati vrijednost imovine kroz određeno razdoblje.<sup>7</sup>

### 2.1.3 Metoda interne stope profitabilnosti

Primjena metode interne stope profitabilnosti rezultira izračunom pokazatelja interne stope profitabilnosti, a koji se smatra drugim temeljnim kriterijem financijskog odlučivanja. Interna stopa profitabilnosti predstavlja diskontnu stopu primjenom koje se ostvaruje nulta, granična, čista sadašnja vrijednost projekta. Za razliku od pokazatelja čiste sadašnje vrijednosti, gdje se primjenom diskontne stope izračunava sadašnja vrijednost budućih čistih novčanih tokova, interna stopa profitabilnosti javlja se kao nepoznanica u jednadžbi. Osim u slučaju jednogodišnjeg budućeg čistog novčanog toka, nije ju moguće eksplicitno iskazati nego se utvrđuje iterativno, metodom pokušaja i pogrešaka.<sup>8</sup>

Iznos interne stope profitabilnosti moguće je odrediti iterativnim postupkom na temelju slijedećeg zapisa:<sup>9</sup>

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1 + IRR)^N} = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

gdje je:

---

<sup>7</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmmedia, str. 66-73.

<sup>8</sup> Ibid., str. 73-79.

<sup>9</sup> Tapiero, C. (2004). *Risk and Financial Management: Mathematical and Computational Methods*. West Sussex: John Wiley & Sons. p. 55.

- $NPV$  čista sadašnja vrijednost projekta,  
 $CF_t$  čisti novčani tok projekta,  
 $IRR$  interna stopa profitabilnosti (diskontna stopa),  
 $t$  godina razdoblja promatranja projekta,  
 $N$  krajnja godina razdoblja promatranja projekta.

Tako utvrđena interna stopa profitabilnosti pokazatelj je financijske učinkovitosti projekta. Iako je povezana s čistom sadašnjom vrijednosti (pozitivna čista sadašnja vrijednost implicira na internu stopu profitabilnosti veću od primijenjene diskontne stope, i obratno), ne smije ju se s njom poistovjećivati jer pokazuje tek smjer promjene bogatstva dioničara, a ne i veličinu te promjene. Granična interna stopa profitabilnosti, ispod koje se projekti ne bi smjeli prihvatiti, jednaka je trošku kapitala društva. Zbog fiksnog karaktera naknade vjerovnicima, interna stopa profitabilnosti viša od troška kapitala rezultirat će povećanjem vrijednosti običnih dionica društva. Nasuprot tome, interna stopa profitabilnosti niža od troška kapitala rezultirat će smanjenjem vrijednosti običnih dionica društva.<sup>10</sup>

#### 2.1.4 Metoda jednostavnog razdoblja povrata

Razdoblje povrata ulaganja, utvrđeno primjenom metode jednostavnog razdoblja povrata, najjednostavniji je kriteriji financijskog odlučivanja. Radi se o godini u kojoj će se kumulativni godišnji novčani tokovi projekta izjednačiti s ukupnim investicijskim troškovima.<sup>11</sup>

Metoda podrazumijeva utvrđivanje ukupnih investicijskih troškova, utvrđivanje posljednje godine prije potpunog povrata investicijskih troškova te dijela iduće godine u kojoj će biti ostvaren potpuni povrat investicijskog troška (uz pretpostavku jednoličnih primitaka tijekom te godine). Na temelju prethodno navedenog, izračun razdoblja povrata moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmmedia, str. 73-79.

<sup>11</sup> Arnold, T., & Nixon, T. (2011). Alternative Methods of Evaluating Capital Investments. In Baker, K. & English, P. (Eds.), *Capital Budgeting Valuation: Financial Analysis for Today's Investment Projects*, (pp. 79-91.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

<sup>12</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 377-414.



$$\text{Povrat} = \text{Godina prije potpunog povrata investicijskih troškova} + \frac{\text{Nepodmireni investicijski trošak u idućoj godini}}{\text{Godišnji novčani tok u idućoj godini}}$$

Temeljno obilježje kriterija jednostavnog razdoblja povrata je jednostavnost u primjeni, pri čemu se favoriziraju projekti koji brže vraćaju uložena sredstva.<sup>13</sup> Na temelju tog kriterija nije moguće zaključiti o povećanju vrijednosti imovine društva i stoga nije moguće utvrditi granično razdoblje povrata, odnosno prihvatljivosti projekta, već isto ovisi o preferencijama investitora.<sup>14</sup> Budući da se kod izračuna razdoblja povrata ne uzima u obzir ni vremenska vrijednost novca niti novčani tokovi generirani nakon vraćanja investicijskih troškova, ta se metoda ne smatra temeljnom, već dodatnom metodom financijskog odlučivanja. Njenom primjenom moguće je ocijeniti likvidnost projekta.<sup>15</sup>

#### 2.1.5 Metoda diskontiranog razdoblja povrata

Za razliku od metode jednostavnog razdoblja povrata, primjenom metode diskontiranog razdoblja povrata u obzir se uzima vremenska vrijednost novca. Budući novčani tokovi projekta svode se na sadašnju vrijednost primjenom diskontne stope koja odgovara trošku kapitala. Nakon toga, postupak izračuna je identičan onome kao za prethodno opisano jednostavno razdoblje povrata. Drugim riječima, diskontirano razdoblje povrata jednako je onoj godini u kojoj kumulativni diskontirani novčani tokovi projekta dostižu iznos investicijskih troškova.<sup>16</sup>

Kao i kod jednostavnog razdoblja povrata, diskontirano razdoblje povrata također favorizira projekte koji brže vraćaju uložena sredstva, uključujući pokriće troškova kapitala za to razdoblje. Nedostaci te metode identični su onima za jednostavno razdoblje povrata jer se u obzir ne uzimaju novčani tokovi, uključujući pokriće troškova kapitala, nakon vraćanja

<sup>13</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 54-62.

<sup>14</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 377-414.

<sup>15</sup> Štambuk, L., Miloš Sprčić, D., & Zoričić, D. (2020). Monte Carlo Simulation as a Method of Project Risk Analysis – A Case of a Virtual Power Plant Investment. In Miloš Sprčić, D. (Eds.), *Enterprise Risk Management: Theory and Practice with Selected Case Studies of Multinational Companies* (pp. 187-232.). Zagreb: Faculty of Economics and Business, University of Zagreb.

<sup>16</sup> Arnold, T., & Nixon, T. (2011). Alternative Methods of Evaluating Capital Investments. In Baker, K. & English, P. (Eds.), *Capital Budgeting Valuation: Financial Analysis for Today's Investment Projects*, (pp. 79-91.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

investicijskih troškova.<sup>17</sup> Međutim, primjenom te metode također se može ocijeniti likvidnost projekta, a može poslužiti i kao indikator rizika projekta.<sup>18</sup>

## **2.2 Metode određivanja troška kapitala**

### **2.2.1 Određenje pojma trošak kapitala**

Pojam „trošak kapitala“ razlikuje se ovisno o kontekstu njegove uporabe. U kontekstu izvora financiranja nekog društva, trošak kapitala podrazumijeva stopu profitabilnosti koju zahtijevaju investitori na tržištu kapitala. U kontekstu budžetiranja kapitala, trošak kapitala podrazumijeva diskontnu stopu koja se primjenjuje na novčane tokove projekta. U kontekstu maksimizacije vrijednosti dionica nekog društva, trošak kapitala podrazumijeva oportunitetni trošak koji se mora nadoknaditi radi očuvanja vrijednosti društva, odnosno radi očuvanja vrijednosti njegovih običnih dionica.<sup>19</sup> Za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, određivanje troška kapitala detaljnije je pojašnjeno u kontekstu budžetiranja kapitala.

### **2.2.2 Komponente strukture kapitala i njihovi pojedinačni troškovi**

Kao što je već prethodno spomenuto, struktura kapitala nekog društva uobičajeno je sastavljena od više različitih komponenti koje se mogu podijeliti na dugove (dugoročne), povlašteni kapital (kapital od preferencijalnih dionica) i obični kapital (kapital od običnih dionica). Navedene komponente strukture kapitala različito su kombinirane kod raznih društava te se često mijenjaju. Postojanje običnog kapitala temeljni je preduvjet formiranja društva kao zasebnog pravnog subjekta, odvojenog od svojih vlasnika, dok povlašteni kapital i dugovi predstavljaju tek dopunske oblike kapitala. Postojanje više komponenti strukture kapitala upućuje na postojanje prosječnog troška ukupne strukture kapitala društva, odnosno njegove ukupne kapitalizacije.<sup>20</sup>

---

<sup>17</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 62-66.

<sup>18</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 377-414.

<sup>19</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 194-198.

<sup>20</sup> Ibid., str. 198-199.

Prosječni trošak ukupne strukture kapitala nekog društva naziva se još i ponderiranim prosječnim troškom kapitala, a moguće ga je utvrditi tek poznavanjem troška svih pojedinačnih komponenti kapitala.<sup>21</sup> Metode određivanja troška pojedinačnih komponenti strukture kapitala detaljnije su pojašnjenje u nastavku.

### Trošak duga

Prvi korak ka određivanju troška duga je procjena kamatne stope koju kreditori zahtijevaju. Pritom valja istaknuti da se metoda određivanja kamatne stope razlikuje ovisno o tome radi li se o financiranju kreditom ili obvezničkim kapitalom.

Kod financiranja kreditom kamatna stopa jednaka je nominalnoj kamatnoj stopi koju zahtijeva financijska institucija koja je odobrila kredit, dok se kod financiranja obvezničkim kapitalom kamatna stopa mjeri prinosom do dospijea. Pritom valja istaknuti da se tu ne radi o nominalnoj (kuponskoj) kamatnoj stopi nego o diskontnoj stopi kojom se novčani primici od duga, do trenutka njegova dospijea, svode na tržišnu vrijednost obveznica u trenutku izračunavanja troška duga. Prinos do dospijea moguće je odrediti iterativnim postupkom na temelju slijedećeg zapisa:<sup>22</sup>

$$B = \sum_{t=1}^T \frac{I_t}{(1 + k_b)^t} + \frac{N}{(1 + k_b)^T}$$

gdje je:

- $B$  tržišna vrijednost obveznice,
- $I_t$  godišnje kuponske kamate,
- $N$  nominalna vrijednost dionice,
- $k_b$  prinos do dospijea,
- $t$  godina razdoblja promatranja,
- $T$  vrijeme do dospijea.

---

<sup>21</sup> Damodaran, A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of any Asset*, 3rd Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. p. 14.

<sup>22</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmmedia, str. 211-212.

Budući da je izuzimanjem kamata iz porezne osnovice društvu omogućen porezni zaklon, trošak duga niži je gledajući nakon poreza. Da bi bio usporediv s troškovima ostalih komponenti strukture kapitala, a čiji je trošak isti prije i nakon poreza, u obzir se uzima trošak duga nakon poreza. Izračun troška duga nakon poreza moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>23</sup>

$$k_D = k_b(1 - t)$$

gdje je:

- $k_D$  trošak duga nakon oporezivanja,
- $k_b$  prinos do dospijeca (kamatna stopa),
- $t$  godina razdoblja promatranja,
- $t$  stopa oporezivanja.

Kod emisije novog duga za potrebe financiranja određenog investicijskog projekta javlja se trošak. S obzirom da će trošak emisije umanjiti iznos konačno pribavljenog kapitala, trošak duga treba korigirati za relativan iznos troškova njegove emisije, kako slijedi:<sup>24</sup>

$$k'_D = \frac{k_D}{1 - f}$$

gdje je:

- $k'_D$  trošak novoemitiranog duga nakon oporezivanja,
- $k_D$  trošak duga nakon oporezivanja,
- $f$  troškovi pribavljanja duga.

Kod financiranja kreditom, troškovi njegova pribavljanja su u pravilu zanemarivi u odnosu na financiranje obvezničkim kapitalom. U tom se slučaju troškovi novoemitiranog duga mogu izračunati bez troškova njegova pribavljanja.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> Ibid., str. 219-220.

<sup>24</sup> Ibid., str. 222.

<sup>25</sup> Ibid., str. 222.

### Trošak povlaštenog kapitala

Metoda procjene troška povlaštenog kapitala slična je onoj za obveznički kapital. S obzirom da preferencijalne dionice nemaju rok dospijeca, a u pravilu nose fiksne preferencijalne dividende, trošak povlaštenog kapitala mjeri se prinosom od dividende. Izračun prinosa od dividende moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>26</sup>

$$k_P = \frac{D_P}{P_P}$$

gdje je:

- $k_P$  trošak povlaštenog kapitala,
- $D_P$  povlaštena dividenda,
- $P_P$  tržišna cijena preferencijalnih dionica.

Kod emisije novog povlaštenog kapitala za potrebe financiranja određenog investicijskog projekta javlja se trošak. S obzirom da će trošak emisije umanjiti iznos novoformiranog povlaštenog kapitala, njegov trošak treba korigirati za iznos troškova njegove emisije, kako slijedi:<sup>27</sup>

$$k'_P = \frac{D_P}{P_P - F}$$

gdje je:

- $k'_P$  trošak novoemitiranog povlaštenog kapitala,
- $D_P$  povlaštena dividenda,
- $P_P$  tržišna cijena preferencijalnih dionica,
- $F$  troškovi emisije povlaštenog kapitala.

### Trošak običnog kapitala

Za razliku od povlaštenog kapitala, vlasnici običnog kapitala, pored dividende, očekuju i kapitalni dobitak, odnosno povećanje vrijednosti običnih dionica. Iz tog je razloga trošak

---

<sup>26</sup> Ibid., str. 212-213.

<sup>27</sup> Ibid., str. 222-223.

običnog kapitala teže utvrditi od troška ostalih komponenti strukture kapitala, te postoje tri modela određivanja tog troška, kako slijedi:<sup>28</sup>

- Model sadašnje vrijednosti dividendi,
- Model procjene vrijednosti kapitalne imovine,
- Model troška duga uvećanog za premiju rizika.

Prethodno navedeni modeli određivanja troška običnog kapitala detaljnije su pojašnjeni u nastavku.

#### *Model sadašnje vrijednosti dividendi*

Model sadašnje vrijednosti dividendi ili tzv. Gordonov model najpoznatiji je model vrednovanja običnih dionica. Međutim, njegova je primjena ograničena na dionice onih društava koja su već dugo prisutna na tržištu kapitala (burzi vrijednosnih papira) i koje karakterizira kontinuirani rast dividendi. Dodatno na prethodno navedeno, model je primjenjiv samo u uvjetima kada je trošak običnog kapitala, odnosno njegov zahtijevani prinos, veći od stope rasta dividendi. Izračun intrinzične odnosno sadašnje vrijednosti obične dionice moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>29</sup>

$$P_0 = \frac{D_0(1+g)^1}{(1+k_S)^1} + \dots + \frac{D_0(1+g)^\infty}{(1+k_S)^\infty} = D_0 \sum_{t=1}^{\infty} \frac{(1+g)^t}{(1+k_S)^t} = \frac{D_0(1+g)}{k_S - g} = \frac{D_1}{k_S - g}$$

gdje je:

- $P_0$  tržišna vrijednost obične dionice,
- $D_0$  prethodno isplaćena dividenda,
- $D_1$  očekivana dividenda u idućoj godini,
- $k_S$  trošak običnog kapitala,
- $g$  očekivana stopa rasta dividendi.

---

<sup>28</sup> Ibid., str. 213.

<sup>29</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 280-312.

Iz prethodno navedenog moguće je izračunati trošak običnog kapitala na slijedeći način:<sup>30</sup>

$$k_S = \frac{D_1}{P_0} + g$$

gdje su varijable jednake onima iz prethodne jednadžbe.

#### *Model procjene vrijednosti kapitalne imovine*

Model procjene vrijednosti kapitalne imovine tzv. CAPM (*Eng. Capital Asset Pricing Model*) često je korištena metoda određivanja troška običnog kapitala. Prema njoj trošak običnog kapitala predstavlja očekivanu profitabilnost na ulaganje bez rizika uvećanu za premiju rizika na tržišni indeks, a koja je pomnožena s beta koeficijentom. Izračunava se na slijedeći način:<sup>31</sup>

$$k_S = k_F + \beta(k_M - k_F)$$

gdje je:

- $k_S$  trošak običnog kapitala,
- $k_F$  profitabilnost na ulaganje bez rizika,
- $k_M$  profitabilnost na tržišni indeks,
- $\beta$  beta koeficijent.

Iako ulaganje bez rizika na realnom tržištu ne postoji, ispravno je mjeru profitabilnosti na ulaganje bez rizika izjednačiti s kamatnim stopama na državne vrijednosne papire poput obveznica i zapisa. Pritom se većina analitičara odlučuje za državne obveznice s rokom dospjeća od 10 i više godina.<sup>32</sup>

Premija rizika na tržišni indeks jednaka je razlici očekivane profitabilnosti na tržišni indeks i profitabilnosti na ulaganje bez rizika, odnosno  $k_M - k_F$ .<sup>33</sup> S obzirom da je premija rizika na

---

<sup>30</sup> Ibid. pp. 280-312.

<sup>31</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 215-217.

<sup>32</sup> Bruner, R. F., Eades, K. M., Harris, R. S., & Higgins, R. C. (1998). Best Practices in Estimating the Cost of Capital: Survey and Synthesis. *Financial Practice and Education*, 8, 13-28.  
[https://www.researchgate.net/publication/252813951\\_Best\\_Practices\\_in\\_Estimating\\_the\\_Cost\\_of\\_Capital\\_Survey\\_and\\_Synthesis](https://www.researchgate.net/publication/252813951_Best_Practices_in_Estimating_the_Cost_of_Capital_Survey_and_Synthesis)

<sup>33</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 216.

tržišni indeks promjenjiva, nije ju primjereno procjenjivati na temelju povijesnih podataka već na temelju očekivanih budućih kretanja na tržištu kapitala.<sup>34</sup> Dosadašnje analize pokazuju da premija rizika na tržišni indeks ovisi primarno o averziji investitora prema riziku, a uobičajeno se kreće u rasponu od 3,5 do 6,5 %. Pritom valja istaknuti da je premija rizika niža kada su cijene na tržištu kapitala više jer investitori pokazuju manju averziju prema riziku. U suprotnom, premija rizika je viša kada su cijene na tržištu kapitala niže, jer investitori pokazuju veću averziju prema riziku.<sup>35</sup>

Uključivanjem beta koeficijenta u izračun troška običnog kapitala u obzir se uzima i mjera volatilnosti cijene predmetne dionice naspram tržišnog indeksa. U razvijenom tržištu vrijednosnih papira, kao npr. u Sjedinjenim Američkim Državama, beta koeficijent se kod većine dionica kreće u rasponu od 0,5 do 1,5.<sup>36</sup>

#### *Model troška duga uvećanog za premiju rizika*

Ova metoda izračuna troška običnog kapitala temelji se na prethodno utvrđenom trošku duga prije poreza uvećanom za premiju rizika ulaganja u rizičnije instrumente financiranja društva, poput običnih dionica. Izračunava se na slijedeći način:<sup>37</sup>

$$k_S = k_b + k_r$$

gdje je:

- $k_S$     trošak običnog kapitala,
- $k_b$     trošak duga prije poreza,
- $k_r$     premija rizika na ulaganje u dionice.

Premiju rizika na ulaganje u dionice moguće je utvrditi metodom anketiranja i metodom tržišne premije. Metodom anketiranja prikupljaju se mišljenja raznih institucionalnih investitora i profesionalnih analitičara o visini premije rizika na temelju kojih je moguće

---

<sup>34</sup> Brigham, E. F., Shome, D. K., & Vinson, S. R. (1985). The Risk Premium Approach to Measuring a Utility's Cost of Equity. *Financial Management*, 14(1), 33-45. <https://doi.org/10.2307/3665359>

<sup>35</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 340-376.

<sup>36</sup> Ibid. pp. 200-240.

<sup>37</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmmedia, str. 217.



izračunati prosječni iznos te premije. Kod metode tržišne premije, prosječni iznos premije rizika izračunava se kao razlika zahtijevane profitabilnosti reprezentativnog tržišnog indeksa i prinosa do dospijeca za obveznice analiziranog društva.<sup>38</sup>

\*\*\*

U odnosu na druge komponente strukture kapitala, kod emisije novog običnog kapitala za potrebe financiranja određenog investicijskog projekta javlja se relativno najveći trošak. S obzirom da će trošak emisije umanjiti iznos novoformiranog običnog kapitala, njegov trošak treba korigirati za iznos troškova njegove emisije, kako slijedi:<sup>39</sup>

$$k'_S = \frac{D_1}{P_0 - F} + g$$

gdje je:

- $k'_S$  trošak novoemitiranog običnog kapitala,
- $D_1$  očekivana dividenda iduće godine,
- $P_0$  nominalna cijena obične dionice,
- $F$  troškovi emisije običnog kapitala,
- $g$  očekivana stopa rasta dividendi.

### 2.2.3 Ponderirani prosječni trošak kapitala

Nakon određivanja troška svih komponenti strukture kapitala društva moguće je utvrditi ponderirani prosječni trošak kapitala. Pritom su ponderi jednaki vrijednosnom udjelu pojedine komponente strukture kapitala. Polazeći od tri prethodno opisane temeljne komponente strukture kapitala, izračun ponderiranog prosječnog troška kapitala moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>40</sup>

$$WACC = w_D \cdot k_D + w_P \cdot k_P + w_S \cdot k_S$$

---

<sup>38</sup> Ibid., str. 217-218.

<sup>39</sup> Ibid., str. 223.

<sup>40</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 358.

gdje je:

*WACC* ponderirani prosječni trošak kapitala,

$w_D$  vrijednosni udio duga u strukturi kapitala,

$k_D$  trošak duga (kamatna stopa) nakon poreza,

$w_P$  vrijednosni udio povlaštenog kapitala u strukturi kapitala,

$k_P$  trošak povlaštenog kapitala,

$w_S$  vrijednosni udio običnog kapitala u strukturi kapitala,

$k_S$  trošak običnog kapitala.

Kod određivanja ponderiranog prosječnog troška kapitala u obzir se uzima tržišna vrijednost pojedine komponente strukture kapitala. Kod društava čijim se instrumentima financiranja ne trguje javno ili nemaju aktivno tržište nije moguće jednostavno procijeniti tržišnu vrijednost pojedine komponente kapitala te je u tom slučaju opravdano upotrijebiti njihovu knjigovodstvenu vrijednost.<sup>41</sup>

## 2.3 Metode analize rizika

### 2.3.1 Komponente rizika projekta

Prilikom analize rizika svaki investicijski projekt može se promatrati kao izolirana investicija, ali i unutar grupe projekata nekog društva. Uspješnost projekta može imati bitan utjecaj na vrijednost dionica društva na tržištu kapitala i stoga, pored individualne rizičnosti projekta, postoje i druge komponente rizika kao što su rizičnost projekta za društvo i tržišna rizičnost. Pritom valja istaknuti da rizičnost projekta za društvo podrazumijeva ocjenu doprinosa projekta ukupnom riziku društva dok tržišna rizičnost podrazumijeva rizičnost projekta za dioničare tog društva koji posjeduju dobro diversificirani portfelj drugih utrživih vrijednosnih papira.<sup>42</sup> U nastavku su detaljnije pojašnjene metode ocjene individualne rizičnosti projekta, jer druge komponente rizika nisu bile svrsishodne za izradu ovog poslijediplomskog specijalističkog rada.

---

<sup>41</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 227-228.

<sup>42</sup> Ibid., str. 244-245.

Ocjena individualne rizičnosti projekta započinje određivanjem stupnja neizvjesnosti ostvarivanja očekivanih novčanih tokova. Tu je neizvjesnost moguće odrediti na razne načine, od informalne prosudbe pa do kompleksne statističke analize. Na ostvarivanje očekivanih novčanih tokova utječu brojne varijable poput investicijskih troškova, prodajne cijene, obujma poslovanja, varijabilnih i fiksnih troškova, troškova kapitala i slično. Distribucija njihove vjerojatnosti, uključujući međusobne korelacije, uvjetuje i distribuciju vjerojatnosti očekivanih novčanih tokova projekta, a samim time i individualnu rizičnost projekta. U vezi s prethodno navedenim moguće je razlikovati slijedeće metode ocjene individualne rizičnosti projekta: analiza osjetljivosti, analiza scenarija, Monte Carlo simulacija i analiza stabla odlučivanja.<sup>43</sup> Za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada u nastavku su detaljnije pojašnjene metoda analize osjetljivosti i metoda analize scenarija.

### 2.3.2 Metoda analize osjetljivosti

Analiza osjetljivosti je metoda pomoću koje je moguće utvrditi ovisnost promjene čiste sadašnje vrijednosti projekta o promjeni vrijednosti određene utjecajne varijable, pod pretpostavkom *ceteris paribus*.<sup>44</sup> Drugim riječima, ovisnost se utvrđuje izolirano za pojedinu utjecajnu varijablu. Pritom valja istaknuti da se analiza najčešće provodi u dva koraka, od kojih prvi podrazumijeva analizu osjetljivosti financijske učinkovitosti projekta na promjenu utjecajnih varijabli, dok drugi podrazumijeva utvrđivanje intenziteta promjene ključnih utjecajnih varijabli do prijelomne točke financijske učinkovitosti projekta.<sup>45</sup>

Analiza osjetljivosti financijske učinkovitosti projekta na promjenu utjecajnih varijabli polazi od njihovih očekivanih (baznih) veličina. Čista sadašnja vrijednost izračunata na temelju očekivanih veličina utjecajnih varijabli predstavlja baznu financijsku učinkovitost projekta. Uz određenu postotnu promjenu vrijednosti pojedine utjecajne varijable ponovno se izračunava čista sadašnja vrijednost projekta. Na temelju niza tako izračunatih čistih sadašnjih vrijednosti

---

<sup>43</sup> Ibid., str. 249-250.

<sup>44</sup> Puška, A. (2011.), Analiza osjetljivosti u funkciji investicijskog odlučivanja, *Praktični menadžment*, 2(2), 80-86. <https://hrcak.srce.hr/76457>

<sup>45</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 432.

moguće je ocijeniti ovisnost financijske učinkovitosti projekta o promjeni pojedine utjecajne varijable.<sup>46</sup>

Intenzitet promjene utjecajnih varijabli do prijelomne točke financijske učinkovitosti projekta podrazumijeva pronalazak postotne promjene varijable koja rezultira nultom čistom sadašnjom vrijednosti. Te se postotne promjene također utvrđuju izolirano za pojedinu utjecajnu varijablu.<sup>47</sup>

Prethodno opisana analiza osjetljivosti je najčešće korištena metoda ocjene individualne rizičnosti projekta. Odlikuje ju jednostavnost u primjeni, ali i važnost njezinih zaključaka. Na temelju njezinih zaključaka moguće je provesti detaljniju analizu najosjetljivijih elemenata formiranja čiste sadašnje vrijednosti projekta te na taj način smanjiti neizvjesnost kod donošenja investicijskih odluka. Najveći nedostatak analize osjetljivosti je taj što ne barata vjerojatnostima promjene elemenata formiranja čiste sadašnje vrijednosti projekta, jer isticanje nekih utjecajnih varijabli ne znači nužno i vjerojatnost njihove promjene.<sup>48</sup>

### 2.3.3 Metoda analize scenarija

Analiza scenarija je metoda analize individualne rizičnosti projekta kojom je napravljen iskorak u odnosu na analizu osjetljivosti. Njome je u analizu, pored istodobne promjene više utjecajnih varijabli, uključena i vjerojatnost ostvarivanja čiste sadašnje vrijednosti projekta. Istodobna promjena više utjecajnih varijabli uobičajeno se definira za najnepovoljniji, najvjerojatniji i najpovoljniji scenarij. Za tako definirane scenarije odrede se čiste sadašnje vrijednosti projekta, a vjerojatnost njihova ostvarenja definira se parametrima normalne distribucije. Pa tako, najvjerojatnijem scenariju uobičajeno se dodijeli vjerojatnost ostvarenja od 50 %, dok se krajnjim scenarijima dodijeli vjerojatnost ostvarenja od 25 %.<sup>49</sup>

Izračun očekivanog iznosa čiste sadašnje vrijednosti, uvažavajući prethodno navedene parametre normalne distribucije, moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>50</sup>

---

<sup>46</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmmedia, str. 251-253.

<sup>47</sup> Ibid., str. 254.

<sup>48</sup> Ibid., str. 254-255.

<sup>49</sup> Ibid., str. 255-256.

<sup>50</sup> Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th Edition. Mason, OH: Thomson South-Western. pp. 434.

$$\overline{NPV} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot NPV_i$$

gdje je:

- $\overline{NPV}$  očekivana čista sadašnja vrijednost projekta,
- $P_i$  vjerojatnost ostvarenja čiste sadašnje vrijednosti,
- $NPV_i$  čista sadašnja vrijednost za odabrani scenarij,
- $i$  scenarij ostvarenja čiste sadašnje vrijednosti,
- $n$  ukupan broj analiziranih scenarija.

Na temelju očekivane čiste sadašnje vrijednosti i onih za pojedine scenarije moguće je izračunati standardnu devijaciju distribucije vjerojatnosti prema sljedećem izrazu:<sup>51</sup>

$$\sigma_{NPV} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_i (NPV_i - \overline{NPV})^2}$$

gdje su varijable jednake onima iz prethodne jednadžbe.

Na kraju, moguće je izračunati i koeficijent varijacije, kao omjer standardne devijacije i očekivane čiste sadašnje vrijednosti projekta, na slijedeći način:<sup>52</sup>

$$V_{NPV} = \frac{\sigma_{NPV}}{\overline{NPV}}$$

gdje su varijable također jednake onima iz prethodne jednadžbe.

Temeljni nedostatak analize scenarija je taj što se oslanja na ograničen broj scenarija, tako da proizvodi tek nekoliko diskretnih čistih sadašnjih vrijednosti investicijskog projekta, dok je u realnosti moguć gotovo neograničen raspon čistih sadašnjih vrijednosti projekta.<sup>53</sup>

---

<sup>51</sup> Ibid., p. 435.

<sup>52</sup> Ibid., p. 435.

<sup>53</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmmedia, str. 257-258.

### 3. ENERGETSKA OPORABA U OKVIRU ODRŽIVOG SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM REPUBLIKE HRVATSKE

#### 3.1 Polazišna osnova za uspostavu održivog sustava gospodarenja otpadom

##### 3.1.1 Prelazak na kružno gospodarstvo

Uspostava održivog i konkurentnog gospodarstva, s niskim emisijama ugljika, te korištenje resursima na učinkovit način jedan je od temeljnih ciljeva politike Europske unije. S tim u vezi, još krajem 2015. godine, Europska komisija usvojila je prvi akcijski plan za prelazak s linearnog na kružno gospodarstvo. Za razliku od linearnog, temeljno obilježje kružnog gospodarstva je zadržavanje vrijednosti proizvoda, materijala i resursa što je dulje moguće u gospodarstvu, dok se stvaranje otpada svodi na najmanju moguću mjeru (slika 1). Akcijskim planom je usvojen program djelovanja koji obuhvaća cijeli životni vijek proizvoda tj. od njegove proizvodnje i uporabe, do gospodarenja otpadom i uspostave tržišta sekundarnim sirovinama. Pritom valja istaknuti da uređenje sustava gospodarenja otpadom na održiv način ima središnje mjesto u prelasku na kružno gospodarstvo jer način postupanja s otpadom u praksi određuje razinu kružnosti.<sup>54</sup>

Slika 1

#### SHEMATSKI PRIKAZ KRUŽNOG GOSPODARSTVA



Izvor: Europski parlament (2021.), Kružno gospodarstvo: Definicija, vrijednosti i korist, preuzeto 21. svibnja 2021. s <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/economy/20151201STO05603/kruzno-gospodarstvo-definicija-vrijednosti-i-korist>

<sup>54</sup> European Commission (2015). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy* [EPub]. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>

Da je Europska komisija odlučna u vezi s prelaskom na kružno gospodarstvo potvrđuje i činjenica da je 2020. godine usvojen novi akcijski plan, a koji sadrži niz inicijativa za povećanje održivosti proizvoda, usluga i poslovnih modela te promjenu obrasca ponašanja u cilju stvaranja društva bez otpada. Iako se planom podrazumijeva prelazak na kružno gospodarstvo u svim sektorima, ključnima se smatraju resursno intenzivni sektori kao što su elektronika i informacijsko komunikacijska tehnologija, baterije i vozila, ambalaža, plastika, tekstil, građevinarstvo te hrana, voda i hranjive tvari. U pogledu gospodarenja otpadom fokus je na sprječavanju nastanka otpada, povećanju udjela recikliranja, promicanju sigurnijih i čistijih tokova otpada te visokokvalitetnom recikliranju. Također, sprječavanjem nezakonitog izvoza otpada u treće države potaknut će se povećanje kapaciteta za recikliranje, a samim time i dodavanje vrijednosti otpadu, unutar granica Europske unije.<sup>55</sup>

Novi akcijski plan za kružno gospodarstvo sastavni je dio Europskog zelenog plana, a čiji je temeljni cilj pretvoriti Europsku uniju u pravedno i prosperitetno društvo s modernim, resursno učinkovitim i konkurentnim gospodarstvom, bez emisija stakleničkih plinova u 2050. godini, u kojemu gospodarski rast nije povezan s upotrebom resursa.<sup>56</sup>

### 3.1.2 Osnova održivog sustava gospodarenja otpadom

Zajednička osnova održivog sustava gospodarenja otpadom u Europskoj uniji, a temeljem koje je moguće osigurati najveću razinu kružnosti u gospodarstvu, definirana je još davne 2008. godine, kada je člankom 4, direktive o otpadu, usvojen red prvenstva gospodarenja otpadom (slika 2).<sup>57</sup> Zbog obveze usklađivanja nacionalnog zakonodavstva s europskom pravnom stečevinom, red prvenstva gospodarenja otpadom je također prenesen u nedavno usvojen novi Zakon o gospodarenju otpadom.<sup>58</sup>

---

<sup>55</sup> European Commission (2020). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan: For cleaner and more competitive Europe* [EPub]. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>

<sup>56</sup> European Commission (2019). *Communication from the Commission: The European Green Deal* [EPub]. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-green-deal_en)

<sup>57</sup> Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance), OJ L 312 (2008). Article 4. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>

<sup>58</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 6. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

Slika 2

## RED PRVENSTVA GOSPODARENJA OTPADOM



Izvor: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), O otpadu, redu prvenstva i nadležnostima, preuzeto 12. svibnja 2021. s <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-registri-oneciscavanja-i-ostali-sektorski-pritisci/gospodarenje-otpadom/o>

Prema usvojenom redu prvenstva gospodarenja otpadom, sprječavanje nastanka otpada je najpoželjnija opcija dok je njegovo zbrinjavanje najmanje poželjno. Sve druge opcije gospodarenja otpadom podrazumijevaju neki od postupaka njegove oporabe.

Oporabom otpada smatra se svaki postupak koji rezultira uporabom otpada u korisne svrhe, kao zamjena za druge sirovine koje bi inače bile upotrijebljene u tu istu svrhu, uključujući i postupak pripreme tog otpada. Pritom je moguće razlikovati materijalnu od energetske oporabe otpada. Materijalna oporaba otpada podrazumijeva svaki postupak oporabe koji ne uključuje energetska oporabu i preradu otpada u gorivo, a prema redu prvenstva uključuje pripremu otpada za ponovnu uporabu i njegovo recikliranje. Energetska oporaba otpada podrazumijeva postupak spaljivanja tog otpada uz uporabu tako proizvedene topline u korisne svrhe.<sup>59</sup> Prema redu prvenstva, energetska oporaba pripada drugim postupcima oporabe otpada, a koji još mogu uključivati anaerobnu razgradnju otpada (proizvodnja bioplina),

<sup>59</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)



nasipavanje iskopanih površina otpadom prilikom krajobraznog uređenja te druge termičke procese poput pirolize, rasplinjavanja ili plazma procesa.<sup>60</sup>

Kako bi se zbrinjavanje otpada, a koje uobičajeno podrazumijeva odlaganje ili spaljivanje otpada bez uporabe tako proizvedene topline u korisne svrhe, svelo na najmanju moguću mjeru, države članice Europske unije imaju pravo usvojiti ekonomske (npr. naknade za odlaganje otpada ili spaljivanje otpada bez uporabe topline u korisne svrhe) i druge mjere (npr. administrativna ograničenja i slično). Usvajanjem tih mjera istodobno će se potaknuti sprječavanje nastanka otpada i njegovo recikliranje.<sup>61</sup>

### 3.1.3 Opći ciljevi gospodarenja otpadom

Ciljevi gospodarenja otpadom na razini Europske unije odnose se primarno na razinu uporabe otpada recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu. Postavljeni su na način da podržavaju postupni prelazak na kružno gospodarstvo, a glase:<sup>62</sup>

- najmanje 55 % mase komunalnog otpada mora se oporabiti recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu do 2025. godine,
- najmanje 60 % mase komunalnog otpada mora se oporabiti recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu do 2030. godine, te
- najmanje 65 % mase komunalnog otpada mora se oporabiti recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu do 2035. godine.

Također valja istaknuti da prethodno navedeni ciljevi ujedno predstavljaju i pokazatelje kojima se prati napredak u prelasku na kružno gospodarstvo. Za cjelovito praćenje prelaska na kružno gospodarstvo, lista pokazatelja je proširena na način da se pored komunalnog otpada prati i uporaba drugih vrsti otpada kao što su ambalaža, elektronički otpad, biootpad i građevinski otpad, ali i ukupno nastali otpad. Također, pored pokazatelja iz područja gospodarenja

---

<sup>60</sup> Gharfalkar, M., Court, R., Campbell, C., Ali, Z., & Hiller, G. (2015). Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98/EC, *Waste Management*, 39, 305-313.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.007>

<sup>61</sup> Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste (Text with EEA relevance), OJ L 150 (2018). Annex IVa. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0851>

<sup>62</sup> Ibid. Article 10.

otpadom, napredak se prati i pokazateljima iz drugih relevantnih područja kao što su proizvodnja i potrošnja, tržište sekundarnim sirovinama te konkurentnost i inovacije.<sup>63</sup>

## 3.2 Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj

### 3.2.1 Otpad, njegovo porijeklo, svojstvo i količina

Otpadom se u Republici Hrvatskoj podrazumijeva svaka tvar ili predmet koju je njegov posjednik odbacio, namjerava ili mora odbaciti.<sup>64</sup> Otpad je Pravilnikom o katalogu otpada razvrstan u dvadeset temeljnih grupa (tablica 1). Svaka grupa ima pripadajuću podgrupu, a unutar koje su definirane posebne vrste otpada. Svakoj vrsti otpada dodijeljen je odgovarajući ključni broj. Radi se šesteroznamenkastom broju koji označava grupu, podgrupu i vrstu otpada. Kada se radi o opasnoj vrsti otpada, ona je posebno označena zvjezdicom.<sup>65</sup> Dodjeljivanje ispravnog ključnog broja otpadu od iznimne je važnosti jer se samo tako može osigurati sigurno gospodarenje istim.<sup>66</sup> Ukupno je definirano preko osamsto vrsti otpada, ali njihova detaljnija analiza nije svrsishodna za izradu ovog poslijediplomskog specijalističkog rada.

Tablica 1

#### TEMELJNE GRUPE OTPADA

RB	Grupa otpada
1	Otpada koji nastaje pri istraživanju, eksploiranju i fizikalno-kemijskoj obradi mineralnih sirovina
2	Otpad iz poljoprivrede, hortikulture, proizvodnje vodenih kultura, šumarstva, lovstva i ribarstva, pripremanja i prerade hrane
3	Otpad od prerade drveta i proizvodnje drvenih panela i namještaja, celuloze, papira i kartona
4	Otpad i kožarske, krznarske i tekstilne industrije
5	Otpad od rafiniranja nafte, pročišćavanja prirodnog plina i pirolitičke obrade ugljena
6	Otpad iz anorganskih kemijskih procesa
7	Otpad iz organskih kemijskih procesa

<sup>63</sup> Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K. ... Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation & Recycling*, 146, 452-461.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>

<sup>64</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

<sup>65</sup> Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine br. 90/15. (2015.), članak 3., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_08\\_90\\_1757.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_90_1757.html)

<sup>66</sup> Agencija za zaštitu okoliša (2010.), *Upute i pojmovnik za određivanje otpada prema Katalogu otpada* [e-publikacija], preuzeto s [https://www.zgceste.hr/UserDocsImages/katalog\\_otpada.pdf](https://www.zgceste.hr/UserDocsImages/katalog_otpada.pdf)

RB	Grupa otpada
8	Otpad od proizvodnje, formulacije, dobave i uporabe prevlaka (boje, lakovi i staklasti emajli), ljepila, sredstva za brtvljenje i tiskarskih tinta
9	Otpad iz fotografske industrije
10	Otpad iz termičkih procesa
11	Otpad od kemijske površinske obrade i prevlačenja metala i drugih materijala, hidrometalurgije obojenih metala
12	Otpad iz mehaničkog oblikovanja te fizikalne i mehaničke površinske obrade metala i plastike
13	Otpadna ulja i otpad od tekućih goriva
14	Otpad od organskih otapala, rashladnih i potisnih tvari
15	Otpadna ambalaža, apsorbenzi, tkanine za brisanje, filtarski materijali i zaštitna odjeća koja nije specificirana na drugi način
16	Otpad koji nije drugdje specificiran u katalogu
17	Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija)
18	Otpad koji nastaje kod zaštite zdravlja ljudi i životinja i/ili srodnih istraživanja
19	Otpad iz građevina za gospodarenje otpadom, uređaja za pročišćavanje otpadnih voda izvan mjesta nastanka i pripremu pitke vode i vode za industrijsku uporabu
20	Komunalni otpad (otpada iz kućanstva i slični otpad iz ustanova i trgovinskih i proizvodnih djelatnosti) uključujući odvojeno sakupljane sastojke komunalnog otpada

Izvor: Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine br. 90/15. (2015.), Dodatak I., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_08\\_90\\_1757.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_90_1757.html)

Za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, prikladnije je otpad kategorizirati prema njegovu porijeklu i svojstvu. Prema porijeklu razlikuje se komunalni od proizvodnog otpada dok se prema svojstvu razlikuje opasan od neopasnog otpada, a koji uključuje i inertni otpad. Više informacija o komunalnom i ostalom otpadu, uključujući njihov prekogranični promet, dano je u nastavku.

### Komunalni otpad

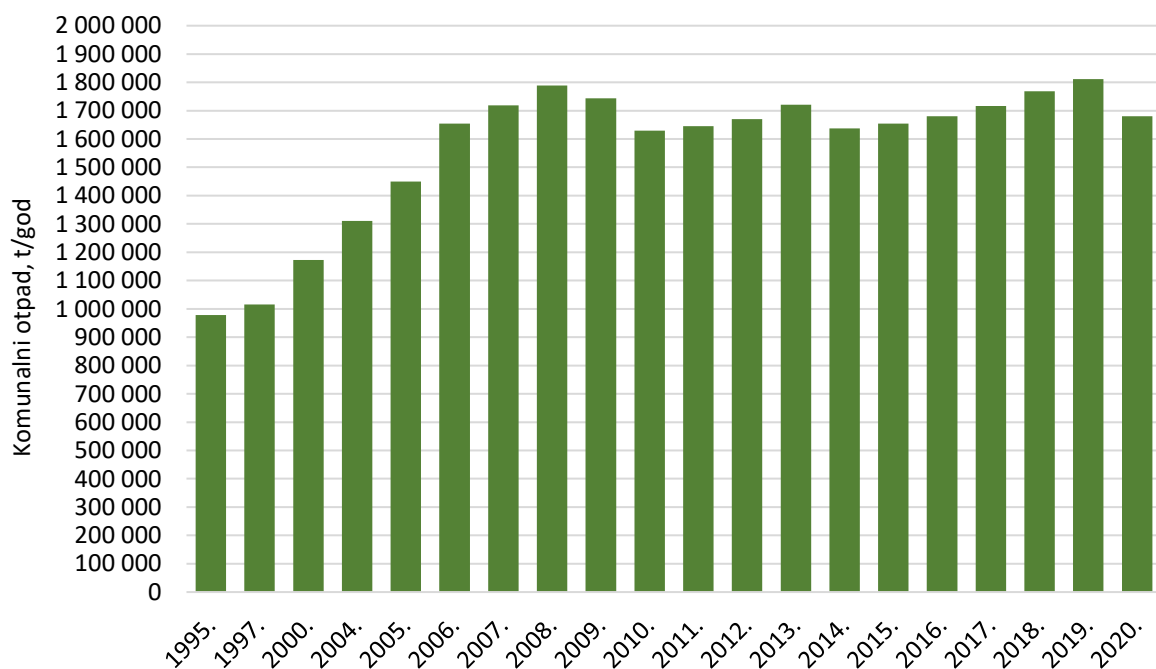
Komunalni otpad je, prema definiciji iz Zakona o gospodarenju otpadom, miješani komunalni otpad i odvojeno sakupljeni otpad iz kućanstva, uključujući papir i karton, staklo, metal, plastiku, biooptad, drvo, tekstil, ambalažu, otpadnu elektroničnu i elektroničku opremu, otpadne baterije i akumulatore, glomazni otpad, uključujući madrace i namještaj te miješani i

odvojeno sakupljeni otpad iz drugih izvora, ako je po prirodi i sastavu sličan onome iz kućanstva.<sup>67</sup>

Prema posljednjim službenim podacima, dostupnima tijekom izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, sakupljanje komunalnog otpada organizirano je za 99 % stanovništva Republike Hrvatske. U 2020. godini proizvedeno je 1 680 428 t komunalnog otpada, čime je prekinut višegodišnji trend povećanja količine komunalnog otpada (slika 3).<sup>68</sup>

Slika 3

### KOMUNALNI OTPAD



Izvor: Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izvešće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 12., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)

Nažalost, smanjenje nastanka komunalnog otpada nije rezultat prelaska na kružno gospodarstvo već nepovoljnog utjecaja pandemije bolesti COVID-19, uzrokovane virusom

<sup>67</sup> Zakon o gospodarenju otpadom Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

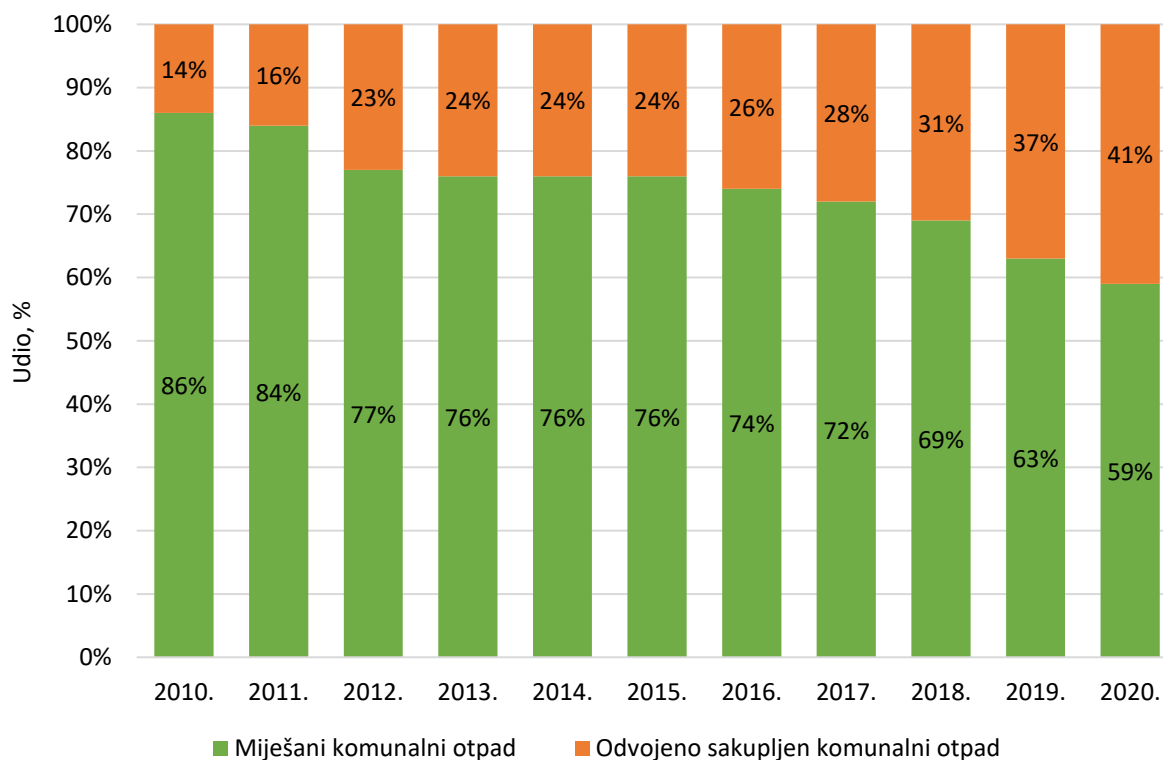
<sup>68</sup> Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izvešće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 11-12., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)

SARS-CoV-2, na turizam i uslužni sektor u Republici Hrvatskoj te povećanja preciznosti, odnosno kvalitete, dostavljenih podataka u vezi s nastankom otpada.<sup>69</sup>

Komunalni otpad još uvijek, najvećim dijelom, čini nerazvrstani odnosno miješani komunalni otpad, a koji prema definiciji iz Zakona o gospodarenju otpadom podrazumijeva otpad iz kućanstva i otpad iz drugih izvora koji je po svom sastavu sličan otpadu iz kućanstva.<sup>70</sup> Posljednjih godina primjetan je trend smanjenja miješanog komunalnog otpada zbog povećanja odvojeno sakupljenih vrsti komunalnog otpada (slika 4).

Slika 4

#### MIJEŠANI I ODVOJENO SAKUPLJENI KOMUNALNI OTPAD



Izvor: Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izvešće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 15., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izvie%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izvie%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)

Također, s povećanjem odvojeno sakupljenih vrsti komunalnog otpada primjetan je i trend povećanja njegove uporabe, odnosno smanjenja njegova odlaganja na odlagalištu (slika 5).

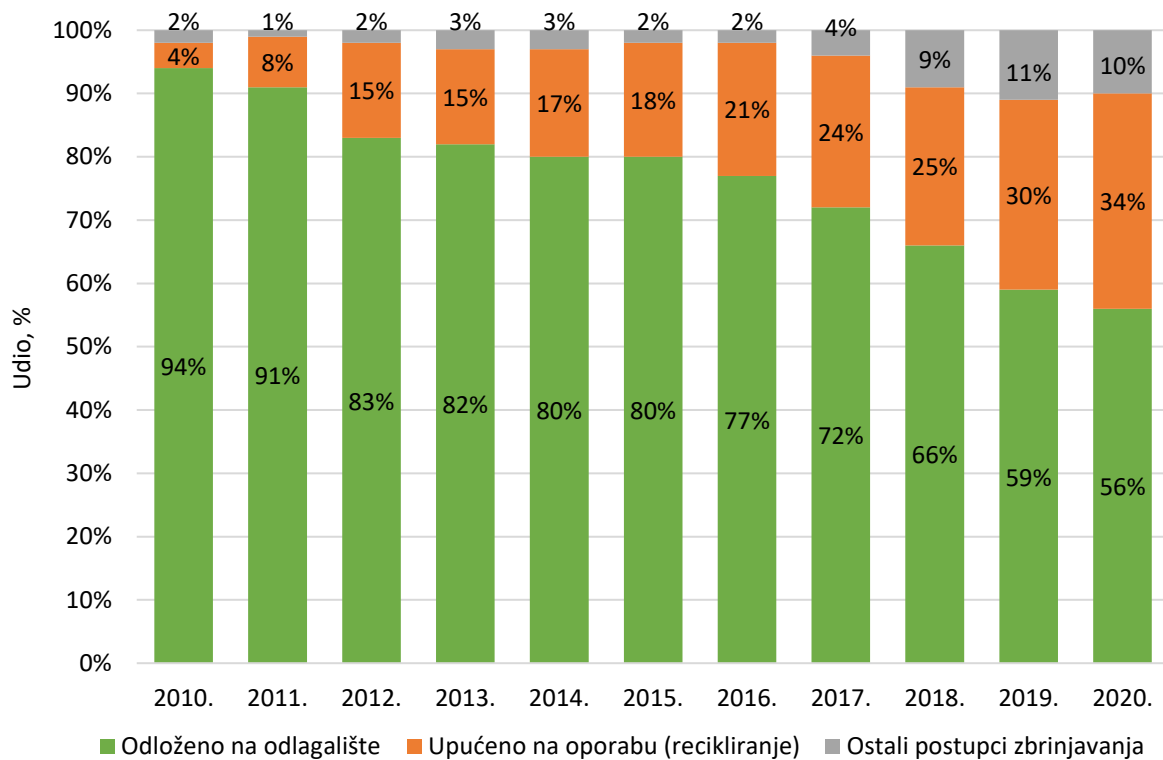
<sup>69</sup> Ibid., str. 12.

<sup>70</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

Pritom valja istaknuti da je u 2020. godini na daljnju uporabu, točnije recikliranje, upućeno svega 34 % komunalnog otpada.

Slika 5

#### POSTUPANJE S KOMUNALNIM OTPADOM



Izvor: Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izvešće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 17., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izve%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2\\_021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izve%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2_021.pdf)

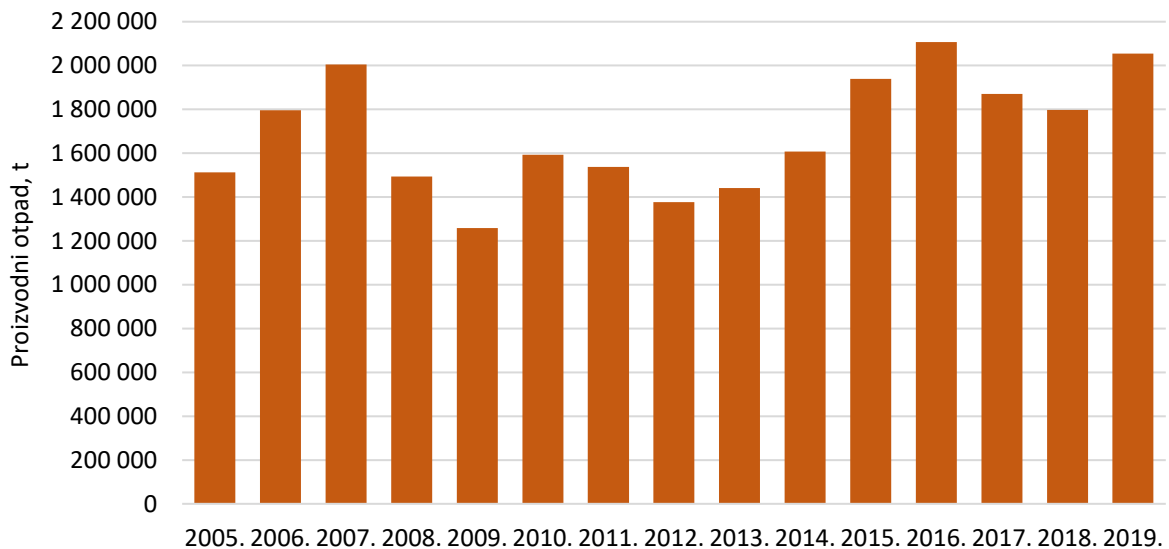
#### Proizvodni otpad

Novi Zakon o gospodarenju otpadom, usvojen 2021. godine, više ne sadrži definiciju pojma proizvodni otpad. Definicija je izbačena iz pragmatičnih razloga jer implicira na manji broj obuhvaćenih vrsti otpada, nego što to stvarno jest. Međutim, kako se radi o dobro uvriježenom pojmu, često korištenom u raznim javno dostupnim dokumentima, istim se koristilo i za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada. Pritom valja istaknuti da se radi o ostalom otpadu koji nije moguće svrstati u komunalni otpad, pri čemu se pored otpada iz proizvodnje podrazumijeva i otpad iz poljoprivrede, šumarstva, ribarstva, septičkih

jama i kanalizacije te uređaja za obradu otpadnih voda, uključujući kanalizacijski mulj, otpadna vozila i građevni otpad.<sup>71</sup>

Slika 6

#### PROIZVODNI OTPAD



Izvori: Autorova interpretacija prema slijedećim izvorima:

1. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar onečišćavanja okoliša na dan: 20.1.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://roo.azo.hr/#>
2. Crnjak Thavenet, A., Beuk, M., Šimunović, M., Graovac, G. i Kolarić I. (2018.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2017. godinu* [e-publikacija], str. 135., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjescia/Izvjescie\\_ROO\\_2017.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjescia/Izvjescie_ROO_2017.pdf)
3. Beuk, M., Šimunović, M., Graovac, G., Kolarić, I. i Vranar, Z. (2017.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2016. godinu* [e-publikacija], str. 171., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjescia/Izve%C5%A1%C4%87e\\_ROO\\_2016.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjescia/Izve%C5%A1%C4%87e_ROO_2016.pdf)
4. Šikanić, T. Beuk, M., Šimunović, M. i Graovac, G. (2016.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2015. godinu* [e-publikacija], str. 125., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjescia/Izvjescie\\_ROO\\_2015.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjescia/Izvjescie_ROO_2015.pdf)
5. HAOP (2016.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2014. godinu* [e-publikacija], str. 129. preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjescia/Izvjescie\\_ROO\\_2014.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjescia/Izvjescie_ROO_2014.pdf)
6. Odluka o donošenju plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 11., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

Prema neslužbenim podacima, za 2019. godinu, u Registar onečišćavanja okoliša prijavljeno je 2 053 910 t proizvodnog otpada. Razlike u godišnjim količinama proizvodnog otpada (slika 6) ponajviše su posljedica gospodarskih kretanja, ali i izmjene metodologije prijave podataka, od

<sup>71</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

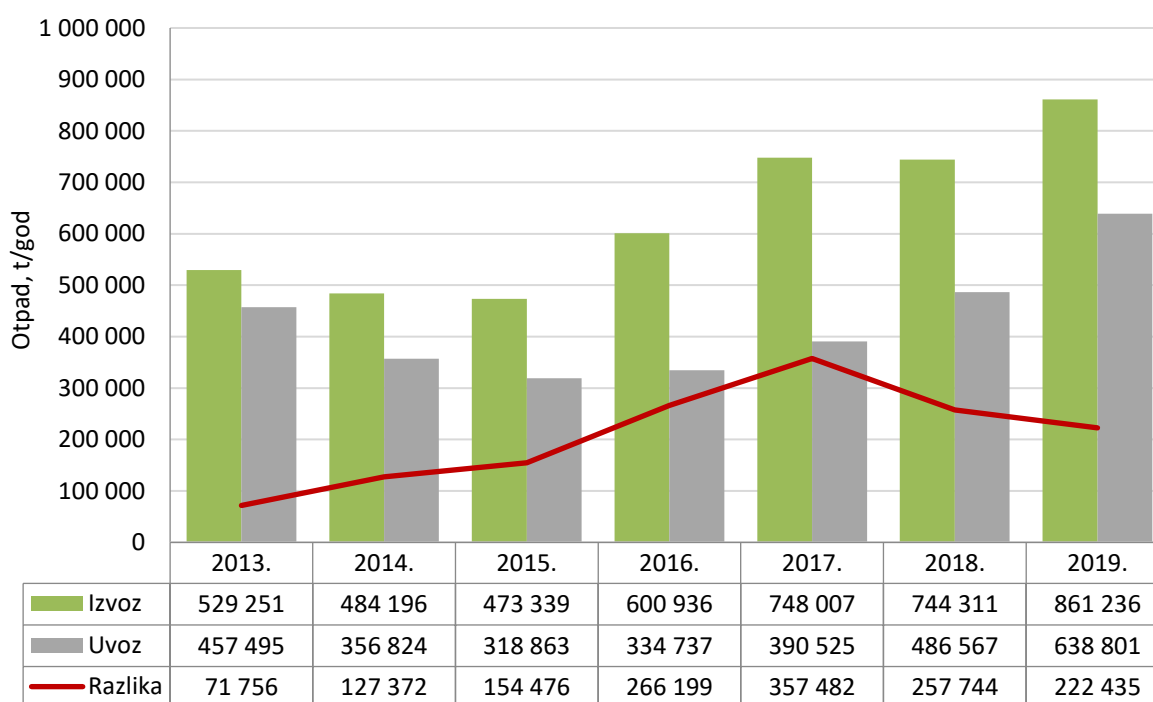
2008. godine nadalje, kao što je primjerice isključivanje ostataka od istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina koji ostaju na lokaciji i nusproizvoda životinjskog podrijetla. Od ukupne količine proizvodnog otpada 95 % je u prosjeku klasificirano kao neopasni otpad dok je preostalih 5 % klasificirano kao opasni otpad.<sup>72</sup> Neopasni otpad se uglavnom odlaže na odlagališta neopasnog otpada dok se opasni otpad uglavnom izvozi.<sup>73</sup>

### Prekogranični promet otpada

Pored prethodno navedenih količina komunalnog i proizvodnog otpada kojima se gospodari u Republici Hrvatskoj, prisutan je i prekogranični promet otpada. Rezultati provedene analize prekograničnog prometa otpada pokazuju da je, u svim godinama promatranja, prisutan neto izvoz otpada (slika 7).

Slika 7

#### PREKOGRANIČNI PROMET OTPADA



Izvor: Vešligaj, G. (2021.), *Izvešće o prekograničnom prometu otpada u 2019. godini* [e-publikacija], str. 4., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP\\_IzvjesciA1%C4%87e%20o%20prekograni%C4%8Dnom%20prometu%20otpada%202019%20web.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP_IzvjesciA1%C4%87e%20o%20prekograni%C4%8Dnom%20prometu%20otpada%202019%20web.pdf)

<sup>72</sup> Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar onečišćavanja okoliša na dan: 20.1.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://roo.azo.hr/#>

<sup>73</sup> Odluka o donošenju plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 11., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)



U pogledu općih zahtjeva u vezi s prekograničnim prometom otpada, zakonom je zabranjeno uvoziti opasni otpad, miješani komunalni otpad i ostatke od spaljivanja otpada u cilju njihova zbrinjavanja na teritoriju Republike Hrvatske. Također je zabranjeno uvoziti i miješani komunalni otpad radi korištenja u energetske svrhe.<sup>74</sup> U slučaju postojanja dostatnih kapaciteta za materijalnu oporabu, prednost pred izvozom otpada ima materijalna oporaba u Republici Hrvatskoj. Također, za potrebe energetske oporabe otpada, prednost pred uvozom ima korištenje otpadom proizvedenim u Republici Hrvatskoj.<sup>75</sup>

### Ukupni otpad

U trenutku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, ukupnu količinu otpada kojom se gospodarilo u Republici Hrvatskoj tijekom 2020. godine nije bilo moguće procijeniti jer relevantni podaci nisu bili javno dostupni. Međutim, prema podacima iz Registra onečišćavanja okoliša, tijekom 2019. godine gospodarilo se s oko 4,1 milijun tona otpada (tablica 2).<sup>76</sup> Iz priložene tablice moguće je zaključiti da je, prema njegovom svojstvu, 96 % otpada bilo neopasno dok je opasnog bilo svega 4 %.

Tablica 2

#### UKUPNI OTPAD U REPUBLICI HRVATSKOJ

Otpad prema porijeklu i svojstvu	2015	2016	2017	2018	2019
	t	t	t	t	t
<b>Komunalni otpad</b>	<b>1 653 917</b>	<b>1 679 763</b>	<b>1 716 440</b>	<b>1 768 410</b>	<b>1 811 617</b>
Neopasni	1 634 210	1 645 133	1 688 024	1 740 139	n.p.
Opasni	19 707	34 630	28 416	28 271	n.p.
<b>Proizvodni otpad</b>	<b>1 939 376</b>	<b>2 107 017</b>	<b>1 869 791</b>	<b>1 797 558</b>	<b>2 053 910</b>
Neopasni	1 844 368	2 007 816	1 780 090	1 704 752	1 955 013
Opasni	95 008	99 201	89 701	92 805	98 897*
<b>Neto izvoz</b>	<b>154 476</b>	<b>266 199</b>	<b>357 482</b>	<b>257 744</b>	<b>222 435</b>
Neopasni	136 051	248 566	336 927	234 831	200 573

<sup>74</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/2021. (2021.), članak 117., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

<sup>75</sup> Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2019.), *Izvešće o prekograničnom prometu otpada u 2018. godini* [e-publikacija], str. 2., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP\\_Izvie%C5%A1%C4%87e\\_Prekograni%C4%8Dni\\_2018%20\(final%20za%20web\).pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP_Izvie%C5%A1%C4%87e_Prekograni%C4%8Dni_2018%20(final%20za%20web).pdf)

<sup>76</sup> Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar onečišćavanja okoliša na dan: 20.1.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://roo.azo.hr/rpt.html>

Otpad prema porijeklu i svojstvu	2015	2016	2017	2018	2019
	t	t	t	t	t
Opasni	18 425	17 633	20 555	22 913	21 862
<b>Ukupno</b>	<b>3 747 769</b>	<b>4 052 979</b>	<b>3 943 713</b>	<b>3 823 712</b>	<b>4 087 962</b>
Neopasni	3 614 629	3 901 515	3 805 041	3 679 722	n.p.
Opasni	133 140	151 464	138 672	143 989	n.p.
*podatak iz Registra onečišćavanja okoliša (neslužbeno)					
n.p. – nema podataka					

Izvor: Autorova interpretacija

### 3.2.2 Nacionalni ciljevi gospodarenja otpadom na održiv način

Nacionalni ciljevi definirani su Zakonom o gospodarenju otpadom. Za 2020. godinu preuzeti su iz prethodnog zakona i podrazumijevaju ograničenje odlaganja biorazgradivog komunalnog otpada na iznos 264 661 t, odnosno 35 % u odnosu na masu biorazgradivog komunalnog otpada nastalog 1997. godine, minimalnu stopu recikliranja papira, stakla, plastike i metala iz kućanstva od 50 % te minimalnu stopu materijale oporabe građevnog otpada od 70 %.<sup>77</sup> Za usporedbu, u 2020. godini odloženo je 596 013 t biorazgradivog otpada, dok je reciklirano svega 34 % komunalnog otpada, čime se može zaključiti da ciljevi nisu ostvareni.<sup>78</sup> Kao temeljni uzroci neostvarenja tih ciljeva navode se:<sup>79</sup>

- slabo planiranje gospodarenja otpadom,
- nedovoljni poticaji za primjenu reda prvenstva gospodarenja otpadom,
- nedostatno odvojeno sakupljanje otpada,
- nejasna raspodjela zadataka,
- nedostatak koordinacije među administrativnim tijelima,
- nedostatni provedbeni kapaciteti.

<sup>77</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 54. i 55., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

<sup>78</sup> Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izješće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 17-18., preuzeto s [http://www.hoop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.hoop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)

<sup>79</sup> European Commission (2019). *The Environmental Implementation Review 2019: Country Report Croatia* [EPub]. p. 7. Retrieved from [https://ec.europa.eu/environment/eir/pdf/report\\_hr\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eir/pdf/report_hr_en.pdf)

U trenutku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, relevantni podaci o stopi materijalne uporabe građevnog otpada za 2020. godinu nisu bili dostupni, ali na temelju podataka za 2019. godinu, kada je ta stopa iznosila 67,3 %, moguće je zaključiti da je cilj gotovo pa ostvaren.<sup>80</sup>

Pored prethodno navedenih nacionalnih ciljeva tek ostaje za vidjeti hoće li biti ostvareni oni iz, još uvijek važećeg, Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske. Radi se o ciljevima kojima je detaljnije definiran smjer i način unaprjeđenja sustava gospodarenja otpadom, a odnose se na šestogodišnje plansko razdoblje, tj. od 2017. do 2022. godine (tablica 3). Između ostalog, planom su identificirane mjere, ali i investicijski projekti nužni za njegovu provedbu, kao što je izgradnja centara za gospodarenje otpadom, pretovarnih stanica, postrojenja za termičku obradu otpada te odlagališta opasnog i neopasnog inertnog otpada.<sup>81</sup>

Tablica 3

CILJEVI GOSPODARENJA OTPADOM U PLANSKOM RAZDOBLJU 2015.-2022.

RB	Naziv cilja		
Cilj 1	Unaprijediti sustav gospodarenja komunalnim otpadom	Cilj 1.1	Smanjiti ukupnu količinu proizvedenog komunalnog otpada za 5 %
		Cilj 1.2	Odvojeno prikupiti 60 % mase proizvedenog komunalnog otpada (prvenstveno papir, staklo, plastika, metal, biootpad i dr.)
		Cilj 1.3	Odvojeno prikupiti 40 % mase proizvedenog biootpada koji je sastavni dio komunalnog otpada
		Cilj 1.4	Odložiti na odlagališta manje od 25 % mase proizvedenog komunalnog otpada
Cilj 2	Unaprijediti sustav gospodarenja posebnim kategorijama otpada	Cilj 2.1	Odvojeno prikupiti 75 % mase proizvedenog građevnog otpada
		Cilj 2.2	Uspostaviti sustav gospodarenja otpadnim muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda
		Cilj 2.3	Unaprijediti sustav gospodarenja otpadnom ambalažom
		Cilj 2.4	Uspostaviti sustav gospodarenja morskim otpadom
		Cilj 2.5	Uspostaviti sustav gospodarenja otpadnim brodovima, podrtinama i potonulim stvarima na morskom dnu
		Cilj 2.6	Unaprijediti sustav gospodarenja ostalim posebnim kategorijama otpada

<sup>80</sup> Kufirin, J. (2020.), *Izvešće o gospodarenju građevnim otpadom u 2019. godini* [e-publikacija], str. 31-32., preuzeto s [http://www.hoop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP\\_Gradjevni\\_izvjesce\\_2019.pdf](http://www.hoop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP_Gradjevni_izvjesce_2019.pdf)

<sup>81</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 1-71., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

RB	Naziv cilja
Cilj 3	Unaprijediti sustav gospodarenja opasnim otpadom
Cilj 4	Sanirati lokacije onečišćene otpadom
Cilj 5	Kontinuirano provoditi izobrazno-informativne aktivnosti
Cilj 6	Unaprijediti informacijski sustav gospodarenja otpadom
Cilj 7	Unaprijediti nadzor nad gospodarenjem otpadom
Cilj 8	Unaprijediti upravne postupke u gospodarenju otpadom

Izvor: Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 29., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

Nadalje, nacionalni ciljevi za buduće razdoblje također su definirani Zakonom o gospodarenju otpadom. Pa tako, pored cilja smanjenja količine komunalnog otpada koji se smije odložiti na odlagalište, preostali se ciljevi odnose na stopu uporabe recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu za različite vrste otpada, kao što su komunalni otpad, otpadni plastični proizvodi za jednokratnu uporabu, otpadna vozila, otpadne baterije i akumulatori, otpadna električna i elektronička oprema, otpadna ambalaža, otpadne gume i otpadno ulje. Za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, u kontekstu kasnije procjene raspoloživosti goriva iz otpada (poglavlje 3.3.4), svrsishodno je istaknuti slijedeće ciljeve:<sup>82</sup>

- Ciljevi za komunalni otpad
  - najmanje 55 % mase komunalnog otpada mora se oporabiti recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu do 2025. godine,
  - najmanje 60 % mase komunalnog otpada mora se oporabiti recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu do 2030. godine,
  - najmanje 65 % mase komunalnog otpada mora se oporabiti recikliranjem i pripremom za ponovnu uporabu do 2035. godine,
- Ciljevi za otpadnu ambalažu
  - najmanje 65 % mase ambalažnog otpada mora se reciklirati do 2025. godine, od toga barem 50 % plastike, 25 % drveta, 70 % neobojenih metala, 50 % aluminijske, 70 % stakla i 75 % papira i kartona,

<sup>82</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 54. do 62., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

- najmanje 70 % mase ambalažnog otpada mora se reciklirati do 2030. godine, od toga barem 55 % plastike, 30 % drveta, 80 % nebojenih metala, 60 % aluminijska, 75 % stakla i 85 % papira i kartona,
- Ciljevi za otpadne plastične proizvode za jednokratnu uporabu
  - najmanje 77 % mase boca za napitke stavljenih na tržište, uključujući njihove čepove i poklopce, mora se odvojeno sakupiti do 2025. godine,
  - najmanje 90 % mase boca za napitke stavljenih na tržište, uključujući njihove čepove i poklopce, mora se odvojeno sakupiti do 2029. godine.
- Ciljevi za odlaganje otpada
  - najviše 10 % mase od ukupno proizvedenog komunalnog otpada smije se odložiti do 2035. godine.

### 3.2.3 Infrastrukturna osnova održivog sustava gospodarenja otpadom

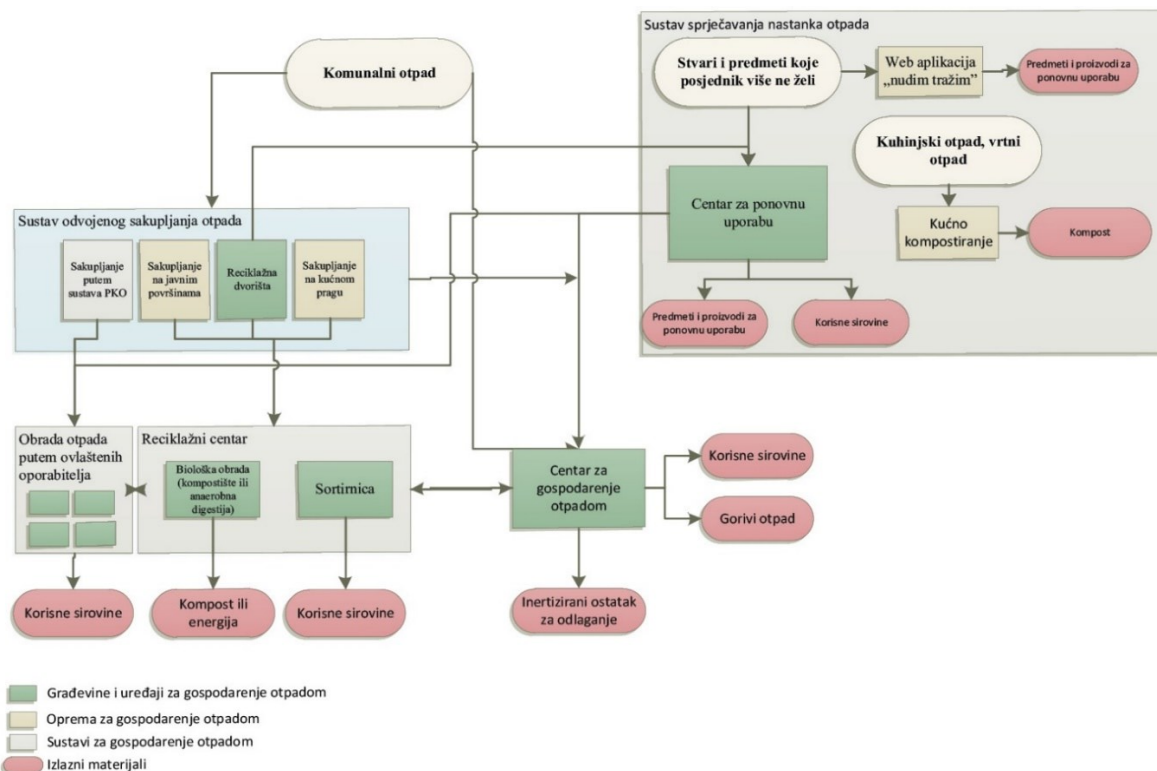
Kako bi se zaustavio trend povećanja komunalnog otpada, povećala stopa odvojenog prikupljanja i recikliranja otpada te smanjila količina odloženog biorazgradivog komunalnog otpada nužno je uspostaviti održiv sustav gospodarenja otpadom (slika 8). Takav sustav poticajan je za sprječavanje nastanka otpada i odvajanje otpada na mjestu njegova nastanka, a čini ga infrastruktura koja omogućava učinkovitu primjenu reda prvenstva gospodarenja otpadom (poglavlje 3.1.2) te ispunjavanje prethodno navedenih nacionalnih ciljeva gospodarenja otpadom (poglavlje 3.2.2).<sup>83</sup>

---

<sup>83</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 32., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

Slika 8

## HEMATSKI PRIKAZ ODRŽIVOG SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM



Izvor: Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 33., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

U cilju maksimizacije sprječavanja nastanka otpada i omogućavanja pripreme za ponovnu uporabu nužno je uspostaviti mrežu centara za ponovnu uporabu te osigurati opremu za kućno kompostiranje.<sup>84</sup> Uspostava mreže centara za ponovnu uporabu imat će ključnu ulogu u sprječavanju nastanka otpada jer je njihova temeljna djelatnost sakupljanje, obnova i ponovna distribucija proizvoda koji bi u protivnom postali otpad.<sup>85</sup> S obzirom na udio biootpada u miješanom komunalnom otpadu od 37 %, kućno kompostiranje također može bitno doprinijeti smanjenju količine otpada koji je potrebno kasnije zbrinuti.<sup>86</sup>

<sup>84</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 3., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

<sup>85</sup> Tornavacca, A., Genova, S., Orzes, E. i Galović, M. (2016.), *Smjernice za ponovnu uporabu u Republici Hrvatskoj* [e-publikacija], str. 1-51. preuzeto s [https://www.fzoeu.hr/docs/smjernice\\_za\\_ponovnu\\_uporabu\\_v2.pdf](https://www.fzoeu.hr/docs/smjernice_za_ponovnu_uporabu_v2.pdf)

<sup>86</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 13., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

Komunalni otpad koji nije moguće spriječiti nužno je odvojeno sakupiti. Za učinkovito odvojeno sakupljanje otpada nužno je osigurati zasebne spremnike na mjestu njegova nastanka, na javnim površinama te izgraditi dovoljan broj reciklažnih dvorišta.<sup>87</sup> S tim u vezi potrebno je osigurati spremnike za papir, plastiku, staklo, metal i biootpad. U reciklažnim dvorištima, kao građevinama namijenjenima odvojenom sakupljanju i privremenom skladištenju otpada, sakupljat će se različite vrste otpada.<sup>88</sup> Prema posljednje dostupnim podacima za 2020. godinu, u Republici Hrvatskoj u radu su bila 186 reciklažna dvorišta.<sup>89</sup>

U idućem koraku, odvojeno sakupljeni papir, plastika, staklo i metal predat će se postrojenjima za sortiranje radi povećanja vrijednosti odnosno kvalitete tog otpada te njegove pripreme za recikliranje. Taj će se otpad recikliranjem preraditi u proizvod, materijal ili resurs za izvornu ili drugu namjenu. S druge strane, odvojeno prikupljeni biootpad predat će se postrojenju za biološku obradu koja može podrazumijevati aerobnu digestiju (proizvodnja komposta) ili anaerobnu digestiju (proizvodnja bioplina i digestata).<sup>90</sup> Prema podacima iz Registra dozvola i potvrda za gospodarenje otpadom, dozvolu za recikliranje imalo je 99 pravnih subjekata.<sup>91</sup> Od prethodno navedenih, desetak ih se bavilo kompostiranjem.<sup>92</sup>

Održivi sustav gospodarenja otpadom, pored gospodarenja komunalnim otpadom, podrazumijeva i gospodarenje posebnim kategorijama otpada.<sup>93</sup> Pa tako, dozvolu za odvojeno

---

<sup>87</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 3., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

<sup>88</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

<sup>89</sup> Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izvešće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 33., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izve%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izve%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)

<sup>90</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 3., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

<sup>91</sup> Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar dozvola i potvrda za gospodarenje otpadom na dan: 18.5.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://regdoz.azo.hr/Reports/DozvoleGospodarenjeOtpadom.aspx>

<sup>92</sup> Milanović, Z. (2019., 13. ožujak), Kompostiranje – sušenje – stabilizacija – prioriteti gospodarenja komunalnim otpadom u Hrvatskoj, *Tehnoeko*, preuzeto s <https://www.tehnoeko.com.hr/2395/Kompostiranje-susenje-stabilizacija-prioriteti-gospodarenja-komunalnim-otpadom-u-Hrvatskoj>

<sup>93</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 88., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

sakupljanje posebnih kategorija otpada imalo je 40 pravnih subjekata od kojih je za djelatnost oporabe tog otpada imalo njih 18.<sup>94</sup>

Miješani komunalni otpad, kao posljednja sastavnica komunalnog otpada, uputit će se na mehaničko biološku obradu u centar za gospodarenje otpadom. Centar za gospodarenje otpadom čine građevine i uređaji za obradu, uporabu i zbrinjavanje komunalnog otpada povezani u jedinstvenu funkcionalnu cjelinu. Podrazumijevaju postrojenje za mehaničko biološku obradu otpada, postrojenje za obradu otpadnih voda, odlagalište za preostali otpad te pripadajuću opremu i infrastrukturu.<sup>95</sup>

Inicijalno je bila planirana izgradnja 13 centara za gospodarenje otpadom (slika 9). Međutim, kasnijim politikama odustalo se od izgradnje centra za gospodarenje otpadom Tarno<sup>96</sup>, u Zagrebačkoj županiji, i Doline<sup>97</sup>, u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Od preostalih 11 planiranih centara za gospodarenje otpadom, izgrađena i u radu jesu Mariščina i Kaštijun, u izgradnji su Bikarac i Biljane Donje, u fazi ugovaranja radova jesu Babina Gora, Lečevica, Lučino razdolje i Piškornica dok su Orlovnjak, Šagulje i Zagreb u fazi pripreme projektne dokumentacije za sufinanciranje europskom financijskom pomoći.<sup>98</sup> Također valja istaknuti da je privatnom inicijativom izgrađeno postrojenje za mehaničko biološku obradu u Varaždinu tzv. MBO Varaždin, a koje obavlja aktivnosti slične onima u nacionalnim centrima za gospodarenje otpadom.

---

<sup>94</sup> Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar dozvola i potvrda za gospodarenje otpadom na dan: 18.5.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://regdoz.azo.hr/Reports/DozvoleGospodarenjeOtpadom.aspx>

<sup>95</sup> Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (b.d.), Centri za gospodarenje otpadom, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://www.fzoeu.hr/hr/centri-za-gospodarenje-otpadom/7593>

<sup>96</sup> - (2017., prosinac), Zajednički centar Zagreba i Županije za zbrinjavanje komunalnog otpada, *Županijska kronika*, 113, preuzeto s [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/48/2b/482b2157-dd03-44ad-aa8f-e5fc4f4acb09/zupanijskakronika113.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/48/2b/482b2157-dd03-44ad-aa8f-e5fc4f4acb09/zupanijskakronika113.pdf)

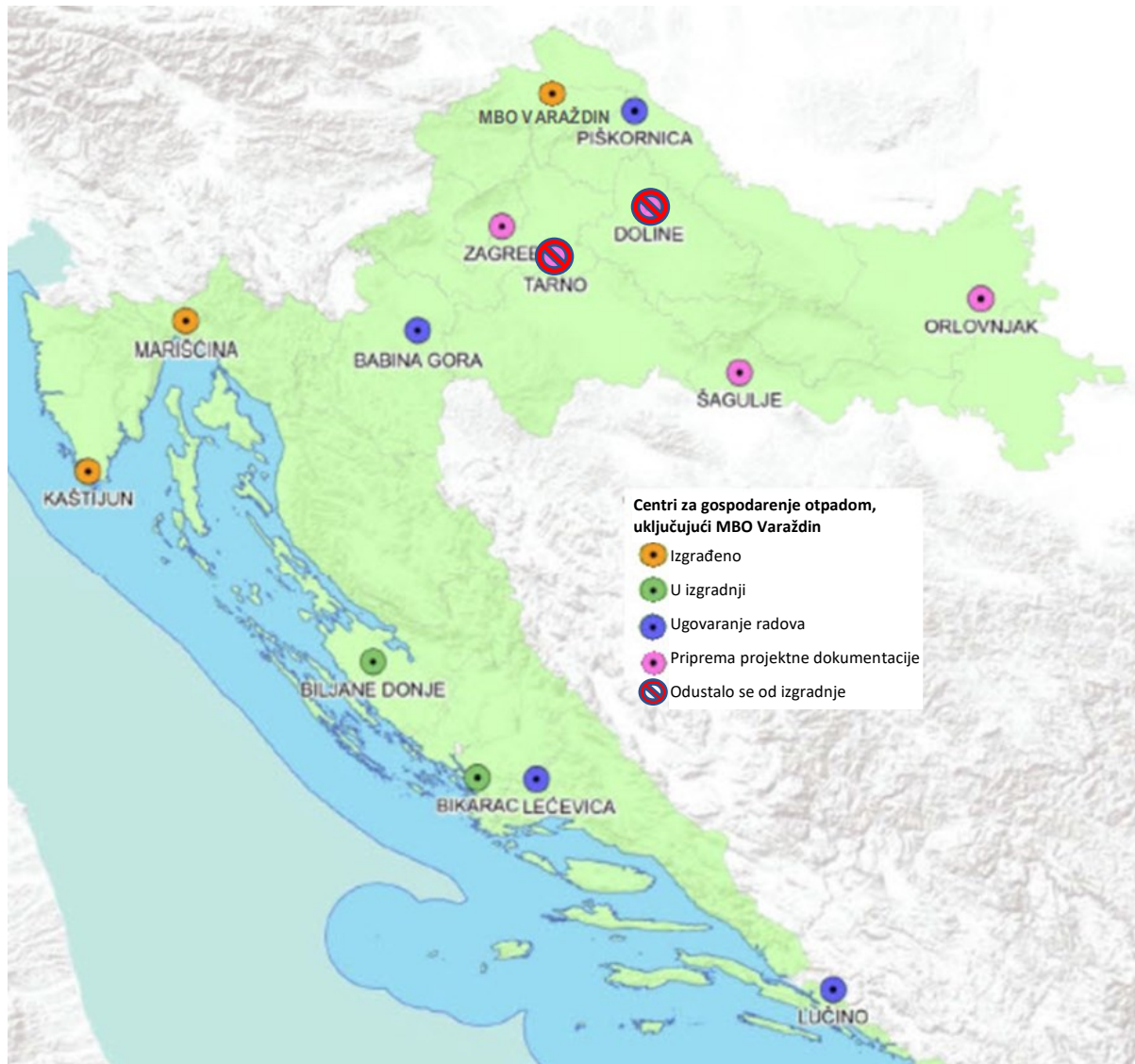
<sup>97</sup> Sobotić, B. (2017.), Priopćenje iz Bjelovarsko-bilogorske županije na posljednje priopćenje Ministarstva zaštite okoliša i energetike, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://bjelovar.info/aktualno/priopcenje-iz-bjelovarsko-bilogorske-zupanije-na-posljednje-priopcenje-ministarstva-zastite-okolisa-i-energetike/> [18. svibnja 2021.]

<sup>98</sup> Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (b.d.), Centri za gospodarenje otpadom, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://www.fzoeu.hr/hr/centri-za-gospodarenje-otpadom/7593>



Slika 9

## NACIONALNI CENTRI ZA GOSPODARENJE OTPADOM I MBO VARAŽDIN



Izvor: Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 2., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

U obuhvatu centara za gospodarenje otpadom valja spomenuti i pretovarne stanice koje podrazumijevaju građevine u kojima se otpad sakuplja, po potrebi priprema i privremeno skladišti, te utovaruje u vozilo većeg kapaciteta namijenjeno prijevozu do centra za gospodarenje otpadom. Drugim riječima, radi se o dislociranom ulazu u centar za gospodarenje otpadom pomoću kojeg se otpad sakuplja na udaljenim lokacijama širom

obuhvata. Broj pretovarnih stanica varira ovisno o području koje centar za gospodarenje otpadom obuhvaća. Planirana je izgradnja ukupno 54 pretovarnih stanica.<sup>99</sup>

Mehaničko biološkom obradom miješanog komunalnog otpada u centrima za gospodarenje otpadom dodatno će se izdvojiti korisne sastavnice iz otpada, kao što su sekundarne sirovine te one sastavnice koje se mogu iskoristiti kao gorivo za energetske uporabu. Preostali biorazgradivi komunalni otpad koji više nema vrijednost uputit će se na zbrinjavanje. Pritom se podrazumijeva njegovo trajno odlaganje na za to predviđenoj površini u okviru centara za gospodarenje otpadom.

Uspostavom prethodno opisanog održivog sustava gospodarenja otpadom, sva postojeća službena odlagališta otpada će se zatvoriti i sanirati. Sustavno zatvaranje i sanacija postojećih službenih, ali i divljih, odlagališta provodi se još od usvajanja Strategije gospodarenja otpadom iz 2005. godine. Prije početka sanacije aktivnih je bilo više od 317 odlagališta otpada, a krajem 2020. godine taj je broj smanjen na svega 85.<sup>100</sup>

### **3.3 Potencijal za energetske uporabu u Republici Hrvatskoj**

#### **3.3.1 Određenje pojma gorivo iz otpada**

U hrvatskoj nomenklaturi u vezi gospodarenja otpadom nedostaje određenje pojma „gorivo iz otpada“, a koje bi bilo usklađeno s europskom praksom. U europskoj praksi razlikuje se pojam RDF (*Eng. Refuse Derived Fuel*) od pojma SRF (*Eng. Solid Recovered Fuel*).

RDF podrazumijeva mehanički obrađen otpad koji se koristi za proizvodnju energije, a može podrazumijevati razni opasni i neopasni otpad iz kućanstva, usluga i industrije. SRF je podskup RDF-a, a podrazumijeva kruto oporabljeno gorivo proizvedeno mehaničko biološkom obradom iz neopasnog komunalnog otpada.<sup>101</sup>

---

<sup>99</sup> Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (b.d.), Centri za gospodarenje otpadom, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://www.fzoeu.hr/hr/centri-za-gospodarenje-otpadom/7593>

<sup>100</sup> Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izješće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], str. 20., preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)

<sup>101</sup> Šarc, R., Lorber, K.E., & Pomberger, R. (2016). Manufacturing of Solid Recovered Fuels (SRF) for Energy Recovery Processes. In Thomé-Kozmiensky, K. J. & Thiel, S. (Eds.), *Waste Management, Volume 6, Waste-to-Energy* (pp. 401-416.). Neuruppin: TK Verlag Thomé-Kozmiensky.

Ovisno o specifičnostima tehnologije mehaničko biološke obrade te ovisno o vrsti otpada koji se obrađuje, moguće je proizvesti SRF razne kvalitete. Kvaliteta takvog goriva definirana je EU standardom, a koji je usvojen i u Republici Hrvatskoj pod brojem HRN EN 15359:2012. Tim je standardom definirano pet klasa SRF-a (tablica 4) koje se razlikuju prema slijedećim obilježjima:<sup>102</sup>

- donjoj ogrjevnoj vrijednosti, kao ekonomskom obilježju,
- sadržaju klora, kao tehničkom obilježju i
- sadržaju žive, kao okolišnom obilježju.

Tablica 4

KLASIFIKACIJA SRF-a

Karakteristike	Statistička mjera	Jedinica	Klasa				
			1	2	3	4	5
Donja ogrjevna vrijednost (NCV)	Srednja vrijednost	MJ/kg	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Klor (Cl)	Srednja vrijednost	%	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3,0
Živa (Hg)	Srednja vrijednost	Mg/MJ	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
	80 percentila	Mg/MJ	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

Izvor: Hrvatska norma HRN EN 15359: Solid recovered fuels – Specifications and classes (EN 15359:2011), HZN br. 1754-2018 (2012.)

Iako se *de facto* radi o gorivu, RDF i SRF se i dalje klasificiraju kao otpad. Usporedbenom analizom vrsti otpada navedenih u katalogu otpada moguće je zaključiti da otpad ključnog broja 19 12 10, naziva „gorivi otpad (gorivo dobiveno iz otpada)“, odgovara definiciji SRF-a dok otpad ključnog broja 19 12 12, naziva „ostali otpad (uključujući mješavine materijala) od mehaničke obrade otpada, koji nije naveden pod 19 12 11\*“, više odgovara definiciji RDF-a.<sup>103</sup> Pritom valja istaknuti da postoji bitna razlika tih dviju vrsti otpada prema njihovom svojstvu.

<sup>102</sup> Hrvatska norma HRN EN 15359: Solid recovered fuels – Specifications and classes (EN 15359:2011), HZN br. 1754-2018 (2012.), str. 1-24.

<sup>103</sup> Šarc, R., Lorber, K.E., & Pomberger, R. (2016). Manufacturing of Solid Recovered Fuels (SRF) for Energy Recovery Processes. In Thomé-Kozmiensky, K. J. & Thiel, S. (Eds.), *Waste Management, Volume 6, Waste-to-Energy* (pp. 401-416.). Neuruppin: TK Verlag Thomé-Kozmiensky.

Otpad ključnog broja 19 12 10 je neopasan dok onaj ključnog broja 19 12 12 u određenim uvjetima može imati opasna svojstva.<sup>104</sup>

Uvažavajući prethodno navedeno, ali i temu ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, u nastavku korišten pojam „gorivo iz otpada“ podrazumijeva otpad koji odgovara definiciji krutog oporabljenog goriva tj. SRF-a.

### 3.3.2 Vrste otpada pogodne za proizvodnju goriva iz otpada

U skladu s prethodnom definicijom, gorivo iz otpada mogu činiti razne vrste neopasnog otpada kao što su miješani komunalni otpad iz kućanstva, usluga i proizvodnje, ambalažni otpad te druge vrste neopasnog otpada pogodne za energetske uporabu (tablica 5).<sup>105</sup>

Tablica 5

#### VRSTE OTPADA POGODNE ZA PROIZVODNJU GORIVA IZ OTPADA

Ključni broj	Vrsta otpada
04 02 09	Otpad od mješovitih (kompozitnih) materijala (impregnirani tekstil, elastomeri, plastomeri)
07 02 13	Otpadna plastika
15 01 01	Papirna i kartonska ambalaža
15 01 02	Plastična ambalaža
15 01 06	Miješana ambalaža
17 09 04	Miješani građevinski otpad i otpad od rušenja objekata, koji nije naveden pod 17 09 01*, 17 09 02* i 17 09 03*
19 12 12	Ostali otpad (uključujući mješavine materijala) od mehaničke obrade otpada, koji nije naveden pod 19 12 11*
20 01 01	Papir i karton
20 01 39	Plastika
20 03 01	Miješani komunalni otpad iz kućanstva, usluga i proizvodnje
20 03 07	Glomazni otpad

Izvor: Šarc, R., Lorber, K.E., & Pomberger, R. (2016). Manufacturing of Solid Recovered Fuels (SRF) for Energy Recovery Processes. In Thomé-Kozmiensky, K. J. & Thiel, S. (Eds.), *Waste Management, Volume 6, Waste-to-Energy* (p. 403). Neuruppin: TK Verlag Thomé-Kozmiensky.

<sup>104</sup> Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine br. 90/15. (2015.), Dodatak I., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_08\\_90\\_1757.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_90_1757.html)

<sup>105</sup> Fuk, B. (2019.), Gorivo iz otpada – rješenje ili problem. *Sigurnost*, 61(1), str. 67-70. <https://hrcak.srce.hr/221800>

Također valja istaknuti da prethodno navedene vrste otpada nisu jedine pogodne za energetska oporabu. U tu svrhu moguće je koristiti se i drugim vrstama otpada kao što su mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda te neke vrste opasnog otpada. Međutim, te vrste otpada ne odgovaraju prethodno usvojenoj definiciji goriva iz otpada i stoga nisu uzete u obzir u daljnjoj analizi.

### 3.3.3 Tehnologija proizvodnje goriva iz otpada

U cilju smanjenja količine biorazgradivog komunalnog otpada koji se odlaže na odlagališta, te u cilju povrata korisnih sirovina iz otpada, razvijena je tehnologija mehaničko-biološke obrade otpada. U skladu s nazivom, ta tehnologija obuhvaća dva temeljna tehničko-tehnološka procesa tj. proces mehaničke i proces biološke obrade otpada. Proces mehaničke obrade podrazumijeva procese kao što su usitnjavanje, drobljenje i mljevenje, prosijavanje te druge metode mehaničke separacije, uključujući separaciju pomoću djelovanja elektromagnetskih sila. Proces biološke obrade podrazumijeva procese kao što su bio-sušenje, biostabilizacija, kompostiranje i anaerobna digestija. Prethodno navedeni procesi mehaničke i biološke obrade otpada mogu biti konfigurirani na razne načine, ovisno o specifičnim ciljevima obrade otpada. Ti ciljevi mogu podrazumijevati izdvajanje ili proizvodnju jednog ili više primarnih izlaznih produkata, kao što su:<sup>106</sup>

- korisne sirovine za materijalnu oporabu (recikliranje),
- gorivo iz otpada za energetska oporabu,
- kompost za primjenu u poljoprivredi i šumarstvu,
- biostabilizirani ostatak prikladan za odlaganje i
- bioplin za proizvodnju električne energije i/ili toplinske energije.

Najčešće planirana konfiguracija procesa mehaničko-biološke obrade u Republici Hrvatskoj podrazumijeva usitnjavanje, biosušenje i biostabilizaciju, izdvajanje korisnih sirovina za materijalnu oporabu i proizvodnju goriva iz otpada za energetska oporabu (slika 10). Preostali

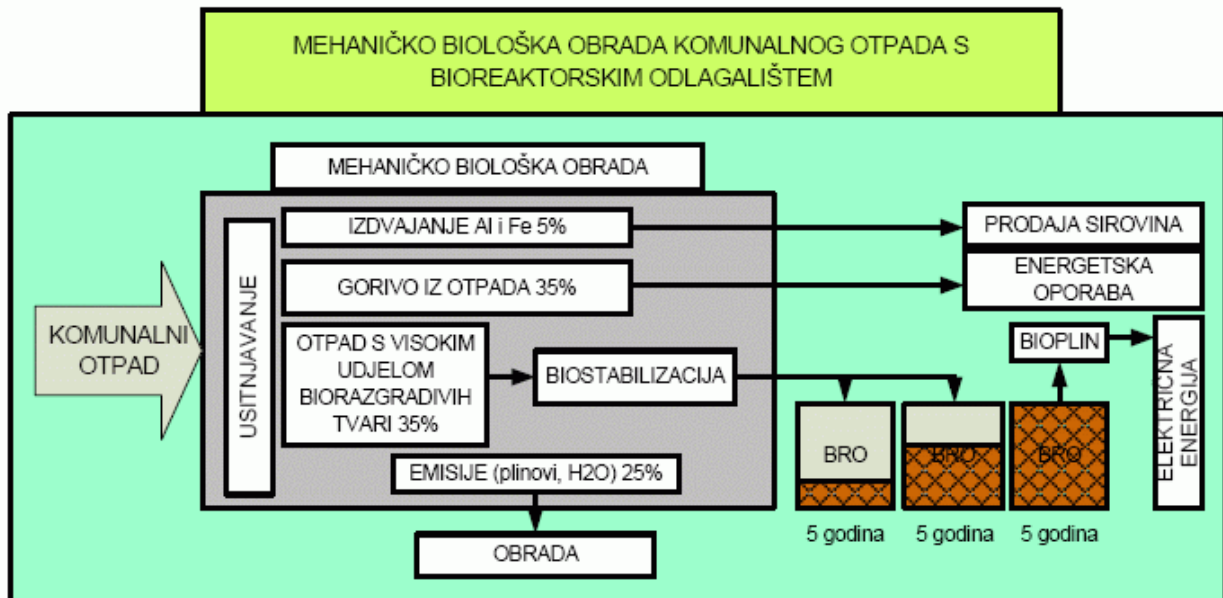
---

<sup>106</sup> Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. godine, Narodne novine br. 85/07. (2007.), str. 39., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_08\\_85\\_2652.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_08_85_2652.html)

biorazgradivi otpad bit će odložen na bioreaktorsko odlagalište koje će kasnije biti aktivirano za proizvodnju bioplina.<sup>107</sup>

Slika 10

TIPIČNA KONFIGURACIJA PROCESA MEHANIČKO BIOLOŠKE OBRADE OTPADA



Izvor: Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. godine, Narodne novine br. 85/07. (2007.), str. 60., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_08\\_85\\_2652.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_08_85_2652.html)

Iako su moguće i drukčije konfiguracije, predložena konfiguracija tehnološkog procesa mehaničko-biološke obrade u Republici Hrvatskoj smatrala se prikladnom zbog:<sup>108</sup>

- svega 20 – 30 % ostatka otpada koje će se odložiti na odlagalištu,
- proizvodnje goriva iz otpada visoke energetske vrijednosti,
- proizvodnje električne energije iz biorazgradivog ostatka obrade,
- povoljnog odnosa investicijskih troškova i troškova obrade.

### 3.3.4 Projekcija proizvodnje goriva iz otpada

Gorivo iz otpada trenutno proizvode centar za gospodarenje otpadom Marišćina i Kaštijun te postrojenje za mehaničko-biološku obradu u Varaždinu. Za potrebe izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, pretpostavljeno je da će preostalih 9 nacionalnih

<sup>107</sup> Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. godine, Narodne novine br. 85/07. (2007.), str. 59., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_08\\_85\\_2652.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_08_85_2652.html)

<sup>108</sup> Ibid., str. 60.

centara za gospodarenje otpadom početi s radom do 2025. godine. Ukupni kapacitet proizvodnje goriva iz otpada, uz pretpostavku 35 %-tne učinkovitosti proizvodnje goriva iz ukupno obrađenog otpada, bit će na razini 350 000 t/god (tablica 6).

Tablica 6

KAPACITET PROIZVODNJE GORIVA IZ OTPADA

RB	Lokacije mehaničko biološke obrade otpada	Početak rada	Kapacitet obrade otpada	Kapacitet proizvodnje goriva iz otpada
		god	t/god	t/god
1	MBO Varaždin	2014	95 000	33 250
2	CGO Marišćina	2015	100 000	35 000
3	CGO Kaštijun	2018	90 000	31 500
4	CGO Bikarac	2023	38 000	13 300
5	CGO Biljane donje	2023	80 000	28 000
6	CGO Lećevica	2023	110 000	38 500
7	CGO Babina gora	2023	30 000	10 500
8	CGO Lučino razdolje	2023	40 000	14 000
9	CGO Piškornica	2024	140 000	49 000
10	CGO Šagulje	2024	45 000	15 750
11	CGO Orlovnjak	2024	60 000	21 000
12	CGO Zagreb	2024	180 000	63 000
Ukupno			1 008 000	352 800

Izvor: Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (b.d.), Centri za gospodarenje otpadom, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://www.fzoeu.hr/hr/centri-za-gospodarenje-otpadom/7593>

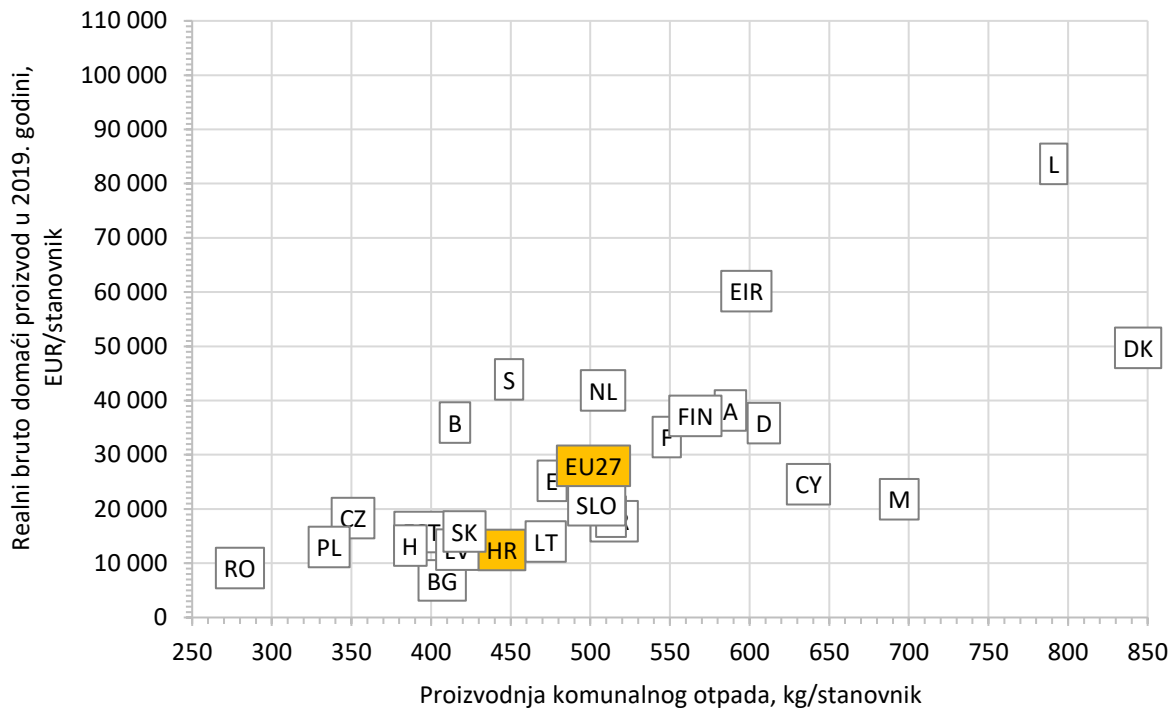
Međutim, stvarno proizvedena količina goriva iz otpada ovisit će o količini otpada koji će biti upućen na mehaničko biološku obradu. Obrađivat će se neopasni komunalni i dio proizvodnog otpada. Kao gorivo dodatno će se moći iskoristiti i dio odvojeno sakupljenog komunalnog otpada koji ima zadovoljavajuću energetska vrijednost, ali zbog prisutnosti nečistoća nije pogodan za recikliranje.

Količina komunalnog otpada upućena na mehaničko biološku obradu ovisit će o brojnim čimbenicima kao što su broj stanovnika, proizvodnja komunalnog otpada po stanovniku te učinkovitost odvojenog sakupljanja komunalnog otpada. Pritom je utvrđeno da još uvijek postoji umjereno pozitivna korelacija između proizvodnje komunalnog otpada po stanovniku

i realnog bruto domaćeg proizvoda po glavi stanovnika. Za 27 država članica Europske unije Pearsonov koeficijent korelacije u 2019. godini iznosi 0,71 (slika 11).

Slika 11

#### NASTANAK KOMUNALNOG OTPADA OVISNO O BRUTO DOMAĆEM PROIZVODU



Izvor: Eurostat (2021). European Statistical Recovery Dashboard na dan: 24.1.2021. [Data file]. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

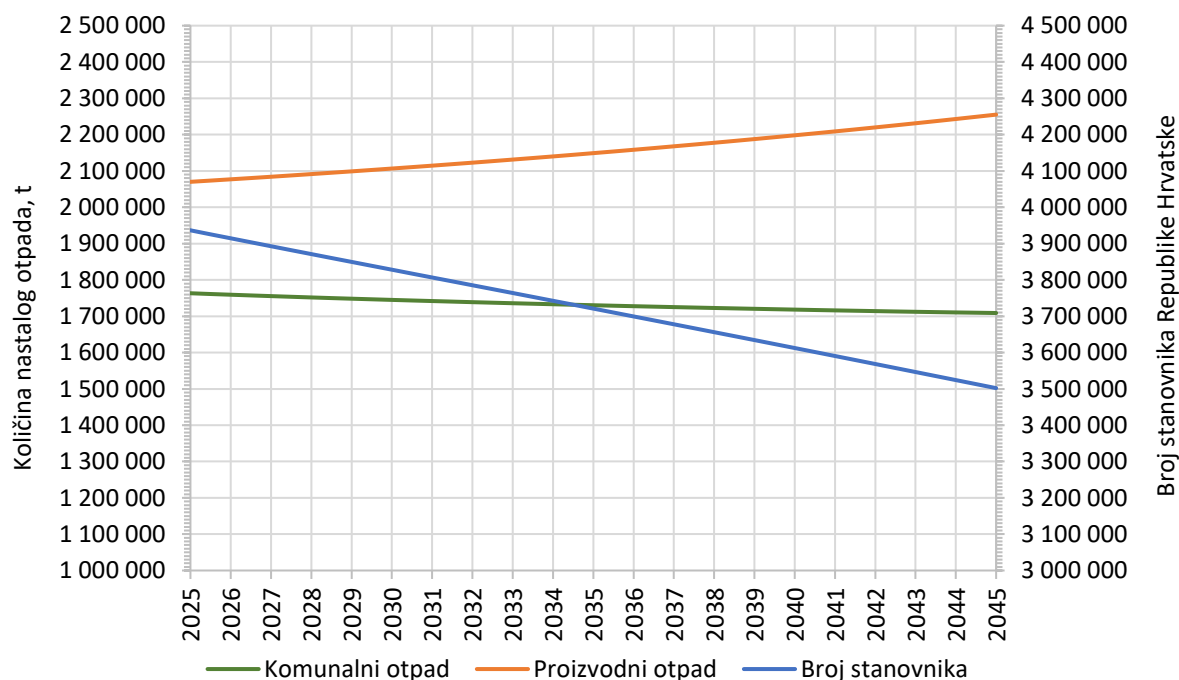
Iako će se domaća proizvodnja komunalnog otpada po stanovniku povećavati kako će se realni bruto domaći proizvod približavati europskom prosjeku, u narednom razdoblju ipak je moguće očekivati smanjenje ukupne količine komunalnog otpada ponajviše zbog očekivanog pada broja stanovnika.<sup>109</sup> S druge strane, neovisno o promjeni broja stanovnika, ali uz pretpostavku povećanja realnog bruto domaćeg proizvoda, moguće je očekivati povećanje količine proizvodnog otpada. Projekcija je dana od 2025. godine uvažavajući prethodno navedenu pretpostavku početka rada svih nacionalnih centara za gospodarenje otpadom (slika 12).

<sup>109</sup> Eurostat (2021). European Statistical Recovery Dashboard na dan 24.1.2021. [Data file]. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>



Slika 12

## PROJEKCIJA KOMUNALNOG I PROIZVODNOG OTPADA TE BROJA STANOVNIKA



Izvor: Eurostat (2021) European Statistical Recovery Dashboard na dan 24.1.2021. [Data file]. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

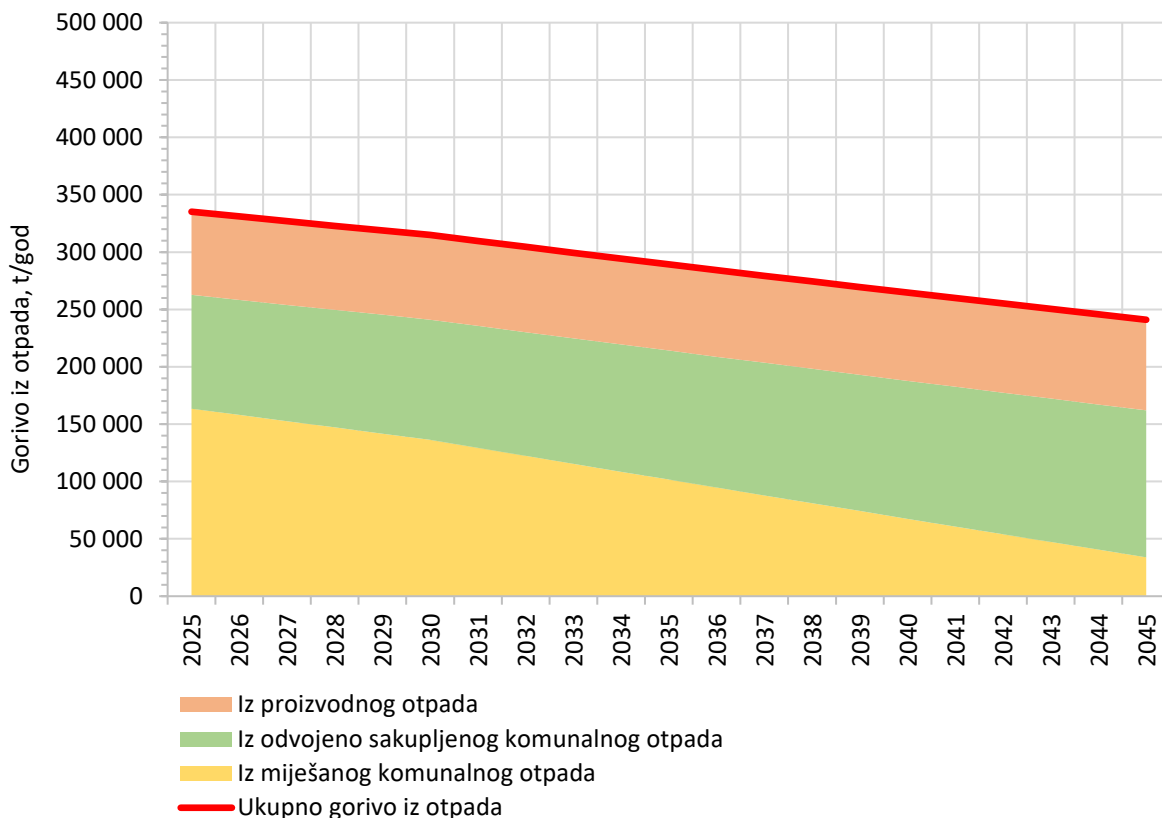
Na temelju prethodno projiciranih količina komunalnog i proizvodnog otpada projicirana je proizvodnja goriva iz otpada (slika 13). Prilikom projiciranja proizvodnje goriva iz otpada uvaženi su nacionalni, ali i europski, ciljevi u gospodarenju komunalnim otpadom te druga bitna tehnička ograničenja. Nacionalni cilj da se do 2022. odvojeno sakupi 60 % komunalnog otpada podrazumijeva bitno povećanje u odnosu na dosadašnjih 41 %, a što će rezultirati upućivanjem manje količine komunalnog otpada na mehaničko biološku obradu, a samim time i manjom proizvodnjom goriva iz otpada.<sup>110</sup> Europski ciljevi u pogledu postupnog povećanja udjela recikliranja komunalnog otpada za 5 % svakih 5 godina, do 2035. godine, s minimalnim udjelom od 55 % u 2025. godini, dodatno će rezultirati smanjenjem proizvodnje goriva iz otpada.<sup>111</sup>

<sup>110</sup> Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 29., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

<sup>111</sup> Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste (Text with EEA relevance), OJ L 150. Luxembourg: The Publications Office of the European Union, L 150 (2018). Article 10. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0851>

Slika 13

PROJEKCIJA PROIZVODNJE GORIVA IZ OTPADA



Izvor: Autorova interpretacija

Iz priložene projekcije moguće je zaključiti da će proizvodnja goriva iz otpada u centrima za gospodarenje otpadom postupno opadati. Pritom valja istaknuti da priložena projekcija, pored prethodno navedenih ciljeva održivog gospodarenja otpadom, uključuje i pretpostavku nastavka trenda povećanja udjela recikliranja komunalnog otpada i nakon 2035. godine.

Iako se u narednom razdoblju može očekivati postupan pad proizvodnje goriva iz otpada, takav trend se neće moći zadržati unedogled. Najniža razina proizvodnje goriva iz otpada doseći će se kod najveće razine primjene reda prvenstva gospodarenja otpadom. Ta razina određena je brojnim ograničenjima od kojih valja istaknuti organizacijska ograničenja u pogledu odvojenog sakupljanja komunalnog otpada te tehničko ograničenje recikliranja. Također, u odvojeno prikupljenim sastavnicama komunalnog otpada uvijek će biti prisutan određeni udio nečistoća, do 10 %, koje nisu pogodne za recikliranje, ali se mogu iskoristiti kao

gorivo iz otpada.<sup>112</sup> S obzirom da je teorijski potencijal recikliranja komunalnog otpada procijenjen na 80 % tek ostaje za vidjeti u kojoj će se mjeri države članice Europske unije uspjeti njemu približiti.<sup>113</sup> Za usporedbu, u 2019. prosječni udio recikliranja na razini Europske unije iznosio je svega 47,7 %, a među državama članicama prednjačila je Njemačka sa 66,7 %.<sup>114</sup> Uvažavajući sve prethodno navedeno, moguće je pretpostaviti da će razina proizvodnje goriva iz otpada u Republici Hrvatskoj biti iznad 200 000 t/god.

### 3.3.5 Energetska oporaba otpada u Republici Hrvatskoj s osvrtom na Europsku uniju

Energetska oporaba otpada u Republici Hrvatskoj je na razini manjoj od 2 %, dok je energetska oporaba komunalnog otpada na razini oko 0,04 %.<sup>115</sup> Dozvolu za energetska oporabu otpada (R1 postupak) ima svega nekoliko trgovačkih društava, većinom cementara (slika 14).

Iako je europski prosjek korištenja alternativnim gorivima u cementarama, uključujući gorivom iz otpada, na razini 43 %, s ciljem njegova povećanja na 60 %, domaća praksa ne potvrđuje tu činjenicu.<sup>116</sup> Štoviše, korištenje domaćim gorivom iz otpada u hrvatskim cementarama je gotovo zanemarivo.<sup>117</sup> Kao glavni razlog navodi se neodgovarajuća kvaliteta domaćeg goriva iz otpada, a njegova veća primjena zahtijevala bi dodatna ulaganja u prilagodbu tehnološkog procesa u cementarama.<sup>118</sup>

---

<sup>112</sup> Łukasiewicz, M., Malinowski, M., Młodnicki, K., & Religa, A. (2018). The share of impurities in selectively collected waste in one- and multi-sack systems. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 25(2), 187-195. [http://dx.doi.org/10.2428/ecea.2018.25\(2\)15](http://dx.doi.org/10.2428/ecea.2018.25(2)15)

<sup>113</sup> EEA (n.d.). The case for increasing recycling: Estimating the potential for recycling in Europe. Retrieved May 25, 2021, from <https://www.eea.europa.eu/publications/the-case-for-increasing-recycling>

<sup>114</sup> Eurostat (2021). European Statistical Recovery Dashboard na dan: 28.5.2021. [Data file]. Retrieved from [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei\\_wm011/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm011/default/table?lang=en)

<sup>115</sup> Crnjak Thavenet, A., Beuk, M., Šimunović, M., Graovac, G. i Kolarić I. (2018.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2017. godinu* [e-publikacija], str. 145. preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvesca/Izvesce\\_ROO\\_2017.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvesca/Izvesce_ROO_2017.pdf)

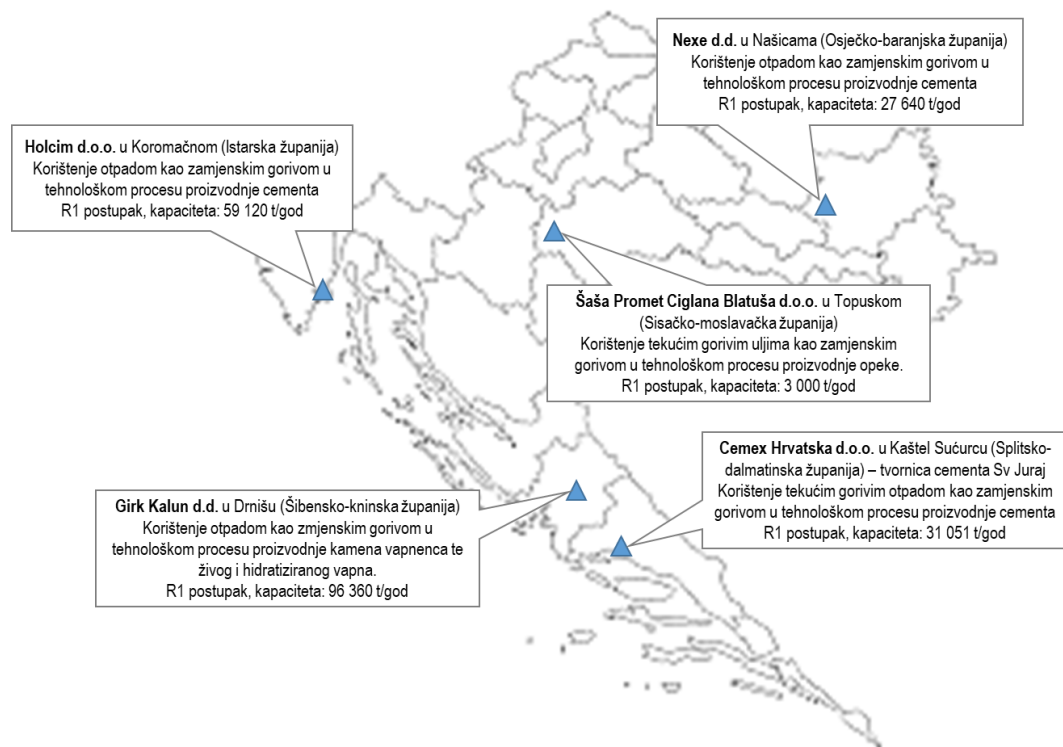
<sup>116</sup> The European Cement Association. (2017). *Co-processing of waste in EU cement plants: status and prospects*. Brussels: Author.

<sup>117</sup> Bašić-Palković, D. (2019., 18. travanj), Šest tisuća bala s otpadom zamalo progutalo novi Kaštijun. Preuzimat će ih Holcim, ali će mu Kaštijun za to plaćati naknadu, *Glas Istre*, preuzeto s <https://www.glasistre.hr/pula/sest-tisuca-bala-s-otpadom-zamalo-progutalo-novi-kastijun-preuzimat-ce-ih-holcim-ali-ce-mu-kastijun-za-to-placati-naknadu-586158>

<sup>118</sup> Milanović, Z. (2020., 27. srpanj), Oporaba otpada u industriji cementa iskustva Holcima Hrvatska, *Tehnoeko*, preuzeto s <https://www.tehnoeko.com.hr/4413/Oporaba-otpada-u-industriji-cementa-iskustva-Holcima-Hrvatska>

Slika 14

## ENERGETSKA OPORABA OTPADA U REPUBLICI HRVATSKOJ



Izvor: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar dozvola i potvrda za gospodarenje otpadom na dan: 20.5.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://regdoz.azo.hr/Reports/DozvoleGospodarenjeOtpadom.aspx>

Da je razina energetske uporabe otpada u Republici Hrvatskoj nedostatna ukazuje i problem gomilanja goriva iz otpada na lokacijama postojećih centara za gospodarenje otpadom.<sup>119</sup> Budući da nije realno za očekivati da će postojeće cementare, čak i uz veću uporabu domaćeg goriva iz otpada, u potpunosti riješiti problem energetske uporabe otpada u Republici Hrvatskoj, izgradnjom preostalih centara za gospodarenje otpadom problem gomilanja tog goriva postat će još izraženiji. Otegotnu okolnost predstavlja i nedostatak strategije energetske uporabe otpada na nacionalnoj razini koja je, kao jedna od mjera smanjenja mase proizvedenog komunalnog otpada, trebala biti usvojena još 2020. godine.<sup>120</sup>

Jedan od ekonomski, ali i okolišno, prihvatljivih načina suočavanja s izazovom energetske uporabe otpada u Republici Hrvatskoj je izgradnja energane na gorivo iz otpada. Da je suživot

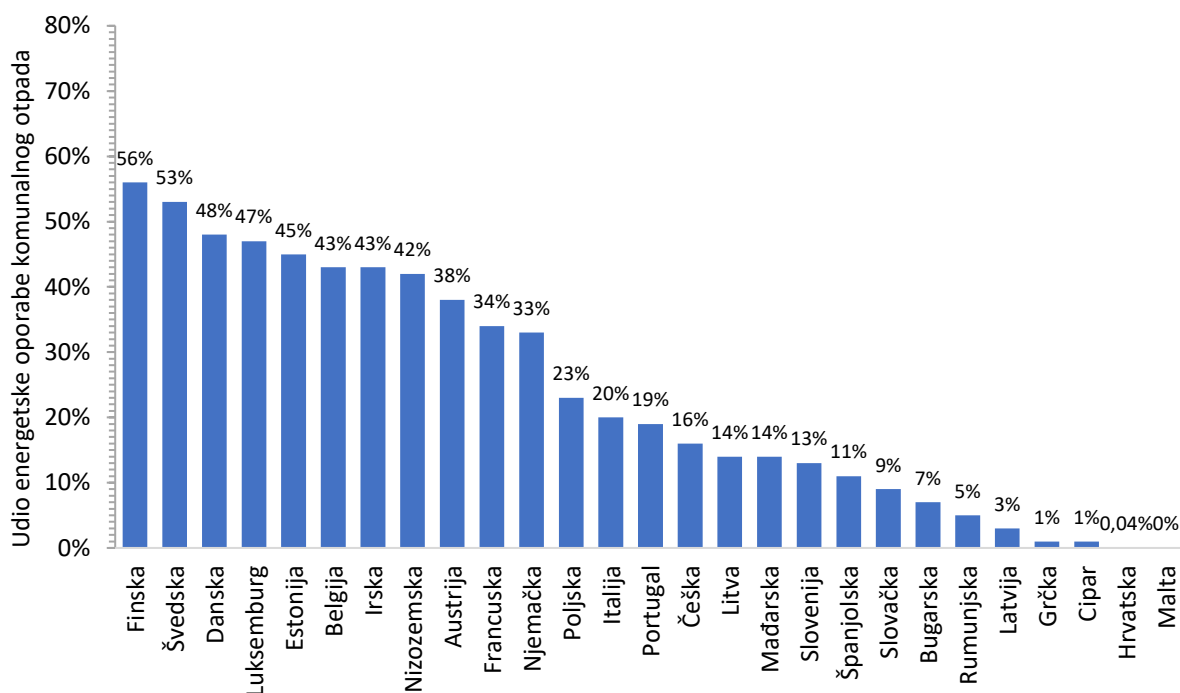
<sup>119</sup> Štifanić, D. (2018., 24. rujna), Mjeseci prolaze, a problem plasmana SRF-a ostaje: Gorivi otpad gomila se na Kaštijunu, a nitko ne zna gdje s njim, *Glas Istre*, preuzeto s <https://www.glasistre.hr/pula/mjeseci-prolaze-a-problem-plasmana-srf-a-ostaje-gorivi-otpad-gomila-se-na-kastijunu-a-nitko-ne-zna-gdje-s-njim-570723>

<sup>120</sup> Odluka o donošenju plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), str. 46., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

društvene zajednice s energanom na gorivo iz otpada moguć potvrđuje i činjenica da je samo u Europskoj uniji u pogonu oko petsto takvih energana.<sup>121</sup> Tehnologija spaljivanja krutog otpada u svrhu proizvodnje energije poznata je već više od jednog stoljeća. Prvo postrojenje u kojemu se otpad spaljivao u svrhu proizvodnje energije patentirano je i izgrađeno još davne 1876. u Engleskoj.<sup>122</sup> U međuvremenu, ta je tehnologija bitno uznapredovala, a emisija štetnih tvari u zrak je, zbog sve strožih zahtjeva u pogledu zaštite okoliša, bitno smanjena u posljednjih 25 godina.<sup>123</sup> Danas se prosječna razina energetske uporabe komunalnog otpada u Europskoj uniji kreće na razini oko 27%.<sup>124</sup> Ugrubo je moguće zaključiti da što je država članica Europske unije razvijenija to je i udio energetske uporabe komunalnog otpada veći (slika 15).

Slika 15

#### ENERGETSKA OPORABA OTPADA U EUROPSKOJ UNIJI



Izvor: CEWEP (2021). *Municipal waste treatment in 2019* [EPub]. Retrieved from <https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2021/03/MunicipalWasteTreatment2019.pdf>

<sup>121</sup> Persson, U., & Münster, M. (2016). Current and future prospects for heat recovery from waste in European district heating systems: A literature and data review. *Energy*, 110, 116-128. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.074>

<sup>122</sup> Clark, J. F. M. (2007). „The incineration of refuse is beautiful“: Torquay and the introduction of municipal refuse destructors, *Urban History*, 34(2), 255-277. <http://dx.doi.org/10.1017/S0963926807004634>

<sup>123</sup> CEWEP (n.d.). Here are some answers to the most frequent questions about Waste-to-Energy: What about dioxing emissions and health impacts? Retrieved May 6, 2021, from <https://www.cewep.eu/what-is-waste-to-energy/>

<sup>124</sup> CEWEP (2021). Latest Eurostat Figures: Municipal Waste Treatment 2019. Retrieved May 6, 2021, from <https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2019/>

## 4. ENERGANNA NA GORIVO IZ OTPADA

### 4.1 Analiza okruženja i tržišta

Kako bi se energanu na gorivo iz otpada ispravno pozicioniralo u okviru održivog sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj, provedena je analiza okruženja i tržišta. Analiza okruženja i tržišta provedena je pomoću SWOT analize (*Eng. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*), sagledavanjem ključnih unutarnjih i vanjskih tržišnih činitelja.<sup>125</sup> Pritom valja istaknuti da su vanjski tržišni činitelji preciznije određeni pomoću prethodno provedene PESTLE analize (*Eng. Political, Economic, Social, Technological, Legal and Environmental*). Detaljnije o prevedenim analizama i rezultatima dano je u nastavku.

#### 4.1.1 PESTLE analiza

PESTLE analizom dan je sažeti pregled svih vanjskih tržišnih činitelja koji mogu utjecati na uspješnu realizaciju projekta (tablica 7). Pritom se podrazumijevaju politički, ekonomski, socijalni, tehnološki, pravni i okolišni činitelji tržišta. Politički činitelji odnose se na uplitanje politike u gospodarske aktivnosti, kontrolu proizvoda ili usluga, definiranje cijena te druga ograničenja u poslovanju. Ekonomski činitelji odnose se na gospodarski rast, kamate, valutni tečaj i stopu inflacije. Socijalni činitelji odnose se na kulturološke aspekte, demografske promjene, obrazovanje i slično. Tehnološki činitelji odnose se na inovacije, istraživanje i razvoj, mogućnost uvođenja novih tehnologija. Pravni činitelji odnose se na pravnu zaštitu tržišnih dionika, provedivost i dosljednost pravnog okvira. Okolišni činitelji odnose se na ocjenu utjecaja na okoliš te otpornost na klimatske promjene.<sup>126</sup>

Tablica 7

#### PESTLE ANALIZA

Politički činitelji tržišta	Ekonomski činitelji tržišta
<ul style="list-style-type: none"><li>- Nejasna politika u vezi s energetsom uporabom otpada na nacionalnoj razini, lokacije za izgradnju energana na gorivo iz otpada nisu predviđene</li><li>- Izostavljanje energetske uporabe otpada iz nacionalnih strateško planskih dokumenata</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Postojanje umjereno pozitivne korelacije nastanka komunalnog otpada i bruto domaćeg proizvoda, pri čemu se očekuje porast bruto domaćeg proizvoda nakon obuzdavanja pandemije bolesti COVID-19</li></ul>

<sup>125</sup> Vranešević, T., Vignali, C. i Vrontis, D. (2004.), Marketinška okolina, analiza stanja i analiza konkurenata, u: Martinović, M. (ur.), *Upravljanje strateškim marketingom* (str. 73-110.), Zagreb: Accent

<sup>126</sup> Moniz, K., & Bishop, T. (2016). Strategic Planning. In Moniz, K. & Bishop, T. (Eds.), *Principles and Techniques of Marketing Management*, Revised Edition, (pp. 31-44.). New York, NY: College Publishing House.

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nacionalni centri za gospodarenje otpadom u vlasništvu jedinica lokalne samouprave, a što rezultira otežanom prilagodbom cijene tržišnim uvjetima<sup>127</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monetarna politika temelji se na održavanju stabilnosti nominalnog tečaja kune prema euru, a što rezultira i stabilnom inflacijom<sup>128</sup></li> <li>- Sufinanciranje izgradnje energane na gorivo iz otpada financijskom pomoći iz europskih fondova nije dozvoljeno<sup>129</sup></li> </ul>
<b>Socijalni činitelji tržišta</b>	<b>Tehnološki činitelji tržišta</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontinuiran pad broj stanovnika uz trend povećanje prosječne dobi stanovnika<sup>130</sup></li> <li>- Primjeri negativnog stava nevladinih organizacija i lokalnog stanovništva spram postojećih centara za gospodarenje otpadom te općenito prema projektima energetske oporabe otpada, ali i drugim energetske objektima<sup>131</sup></li> <li>- Nedovoljna osviještenost o potrebi uspostave održivog sustava gospodarenja otpadom te nedovoljno usvojena kultura odvajanja otpada na mjestu njegova nastanka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Postojanje renomiranog proizvođača opreme za termoelektrična postrojenja, uključujući opreme za energane na gorivo iz otpada, društvo Đuro Đaković iz Slavenskog Broda<sup>132</sup></li> <li>- Tehnologija primijenjena u energani na gorivo iz otpada dosad još nije implementirana u Republici Hrvatskoj</li> </ul>
<b>Pravni činitelji tržišta</b>	<b>Okolišni činitelji tržišta</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nedosljednost i nejasnoće pravnog okvira u vezi s energetske oporabom otpada</li> <li>- Energane na gorivo iz otpada smatraju se spalionicama otpada iako se radi o postrojenjima s bitno drukčijom svrhom<sup>133</sup></li> <li>- Nedorečen sustav poticanja proizvodnje električne energije iz energana na gorivo iz otpada, iako <i>de facto</i> mogu stjeći status povlaštenog proizvođača električne energije, kvote za izgradnju postrojenja tog tipa nisu raspisane<sup>134</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Izgradnja energane na gorivo iz otpada prethodi opsežan postupak procjene utjecaja na okoliš</li> <li>- Obvezna primjena strogih zahtjeva iz područja zaštite okoliša, poglavito emisija štetnih tvari u zrak</li> <li>- Prije ispuštanja u atmosferu dimni plinovi obrađuju se u tehničko tehnološki zahtjevnom sustavu za obradu dimnih plinova, koji može biti konfiguriran na različite načine te predstavlja znatan investicijski trošak</li> </ul>

Izvor: Autorova interpretacija

<sup>127</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), članak 13., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

<sup>128</sup> HNB (2015.), *Okvir monetarne politike* [e-publikacija], preuzeto s <https://www.hnb.hr/temeljne-funkcije/monetarna-politika/okvir-monetarne-politike>

<sup>129</sup> Consolidated text: Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance), OJ L 328, Article 3. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20181221>

<sup>130</sup> Nejašmić, I. i Toskić, A. (2013.), Starenje stanovništva u Hrvatskoj – sadašnje stanje i perspektive, *Hrvatski geografski glasnik*, 75(1), 89-110. <https://hrcak.srce.hr/105890>

<sup>131</sup> Zelena akcija (b.d.), Ne igrajte se vatrom! Protiv spalionice otpada!, preuzeto 8. listopada 2021. s [https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/ne\\_igrajte\\_se\\_vatrom\\_protiv\\_spalionice\\_otpada](https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/ne_igrajte_se_vatrom_protiv_spalionice_otpada)

<sup>132</sup> ĐĐTep (b.d.), Kogeneracijska postrojenja EPC, preuzeto 8. listopada 2021. s <http://www.ddtep.hr/kogeneracijska-postrojenja-epc/>

<sup>133</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), Dodatak II., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

<sup>134</sup> Uredba o kvotama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije, Narodne novine br. 57/20. (2020.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_05\\_57\\_1141.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_05_57_1141.html)

Na temelju provedene analize vanjskih tržišnih činitelja moguće je zaključiti da ni političko niti pravno okruženje nije još dovoljno zrelo za prihvata energane na gorivo iz otpada. S obzirom da većina centara za gospodarenje otpadom, a u kojima će se proizvoditi gorivo iz otpada, još nije izgrađena, razumljivo je da energetska uporaba otpada još uvijek nije u fokusu održivog sustava gospodarenja otpadom. Međutim, ako se uzme u obzir da je priprema i izgradnja energane na gorivo iz otpada dugotrajan proces koji, u prosjeku, traje oko pet godina, već sada je moguće zaključiti da se sa pripremom takvog postrojenja kasni te će problem zbrinjavanja goriva iz otpada, nakon izgradnje preostalih centara za gospodarenje otpadom, biti još izraženiji.

#### 4.1.2 SWOT analiza

SWOT analizom dan je pregled ključnih unutarnjih i vanjskih tržišnih činitelja kojima je uvjetovano ispravno pozicioniranje energana na gorivo iz otpada u okviru održivog sustava gospodarenja otpadom. Pritom, unutarnji činitelji podrazumijevaju snage i slabosti samog projekta dok vanjski činitelji podrazumijevaju prilike i prijetnje na tržištu (tablica 8).<sup>135</sup>

Tablica 8

#### SWOT ANALIZA

Snage	Prilike
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energana na gorivo iz otpada, u kojoj se istodobno proizvodi električna i toplinska energija na visokoučinkovit način, može steći status povlaštenog proizvođača električne energije te ostvariti poticaj u obliku premije na cijenu električne energije</li> <li>- Za preuzimanje goriva iz otpada, spaljivanjem kojega će se proizvesti korisna energija, operator naplaćuje ulaznu naknadu tzv. <i>gate fee</i></li> <li>- Cijena energije, bez državne potpore, proizvedene u energani na gorivo iz otpada konkurentna je cijeni energije proizvedenoj u energanama na fosilna goriva, ali i onima na obnovljive izvore energije</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uspostava održivog sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj, sa svim bitnim građevinama za gospodarenje otpadom</li> <li>- Rješenje problema gomilanja goriva iz otpada na lokacijama centara za gospodarenje otpadom</li> <li>- Smanjenje utroška fosilnih goriva za proizvodnju energije zamjenom sa gorivom iz otpada</li> <li>- Pozitivni makroekonomski učinci, povećanje gospodarske aktivnosti, povećanje zaposlenosti, usvajanje novih tehnologija, znanja i vještina</li> </ul>
Slabosti	Prijetnje
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapitalno intenzivan investicijski projekt s dugotrajnim procesom pripreme, prihvaćanja i izgradnje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nedostatak jasnog plana energetske uporabe otpada u Republici Hrvatskoj i pravna nesigurnost</li> <li>- Uobičajeno negativan stav lokalne zajednice o izgradnji energane na gorivo iz otpada</li> </ul>

<sup>135</sup> Vranešević, T., Vignali, C. i Vrontis, D. (2004.), Marketinška okolina, analiza stanja i analiza konkurenata, u: Martinović, M. (ur.), *Upravljanje strateškim marketingom* (str. 73-110.), Zagreb: Accent



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prikladna lokacija za izgradnju energane na gorivo iz otpada uvjetovana je blizinom potrošača toplinske energije, pri čemu se preferira potrošnja toplinske energije za tehnološki proces u industriji</li> <li>- Primjena strogih zahtjeva u pogledu zaštite okoliša zbog moguće emisije štetnih tvari u zrak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rizik preusmjerenja otpada namijenjenog recikliranju u energetske uporabu</li> <li>- Centri za gospodarenje otpadom nisu financijski motivirani za zbrinjavanje goriva iz otpada jer nije usvojena naknada za odlaganje otpada</li> </ul>
--	--

Izvor: Autorova interpretacija

Nakon provedene analize unutarnjih i vanjskih tržišnih činitelja moguće je zaključiti da u Republici Hrvatskoj postoji potreba za izgradnjom energane na gorivo iz otpada. Izgradnjom takve energane zadovoljio bi se jedan od temeljnih infrastrukturnih preduvjeta za uspostavu održivog sustava gospodarenja otpadom te pridonijelo cilju smanjenja količine otpada koji se odlaže na odlagališta. Međutim, manjak političke podrške, izostanak jasne strategije energetske uporabe otpada te uobičajeno negativan stav lokalne zajednice o takvim postrojenjima još uvijek odvrćaju potencijalne investitore od takvih poslovnih poduhvata.

Na temelju prethodno provedene analize moguće je zaključiti da je za uspješnu izgradnju energane na gorivo iz otpada u Republici Hrvatskoj najvažnija adekvatna politička podrška te pravna sigurnost. Uvijek prisutan negativan stav lokalne zajednice moguće je umanjiti pravodobnim informiranjem i njihovim ranim uključivanjem u pripremu takvog investicijskog projekta.

## **4.2 Prijedlog poslovnog modela**

### **4.2.1 Temeljna obilježja poslovanja**

Kako bi energana na gorivo iz otpada poslovala na financijski učinkovit način nužno je osmisliti održiv poslovni model. Prilikom odabira poslovnog modela valja imati na umu da energane na gorivo iz otpada, pored proizvodnje energije, pružaju i uslugu energetske uporabe otpada. S obzirom da je energetska uporaba otpada jedan od temeljnih postupaka gospodarenja otpadom, moguće je zaključiti da izgradnja energane na gorivo iz otpada sadrži i elemente javnog interesa. Javni interes dodatno je naglašen kada se uzme u obzir da će gorivo iz otpada biti proizvedeno uglavnom u javnoj infrastrukturi za gospodarenje otpadom tj. centrima za gospodarenje otpadom, u vlasništvu lokalne/regionalne samouprave. Kada se prethodno navedenom doda i uobičajeno negativan stav lokalne zajednice prema izgradnji energana na

gorivo iz otpada, koordinirana uloga državnih institucija u realizaciji takvog investicijskog projekta može biti od presudne važnosti.

Postojanje elemenata javnog interesa te velika uloga države navodi na zaključak da bi poslovni model izgradnje i rada energane na gorivo iz otpada trebao biti osmišljen po modelu javno-privatnog partnerstva. Iako je javno-privatno partnerstvo preferirani poslovni model, to ne isključuje mogućnost da takav investicijski projekt bude realiziran isključivo na temelju privatne inicijative. Detaljnija analiza modaliteta javno-privatnog partnerstva te prijedlog održivog poslovnog modela navedeni su u nastavku.

#### 4.2.2 Modaliteti javno-privatnog partnerstva

U širem smislu, javno-privatno partnerstvo podrazumijeva zajedničku inicijativu javnog i privatnog sektora u kojem svaka strana osigurava određena materijalna i nematerijalna dobra, te sudjeluje u planiranju i odlučivanju. U užem smislu, javno-privatno partnerstvo podrazumijeva pothvate u okviru kojih javni i privatni sektor udružuju materijalna i nematerijalna dobra te stručna znanja kako bi usmjeravanjem resursa, rizika i nagrada zadovoljili neku javnu potrebu.<sup>136</sup> Moguće je razlikovati dva temeljna oblika javno-privatnog partnerstva:<sup>137</sup>

- ugovorno javno-privatno partnerstvo koje se dalje može podijeliti na koncesijsko javno-privatno partnerstvo i operativni najam,
- institucionalno javno-privatno partnerstvo kada javni i privatni partner osnivaju ili sudjeluju u vlasništvu samostalnog društva u kojem partnerski surađuju.

Ovisno o stupnju uključenosti javnog i privatnog partnera postoje brojni modaliteti javno-privatnog partnerstva (tablica 9), a koji se mogu kretati u rasponu od neposrednog pružanja usluga od strane države do potpune privatizacije tj. kada država sve odgovornosti, rizike i nagrade prenosi na privatnog partnera.

---

<sup>136</sup> Stojanović, A. i Leko, V. (2011.), Javno-privatno partnerstvo, u: Stojanović, A. i Leko, V. (ur.), *Modeli financiranja namjena koje sadrže javni interes* (str. 67-84.), Zagreb: Grafit-Gabrijel d.o.o.

<sup>137</sup> Commission of the European Communities (2004). *Green Paper on public-private partnership and Community law on public contracts and concessions* [EPub]. p. 8. Retrieved from <https://op.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/94a3f02f-ab6a-47ed-b6b2-7de60830625e/language-en>

Tablica 9

MODALITETI JAVNO-PRIVATNOG PARTNERSTVA

Modalitet JPP	Temeljna obilježja	Prijenos rizika	Izvor financiranja	Komentar
Ugovaranje usluge	<p>Ugovaranje određenih usluga sa privatnim partnerom.</p> <p>Javni partner zadržava kontrolu i nadzor nad pruženim uslugama.</p> <p>Infrastruktura u vlasništvu javnog partnera.</p>	<p>Nizak rizik prilikom prijenosa obveze pružanja usluga na privatnog partnera.</p> <p>Privatni partner ne snosi financijski rizik ulaganja kapitala.</p>	<p>Ograničena dostupnost financiranja od strane privatnog partnera – financiranje obrtnog kapitala.</p>	<p>Ograničeni benefiti modela JPP-a.</p> <p>Moguće učinkovito primijeniti ako postoji dovoljna razina konkurentnosti među potencijalnim privatnim partnerima.</p>
Ugovaranje upravljanja i održavanja	<p>Upravljanje i održavanje javne infrastrukture je ugovoreno sa privatnim partnerom.</p> <p>Veće obveze, ali i ovlasti, privatnog partnera u odnosu na prethodni modalitet.</p> <p>Infrastruktura u vlasništvu javnog partnera.</p>	<p>Dodatni rizik u odnosu na prethodni modalitet jer je privatni partner odgovoran za održavanje tehničkog standarda javne infrastrukture.</p> <p>Privatni partner ne snosi financijski rizik ulaganja kapitala.</p>	<p>Ograničena dostupnost financiranja od strane privatnog partnera – financiranje obrtnog kapitala.</p>	<p>Prikladno za projekte sa naglašenom potrebnom učinkovitog upravljanja.</p> <p>Može biti primijenjeno na projektima s BOT, BOOT, BOO modalitetom</p> <p>Metoda učinkovitog uključivanja tehničkog know how privatnog partnera</p>
Izgradnja i prijenos (Eng. BT – Build Transfer)	<p>Privatni partner financira izgradnju infrastrukture.</p> <p>Privatni partner gradi infrastrukturu.</p> <p>Nakon izgradnje, infrastruktura je predana javnom partneru.</p> <p>Javni partner plaća privatnom partneru troškove financiranja izgradnje infrastrukture.</p> <p>Infrastruktura u vlasništvu javnog partnera.</p>	<p>Privatni partner preuzima rizik izgradnje.</p> <p>Privatni partner ne snosi financijski rizik ulaganja kapitala.</p>	<p>Znatno veća dostupnost financiranja od strane privatnog partnera – financiranje izgradnje.</p>	<p>Prikladno za kapitalno intenzivne projekte kojima će upravljati javni partner.</p> <p>Javni partner će potencijalno platiti više jer posuđuje novac od privatnog partnera za gradnju.</p> <p>Može biti prikladno za projekte velikog rizika, a relativno niskog prinosa.</p>
Izgradnja, upravljanje i prijenos (Eng. BOT – Build Operate Transfer)	<p>Javni partner financira izgradnju infrastrukture.</p> <p>Privatni partner gradi infrastrukturu.</p>	<p>Javni partner preuzima financijski rizik ulaganja kapitala.</p>	<p>Ograničen pristup financiranju od strane privatnog partnera.</p>	<p>Prikladno za projekta sa znatnom troškovnom i operativnom komponentom.</p>

Modalitet JPP	Temeljna obilježja	Prijenos rizika	Izvor financiranja	Komentar
	<p>Privatni partner upravlja infrastrukturom na temelju koncesijskog ugovora.</p> <p>Po isteku koncesijskog ugovora infrastruktura je predana javnom partneru.</p> <p>Infrastruktura u vlasništvu javnog partnera</p>	Privatni partner preuzima rizik izgradnje.		Ne rješava problem nedostatka financijskog kapaciteta javnog partnera.
Izgradnja, vlasništvo, upravljanje i prijenos ( <i>Eng. BOOT – Build Own Operate Transfer</i> )	<p>Privatni partner financira izgradnju infrastrukture.</p> <p>Privatni partner gradi infrastrukturu.</p> <p>Privatni partner upravlja infrastrukturom na temelju koncesijskog ugovora.</p> <p>Po isteku koncesijskog ugovora infrastruktura je predana javnom partneru.</p> <p>Infrastruktura je u vlasništvu privatnog partnera do trenutka prijenosa iste javnom partneru.</p>	<p>Privatni partner preuzima financijski rizik ulaganja kapitala i druge komercijalne rizike.</p> <p>Privatni partner preuzima rizik izgradnje.</p>	Značajno ulaganje kapitala za gradnju i radnog kapitala od strane privatnog partnera.	<p>Prikladno kada javni partner nije u mogućnosti financirati izgradnju infrastrukture.</p> <p>Prikladno za projekta sa znatnom troškovnom i operativnom komponentom.</p> <p>Prikladno za većinu projekata.</p>
Izgradnja, vlasništvo i upravljanje ( <i>Eng. BOO – Build Own Operate</i> )	<p>Isto kao prethodni modalitet, ali nema prijenosa infrastrukture na javnog partnera.</p> <p>Upravljanje i održavanje je uobičajeno ugovoreno sa drugim privatni partnerom.</p> <p>Infrastruktura u vlasništvu privatnog partnera.</p>	Identično prethodnom modalitetu.	Identično prethodnom modalitetu.	Prikladno za projekta sa znatnom troškovnom i operativnom komponentom.

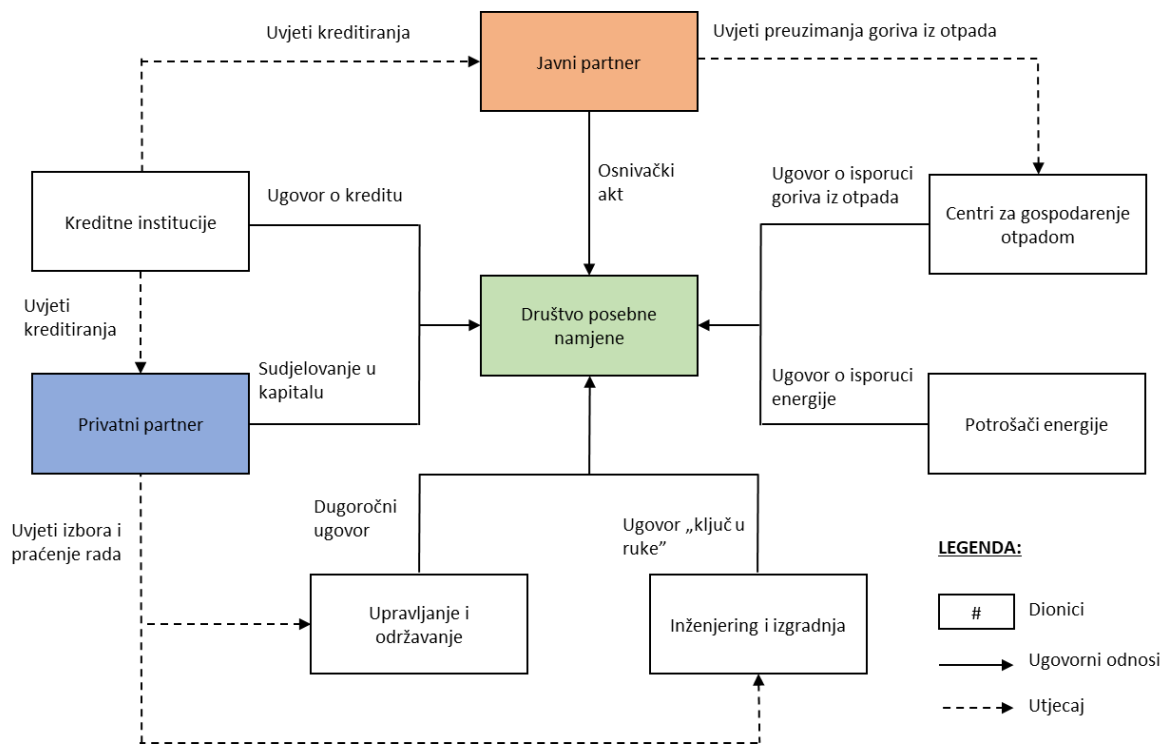
Izvor: PPIAF (2009). *Toolkit for Public-Private Partnership in Roads and Highways* [EPub]. Retrieved from <https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/6/pdf-version/5-36.pdf>

#### 4.2.3 Održiv poslovni model

Budući da je izgradnja energane na gorivo iz otpada kapitalno intenzivan investicijski projekt, za čiju je realizaciju potreban čitav niz specifičnih znanja, kod odabira prikladnog poslovnog modela valja voditi računa da se financijski i tehnički rizik prebace na privatnog partnera. Od prethodno navedenih, taj uvjet zadovoljavaju samo dva modaliteta javno-privatnog partnerstva: BOO i BOOT. Pritom se prikladnijim može smatrati BOO modalitet (slika 16) jer za primjenu BOOT modaliteta nedostaje jasniji pravni okvir u vezi s dodjelom koncesije za energetska oporaba otpada. Primjena BOO modaliteta podrazumijeva da privatni partner financira, gradi i upravlja energanom na gorivo iz otpada te ona ostaje trajno u njegovom vlasništvu, ali uz istodobno zadovoljenje interesa javnog partnera.

Slika 16

#### BOO POSLOVNI MODEL ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA



Izvor: Autorova interpretacija

Interes javnog partnera podrazumijeva uspostavu održivog sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj te zbrinjavanje goriva iz otpada proizvedenog u centrima za gospodarenje otpadom na ekološki prihvatljiv način. Uloga javnog partnera ponajviše će doći do izražaja u pripremljivoj fazi, kada je projekt potrebno uskladiti sa svim institucionalnim i regulatornim ograničenjima te ishoditi potrebne dozvole za gradnju, a dijelom i u kasnijoj fazi kada će trebati

osigurati pouzdanu isporuku goriva iz otpada proizvedenog u Republici Hrvatskoj. S druge strane, uloga privatnog partnera doći će do izražaja kako u pripremljivoj tako i u kasnijoj fazi realizacije projekta jer će isti omogućiti pristup povoljnijem financiranju te nužnim poslovnim i tehničkim znanjima.

U skladu s predloženim poslovnim modelom, projektne aktivnosti, kao što su priprema, izgradnja i upravljanje energanom na gorivo iz otpada, provodit će društvo posebne namjene, inicijalno formirano od strane javnog partnera. Nakon osmišljavanja projekta i njegova uklapanja u nacionalni sustav gospodarenja otpadom, u vlasničku strukturu tog društva bit će uključen privatni partner koji bi svojom financijskom snagom i specifičnim znanjima trebao uspješno realizirati projekt. Da bi interes javnog partnera bio očuvan i nakon uključivanja privatnog partnera, javni partner bi svo vrijeme trajanja projekta trebao ostati u vlasničkoj strukturi te unaprijed jasno definirati uvjete uključivanja privatnog partnera.

### **4.3 Tehničko tehnološka obilježja energane**

#### **4.3.1 Tehnološki proces**

Energana na gorivo iz otpada podrazumijeva skup građevina, uređaja i opreme povezanih u jedinstvenu funkcionalnu cjelinu čija je temeljna svrha proizvodnja energije (slika 17). Uobičajeno se radi o istodobnoj proizvodnji električne i toplinske energije. Proizvedenu električnu energiju je moguće dalje isporučiti u elektroenergetski sustav dok je toplinsku energiju potrebno isporučiti potrošačima u neposrednoj blizini energane. Dodatna korist takvih energana je smanjenje ukupne količine otpada koji bi se u suprotnom odložio na odlagalištu.

Tehnološki proces proizvodnje energije u energani na gorivo iz otpada moguće je podijeliti na sljedeće aktivnosti:<sup>138</sup>

- doprema i prihvrat goriva,
- skladištenje goriva,
- priprema goriva (ako već nije prethodno provedeno),

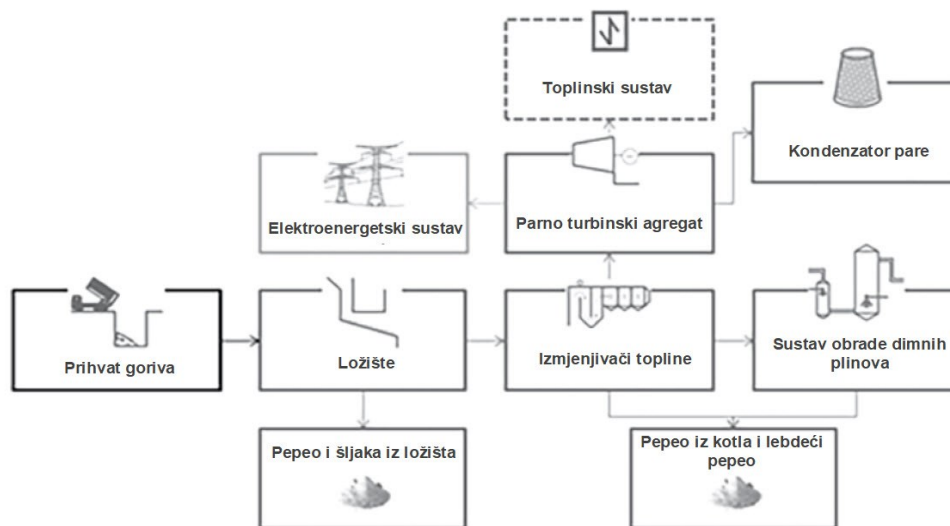
---

<sup>138</sup> Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau, p. 21.

- doziranje goriva,
- izgaranje goriva,
- proizvodnja električne i toplinske energije,
- obrada dimnih plinova,
- ispušt dimnih plinova,
- praćenje i kontrola emisija,
- obrada i kontrola otpadnih voda (ako postoje),
- zbrinjavanje krutih ostataka.

Slika 17

### SHEMATSKI PRIKAZ TEHNOLOŠKOG PROCESA ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA



Izvor: Kalogirou, E. N. (2017). *Waste to Energy: Technologies and Global Applications*. 1<sup>st</sup> Edition. p. 22. Boca Raton: CRC Press

Uobičajeno se gorivo iz otpada doprema do enerģane cestovnim putem. U tu svrhu koriste se tegljači s poluprikolicom koja ima pomičnu podnicu ili poluprikolicom kiper izvedbe. Ako u blizini enerģane na gorivo iz otpada postoji adekvatna infrastruktura, gorivo iz otpada je moguće dopremiti i željeznicom, a u iznimnim slučajevima i riječnim (plovnim) putem.

Procedura prihvata goriva iz otpada propisana je Pravilnikom o termičkoj obradi otpada. Pa tako, prije samog prihvata provodi se uzorkovanje, vaganje i provjera odgovara li pošiljka količini i fizikalno kemijskim svojstvima navedenima u pratećoj dokumentaciji. U slučaju sumnje u istinitost podataka, pošiljka se o trošku pošiljatelja vraća pošiljatelju ili se privremeno

skladišti do konačne provjere istinitosti podataka. Pošiljka koja ne odgovara podacima iz prateće dokumentacije ne smije se preuzeti.<sup>139</sup>

Jednom prihvaćeno gorivo, ako je potrebno, dodatno se priprema u energani. Priprema goriva iz otpada najčešće podrazumijeva raspakiravanje, kada je gorivo pakirano u bale, te dodatno usitnjavanje, kada gorivo sadrži krupnije čestice.<sup>140</sup>

Gorivo iz otpada uobičajeno se skladišti u vodonepropusnom betonskom bunkeru. Kapacitet bunkera uobičajeno je dostatan za oko 5 dana rada energane. Ujednačena kalorijska vrijednost i sastav goriva održava se njegovim miješanjem pomoću visećih grabilica. Istim tim grabilicama gorivo se iz bunkera ubacuje u spremnik u obliku lijevka iz kojeg se dalje kontinuirano dozira u komoru izgaranja. Širenja neugodnog mirisa sprječava se održavanjem potlaka u bunkeru na način da se zrak iz bunkera isisava i upuhuje u komoru izgaranja.<sup>141</sup>

Tehnologija izgaranja goriva iz otpada razlikuje se ovisno o izvedbi komore izgaranja. Komora izgaranja može biti konstruirana za izgaranje na pomičnoj rešetci, za izgaranje u fluidiziranom sloju i za izgaranje u rotirajućoj peći (slika 18).<sup>142</sup> Svaka od prethodno navedenih izvedbi komora izgaranja ima svoje prednosti i nedostatke pa odabir optimalne varijante ovisi o specifičnostima planiranog investicijskog projekta. Pa tako, za izgaranje goriva iz otpada, prethodno pripremljenog u centrima za gospodarenje otpadom, najprikladnija je tehnologija izgaranja u fluidiziranom sloju. Radi se izgaranju u sloju inertnih čestica fluidiziranih upuhivanjem zraka s donje strane komore izgaranja. Fluidizirani sloj čine inertne čestice nalik pijesku, čestice goriva iz otpada i pepeo nastao izgaranjem tog goriva. Zbog dobrog miješanja čestica i povoljnih termodinamičkih karakteristika, izgaranje u fluidiziranom sloju je energetski učinkovitije od alternativnih tehnologija izgaranja goriva iz otpada.<sup>143</sup>

---

<sup>139</sup> Pravilnik o termičkoj obradi otpada, Narodne novine br. 75/16. (2016.), članak 11., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_08\\_75\\_1755.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_08_75_1755.html)

<sup>140</sup> Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S. & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau, p. 23.

<sup>141</sup> Ibid. p. 25.

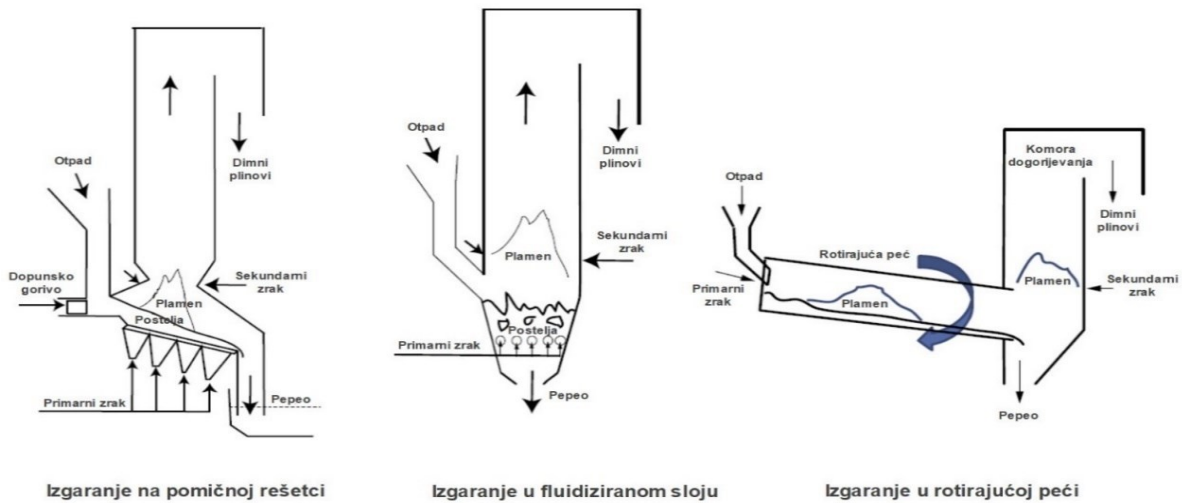
<sup>142</sup> Kalogirou, E. N. (2017). *Waste to Energy: Technologies and Global Applications*. 1<sup>st</sup> Edition. Boca Raton: CRC Press, pp. 26-30.

<sup>143</sup> Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau, pp. 51-53.



## Slika 18

### SHEMATSKI PRIKAZ TEHNOLOGIJE IZGARANJA GORIVA IZ OTPADA



Izvor: Leckner, B. (2014). Process aspects in combustion and gasification Waste-to-Energy (WtE) units. *Waste Management*, 37, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.04.019>

Tehnologija izgaranja na pomičnoj rešetki manje je prikladna tehnologija jer uvjetuje spaljivanje krupnijih čestica goriva, najčešće nesortiranog miješanog komunalnog otpada, niže ogrjevne vrijednosti.<sup>144</sup> Izgaranje u rotirajućoj peći također predstavlja energetski manje učinkovitu tehnologiju, ali koja je svoju primjenu pronašla u cementnoj industriji gdje rotirajuća peć ujedno predstavlja i reaktor za proizvodnju klinkera.<sup>145</sup>

Toplinska energija nastala izgaranjem goriva iz otpada se putem izmjenjivača topline iskorištava za proizvodnju vodene pare. Proizvedena vodena para predaje se parno turbinskom agregatu pomoću kojeg se proizvodi korisna električna energija. Dio proizvedene električne energije se iskorištava za pogon vlastitih uređaja energane dok se preostali dio isporučuje u elektroenergetski sustav. Korisna toplinska energija proizvodi se oduzimanjem pare s parne turbine, kao dijela parno turbinskog agregata. Preostala para po izlasku iz parne turbine se kondenzira kako bi ciklus proizvodnje energije počeo iznova.

Nakon predaje toplinske energije, dimni plinovi upućuju se na obradu kako bi se smanjila koncentracija onečišćujućih tvari. Tipične onečišćujuće tvari sadržane u dimnim plinovima

<sup>144</sup> Kalogirou, E. N. (2017). *Waste to Energy: Technologies and Global Applications*. 1<sup>st</sup> Edition. Boca Raton: CRC Press, pp. 26-30.

<sup>145</sup> Bouhafs, M., Meghdir, A., & Belhadadji, Y. (2018). Mechanical Comportment of a Cement Plant Rotary Kiln. *4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Mechanical Engineering* (pp. 1-6.). Istanbul: Yildiz Technical University.

nastalim izgaranjem goriva iz otpada jesu prašina, metali i metaloidi (posebice živa - Hg), kiseli plinovi (klorovodik - HCl, fluorovodik - HF i sumporni dioksid - SO<sub>2</sub>), dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>), ugljikov monoksid (CO), amonijak (NH<sub>3</sub>), organski spojevi (TOC/TVOC) te dioksini i furani.<sup>146</sup>

Koncentracija dušikovog oksida može se smanjiti primjenom selektivne nekatalitičke ili katalitičke redukcije. Selektivna nekatalitička redukcija podrazumijeva dodavanje reagensa, najčešće amonijačne vode, u struju dimnih plinova, temperature oko 850 do 1 100 °C, u komori izgaranja. Učinkovitiji način smanjenja koncentracije dušikovih oksida, a koji je ujedno i predviđen za predmetnu energanu na gorivo iz otpada, je selektivna katalitička redukcija. Taj postupak podrazumijeva dodavanje reagensa u struju dimnih plinova, temperature oko 160 do 450 °C, uz prisustvo katalizatora.<sup>147</sup>

Koncentracija kiselih plinova može se smanjiti primjenom više tehnologija, kao što su suhi, polusuhi i mokri postupak obrade dimnih plinova. Kod suhog postupka, u struju dimnih plinova dodaje se kalcijev hidroksid ili natrijev hidrogenkarbonat, dok se kod polusuhog i mokrog postupka uobičajeno dodaje kalcijev hidroksid i voda. Iako je od prethodno navedenih najučinkovitiji mokri postupak, radi se o postupku kod kojeg nastaje otpadna tehnološka voda kontaminirana solima i teškim metalima, a koju je potrebno naknadno obraditi. Za predmetnu energanu na gorivo iz otpada predviđena je primjena polusuhog postupka obrade dimnih plinova. Radi se o postupku još uvijek visoke učinkovitosti, ali kod kojeg ne nastaje otpadna voda.<sup>148</sup>

Koncentracija metalnih i organskih spojeva, uključujući dioksina i furana, uobičajeno se smanjuje dodavanjem aktivnog ugljika ili koksa kao adsorbensa. Onečišćene čvrste suspendirane čestice izdvajaju se iz dimnih plinova taloženjem u vrećastom filteru.<sup>149</sup>

Tako pročišćeni dimni plinovi kontrolirano se ispuštaju putem dimnjaka u atmosferu. Kako ne bi došlo do negativnog utjecaja na okoliš, uključujući na zdravlje ljudi, provodi se kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari. Mjerenje se provodi putem automatskog mjernog

---

<sup>146</sup> Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau, p. 10.

<sup>147</sup> Löschau, M., & Karpf, R. (2015). *Flue Gas Treatment – State of the Art* [EPub]. pp. 7-9. Retrieved from [https://www.ete-a.de/img/Vortraege/50\\_Flue\\_gas\\_Treatment\\_-\\_State\\_of\\_the\\_Art.pdf](https://www.ete-a.de/img/Vortraege/50_Flue_gas_Treatment_-_State_of_the_Art.pdf)

<sup>148</sup> Ibid. pp. 11-19.

<sup>149</sup> Ibid. pp. 5-6.

sustava. Tako izmjereni podaci kontinuirano se šalju informacijskom sustavu za praćenje emisija na nacionalnoj razini, a kojim upravlja nadležno ministarstvo.<sup>150</sup>

Izgaranjem krutog oporabljenog goriva nastat će pepeo. Pored pepela, nastat će i određena količina šljake (rastopljeni kruti ostaci izgaranja). Tako nastali pepeo može sadržavati i neizgoreni vrijedni sirovinski ostatak poput stakla, keramike, metala te minerala, a koji je moguće naknadnom obradom izdvojiti. Pored pepela iz ložišta, u sustavu za obradu dimnih plinova izdvojit će se i tzv. lebdeći pepeo. Lebdeći pepeo čine sitne čestice i u pravilu ga ima znatno manje od pepela iz ložišta. Za razliku od pepela iz ložišta koji je najčešće moguće klasificirati kao neopasni otpad, lebdeći pepeo se, zbog velike koncentracije raznih onečišćujućih tvari izdvojenih iz dimnih plinova, klasificira kao opasan otpad. Iz tog razloga pepeo iz ložišta i lebdeći pepeo se sakupljaju u zasebnim spremnicima.<sup>151</sup>

#### 4.3.2 Kapacitet energane na gorivo iz otpada

Kapacitet proizvodnje goriva iz otpada (poglavlje 3.3.4) u nacionalnim centrima za gospodarenje otpadom podjednako je podijeljen na Kontinentalnu i Jadransku Hrvatsku, te iznosi oko 160 000 t/god za pojedinu regiju. Ako se Kontinentalnoj Hrvatskoj pridruži i proizvodnja goriva iz otpada u MBO Varaždin, tada je kapacitet te regije na razini nešto većoj od 190 000 t/god (slika 19).

Uvažavajući specifični geografski oblik Republike Hrvatske, ali i udaljenosti između centara za gospodarenje otpadom (udaljenost je od Orlovnjaka, u Osječko-baranjskoj županiji, do Lučinog razdolja, u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, bez prelaska državne granice iznosi oko 900 km), moguće je pretpostaviti da će za cjelovitost održivog sustava gospodarenja otpadom biti potrebno predvidjeti više lokacija za energetske oporabu otpada. Koliko je lokacija potrebno predvidjeti još nije poznato, ali njihov broj zasigurno će ovisiti o brojnim čimbenicima kao što su lokacijska obilježja, blizina potrošača energije, raspoloživost goriva iz otpada u neposrednoj blizini energane, okolišni uvjeti i drugo.

---

<sup>150</sup> Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 127/19 (2019.), članak 18-37., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_12\\_127\\_2553.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_12_127_2553.html)

<sup>151</sup> Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S. & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau, pp. 244-269.

Slika 19

## RASPODJELA GORIVA IZ OTPADA NA KONTINENTALNU I JADRANSKU HRVATSKU



Izvor: Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije (b.d.), Predstavljena studija o izradi prijedloga nove NUTS 2 klasifikacije, preuzeto 7. lipnja 2021. s <https://razvoj.gov.hr/vijesti/predstavljena-studija-o-izradi-prijedloga-nove-nuts-2-klasifikacije/3945>

Kako u trenutku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada nije bilo moguće jasno definirati ni lokacije za energetske oporabe tako nije bilo moguće niti jasno definirati adekvatan kapacitet određene energane na gorivo iz otpada. Kapacitet pojedine energane na gorivo iz otpada će, pored prethodno navedenih čimbenika za odabir lokacije, također ovisiti i o mogućnosti zadovoljenja uvjeta učinkovite energetske oporabe. Zadovoljenje prethodno navedenog uvjeta ponajviše će ovisiti o mogućnostima plasmana električne i/ili toplinske energije proizvedene u energani na gorivo iz otpada (poglavlje 4.3.4).

Za usporedbu, u Europi je prisutan velik broj energana na gorivo iz otpada različitog kapaciteta. Prosječni kapacitet spaljivanja otpada u europskoj energani na gorivo iz otpada je oko 170 000 t/god. Pritom valja istaknuti da se u državama poput Nizozemske, Portugala, Mađarske, Španjolske i Austrije često mogu pronaći velike energane na gorivo iz otpada, kapaciteta većeg od 400 000 t/god, dok su u državama poput Norveške, Danske, Švicarske i Francuske češće prisutne manje energane na gorivo iz otpada, kapaciteta 80 000 do

120 000 t/god.<sup>152</sup> Uvažavajući prethodno navedeno, daljnja analiza provedena je upravo na tipičnoj energiji na gorivo iz otpada kapaciteta spaljivanja otpada od 170 000 t/god.

#### 4.3.3 Maseno energetska bilanca

Za potrebe analize najvažnijih energetske tokova pretpostavljena je energetska bilanca energane na gorivo iz otpada (tablica 10).<sup>153</sup> Bilanca je pretpostavljena za hipotetski slučaj zadovoljenja energetske potrebe jednog karakterističnog industrijskog potrošača. Energetske potrebe tog potrošača podrazumijevaju cjelogodišnju potrošnju električne energije, oko 125 GWh/god, s prosječno angažiranom električnom snagom na razini 15 MW, te cjelogodišnju potrošnju pare tlaka 7 bar i temperature 180 °C, oko 400 000 t/god, s prosječnom potrošnjom pare na razini 50 t/h.

Tablica 10

#### ENERGETSKA BILANCA ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA

Stavka	Jedinica	Iznos
<b>Ulazni energetske tokovi</b>	<b>MWh/god</b>	<b>761 990</b>
Gorivo iz otpada	MWh/god	708 333
	t/god	170 000
Prirodni plin	MWh/god	53 657
	Nm <sup>3</sup> /god	5 365 667
<b>Izlazni energetske tokovi</b>	<b>MWh/god</b>	<b>423 444</b>
Bruto proizvedena električna energija	MWh/god	154 000
Vlastita potrošnja energane	MWh/god	34 000
Isporučeno industrijskom potrošaču	MWh/god	110 000
Isporučeno u elektroenergetski sustav	MWh/god	10 000
Toplinska energija, para tlaka 7 bar i temperature 180 °C isporučena industrijskom potrošaču	MWh/god	269 444
	t/god	400 000
<b>Prosječna godišnja učinkovitost (izlazni tok/ ulazni tok)</b>	<b>%</b>	<b>55,6</b>

Izvor: Autorova interpretacija

<sup>152</sup> Scarlat, N., Fahl, F., & Dallemand, J. F. (2019). Status and Opportunities for Energy Recovery from Municipal Solid Waste in Europe. *Waste and Biomass Valorization*, 10, 2425-2444. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0297-7>

<sup>153</sup> Udovičić, B. (1993.), Energetska bilanca, u: Matutinović, Ž. (ur.), *Energetika* (str. 225-235.), Zagreb: Školska knjiga

U energiji na gorivo iz otpada, najvažniji ulazni energetska tok je energija sadržana u gorivu iz otpada. Ta je energija procijenjena umnoškom ukupno utrošenog goriva iz otpada tj. 170 000 t/god, i pretpostavljene prosječne donje ogrjevnosti tog goriva od 15 MJ/kg. Uz pretpostavljenu učinkovitost proizvodnje topline izgaranjem tog goriva od 87 %, ukupna toplinska snaga takve energane, izražena u snazi utrošenog goriva iz otpada, je na razini nešto nižoj od 90 MW. Pored goriva iz otpada, potrebno je osigurati i dostupnost sekundarnog goriva kao npr. prirodnog plina. Sekundarnim gorivom koristi se povremeno, najčešće za pokretanje energane, a može se koristiti i za održavanje temperature izgaranja te za zagrijavanje dimnih plinova u određenoj izvedbi sustava za obradu dimnih plinova.

Toplina oslobođena izgaranjem goriva iz otpada koristi se za proizvodnju pare tlaka do 70 bar i temperature oko 500 °C, nominalno na razini 100 t/h. Tako proizvedena para predaje se parno turbinskom agregatu u kojemu se proizvodi jedan od najvažnijih izlaznih energetskih tokova, a to je električna energija. Za prethodno navedene parametre pare, nominalna bruto električna snaga parno turbinskog agregata bit će na razini višoj od 28 MW. Kada se iz parne turbine oduzme dio pare tlaka 7 bar radi zadovoljenja toplinskih potreba industrijskog potrošača, prosječna bruto električna snaga kretat će se na razini 19 MW. Nadalje, prosječna neto električna snaga, preostala nakon iskorištenja dijela proizvedene električne energije za pogon uređaja nužnih za rad energane tzv. vlastita potrošnja, kretat će se na razini 15 MW. Neto proizvedena električna energija iskoristit će se ponajviše za tehnološke potrebe industrijskog potrošača, a eventualni viškovi te energije, nastali zbog dinamike njezine proizvodnje, mogu se isporučiti u elektroenergetski sustav.

Idući najvažniji izlazni energetska tok je toplinska energija u obliku pare. Ista se proizvodi oduzimanjem s parne turbine te se predaje industrijskom potrošaču. Njezinom kondenzacijom oslobađa se toplinska energija nužna za tehnološki proces kod potrošača. Predana energija predstavlja umnožak razlike entalpije, tj. energetske vrijednosti predane pare i povratnog kondenzata pretpostavljene na 2 425 kJ/kg, i ukupno isporučene pare, u prosjeku 50 t/h.

Pored analize najvažnijih energetskih tokova, provedena je i analiza masenih tokova preostalih tvari koje je važno sagledati u predmetnoj analizi (tablica 11). Od tvari koje ulaze u energanu na gorivo iz otpada valja istaknuti kvarcni pijesak, kojim se održava minimalna količina fluidiziranog sloja u komori izgaranja, te ostale tvari poput reagensa, apsorpcijskih i

adsorpcijskih sredstva, a koje se dodaju u procesu obrade dimnih plinova. Od tvari koje izlaze iz energane posebno valja istaknuti krute ostatke tj. pepeo iz ložišta te lebdeći pepeo.

Tablica 11

MASENI TOKOVI PREOSTALIH TVARI

Stavka	Jedinica	Iznos
<b>Tvari koje ulaze u energanu</b>		
Kvarcni pijesak za nadopunu fluidiziranog sloja	t/god	2 125
Procesna voda za smanjenja sumpornih spojeva	m <sup>3</sup> /god	57 600
Amonijakna voda za smanjenje dušičnih spojeva	t/god	504
Hidratizirano vapno za smanjenje kiselih plinova	t/god	5 040
Aktivni ugljik za smanjenje toksičnih spojeva	t/god	120
<b>Tvari koje izlaze iz energane (kruti ostaci)</b>		
Pepeo iz ložišta	t/god	27 197
Lebdeći pepeo	t/god	6 799

Izvor: Autorova interpretacija

#### 4.3.4 Kriterij učinkovitosti energetske uporabe

Da bi se proizvodnja energije u energani na gorivo iz otpada smatrala energetsom uporabom, mora se zadovoljiti kriterij učinkovitosti energetske uporabe. Pritom valja istaknuti da taj kriterij ne podrazumijeva učinkovitost energetske pretvorbe u fizikalnom smislu nego se radi o pokazatelju učinkovitosti uporabe energije iz otpada.<sup>154</sup>

Zadovoljenje prethodno spomenutog kriterija učinkovitosti energetske uporabe temeljeni je preduvjet za ishođenje dozvole za R1 postupak, a koji podrazumijeva korištenje otpadom uglavnom kao gorivom ili drugi način dobivanja energije. Za postrojenja odobrena nakon 31. prosinca 2008. godine, minimalni prag prema tom kriteriju iznosi 0,65. Izračun tog kriterija moguće je zapisati na slijedeći način:<sup>155</sup>

<sup>154</sup> European Commission (2011). *Guidelines on the Interpretation of the R1 Energy Efficiency Formula for Incineration Facilities Dedicated to the Processing of Municipal Solid Waste According to Annex II of Directive 2008/98/EC on Waste* [EPub]. p. 6. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/framework/guidance.pdf>

<sup>155</sup> Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), Dodatak II., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)

$$Učinkovitost\ energetske\ uporabe = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)} \cdot CCF$$

gdje je:

$E_p$  ukupno godišnje proizvedena energija koja se izračunava na način da se proizvedena električna energija pomnoži s 2,6, a proizvedena toplinska energija, iskorištena u komercijalne svrhe, pomnoži s 1,1,

$E_f$  godišnje utrošena energija pomoćnog goriva iskorištenog za proizvodnju pare,

$E_w$  godišnje utrošena energija goriva iz otpada,

$E_i$  godišnje dodatno unesena energija, a koja nije uključena u  $E_w$  i  $E_f$ ,

$CCF$  klimatski korekcijski faktor koji se izračunava ovisno o stupanj danu grijanja ( $HDD$ ) lokacije energane na gorivo iz otpada, pa tako  $CCF = 1$  za  $HDD \geq 3\ 350$ ,  $CCF = 1,12$  za  $HDD \leq 2\ 150$  i  $CCF = -\left(\frac{0,12}{1\ 200}\right) \cdot HDD + 1,335$  za  $2\ 150 < HDD \leq 3\ 350$ .

Temeljem rezultata provedene analize učinkovitosti energetske uporabe otpada (tablica 12) moguće je zaključiti da energana na gorivo iz otpada, neovisno o tome nalazi li se na području Kontinentalne ili Jadranske Hrvatske, prelazi prag minimalne učinkovitosti energetske uporabe.

Tablica 12

UČINKOVITOST ENERGETSKE OPORABE ENERGANI NA GORIVO IZ OTPADA

Stavka	Jedinica	Iznos
<b>Ukupno proizvedena energija (<math>E_p</math>)</b>	<b>MWh/god</b>	<b>696 789</b>
Bruto električna energija pomnožena s 2,6	MWh/god	400 400
Komercijalno iskorištena toplinska energija pomnožena s 1,1	MWh/god	296 389
<b>Energija sadržana u gorivu iz otpada (<math>E_w</math>)</b>	<b>MWh/god</b>	<b>708 333</b>
<b>Pomoćno gorivo iskorišteno za proizvodnju pare (<math>E_f</math>)</b>	<b>MWh/god</b>	<b>37 181</b>
Prirodni plin za pokretanje postrojenja (cca 15 pokretanja)	MWh/god	1 764
Prirodni plin za održavanje temperature izgaranja	MWh/god	35 417
<b>Dodatno unesena energija (<math>E_i</math>)</b>	<b>MWh/god</b>	<b>16 476</b>
Prirodni plin u procesu obrade dimnih plinova	MWh/god	13 200
Prirodni plin za progrijavanje postrojenja kod pokretanja	MWh/god	3 276
<b>Klimatski korekcijski faktor (<math>CCF</math>)</b>	-	<b>1,045 – 1,120</b>
Kontinentalna Hrvatska ( $HDD = 2\ 900$ )	-	1,045



Stavka	Jedinica	Iznos
Jadranska Hrvatska ( <i>HDD = 1 600</i> )	-	1,120
<b>Učinkovitost energetske uporabe (minimalni prag od 0,65)</b>	-	<b>0,93 – 1,00</b>
Kontinentalna Hrvatska	-	0,93
Jadranska Hrvatska	-	1,00

Izvor: Autorova interpretacija

#### 4.4 Obilježja utjecaja na okoliš

Nastanak otpada već samo po sebi predstavlja svojevrsan izazov u pogledu zaštite okoliša. Jedna od mjera kojom se može ublažiti negativan utjecaj otpada na okoliš je njegova termička obrada. Termičkom obradom smanjuje se ukupna količina otpada s ciljem smanjenja ukupnog negativnog utjecaja na okoliš. Međutim, u procesu termičke obrade otpada, ovisno o tipu i načinu rada postrojenja, također dolazi do negativnog utjecaja na okoliš, a koji je moguće grupirati na sljedeći način:<sup>156</sup>

- emisija štetnih tvari u zrak i vodu,
- nastanak krutih ostataka,
- emisija buke,
- potrošnja energije i drugih sirovina,
- širenje neugodnog mirisa, te
- drugo.

Prilikom planiranja izgradnje postrojenja za termičku obradu otpada, velika pozornost posvećena je upravo emisiji štetnih tvari u zrak. Štetne tvari sadržane su u dimnim plinovima nastalima izgaranjem otpada, a njihova emisija odvija se isključivo putem dimnjaka. Međutim, napredak u tehnologiji obrade dimnih plinova rezultirao je bitnim smanjenjem emisije štetnih tvari u zrak. Od štetnih tvari koje se mogu naći u dimnim plinovima valja istaknuti krute čestice, kisele i druge plinove (HCl, HF, HBr, HI, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i NH<sub>3</sub>), ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) i druge spojeve ugljika (CO, VOC, PCDD/F, PCB) te teške metale (Hg, Cd, Tl, As, Ni i Pb).<sup>157</sup>

<sup>156</sup> Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S. & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau, p. 10.

<sup>157</sup> Ibid. p. 10.

Ovisno o tehnološkom procesu postrojenja za termičku obradu otpada, te ovisno o sustavu za obradu otpadnih voda, ovisi i emisija štetnih tvari u vodu. Od štetnih tvari koje je moguće emitirati u vodu valja istaknuti soli, metale, biocide te druge kemikalije potrebne u tehnološkom procesu.<sup>158</sup>

Kruti ostaci koji nastaju termičkom obradom otpada uvelike ovisе o koncepciji postrojenja za termičku obradu otpada i kvaliteti ulaznog otpada. Izgaranjem otpada uobičajeno nastaje pepeo i šljaka, uključujući pepeo iz ložišta i lebdeći pepeo te drugi kruti ostaci iz sustava za obradu dimnih plinova. U pepelu iz ložišta se mogu naći i vrijedne sirovine poput raznih metala, a koje je kasnijom obradom moguće reciklirati.<sup>159</sup>

Emisija buke iz postrojenja za termičku obradu otpada usporediva je s drugim postrojenjima za proizvodnju energije. Uobičajena je praksa da se postrojenja za termičku obradu otpada ugrađuju u potpuno zatvorene zgrade, osim nekih dijelova postrojenja za obradu dimnih plinova.<sup>160</sup>

Pored toga što proizvode energiju, postrojenja za termičku obradu otpada također i troše energiju za rad. Energiju je potrebno dovesti u obliku otpada kao goriva, dopunskog goriva (prirodnog plina ili drugo) za potrebe pokretanja postrojenja, održavanja temperature izgaranja te za zagrijavanje dimnih plinova, te u obliku električne energije kada postrojenje istu ne proizvodi. Za rad postrojenja također je potrebno dovesti i druge sirovine kao što su tehnološka voda, zrak, te razni reagensi, apsorpcijska i adsorpcijska sredstva za obradu dimnih plinova.<sup>161</sup>

Kako bi se mogući negativni utjecaji na okoliš sveli na najmanju moguću mjeru, već kroz postupak ocjene prihvatljivosti zahvata za okoliš identificirat će se mjere kojima je u najvećoj mogućoj mjeri moguće očuvati kakvoću okoliša.<sup>162</sup>

---

<sup>158</sup> Ibid. p. 11.

<sup>159</sup> Ibid. pp. 11-12.

<sup>160</sup> Ibid. p. 12.

<sup>161</sup> Ibid. pp. 13-14.

<sup>162</sup> Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (b.d.), Procjena utjecaja zahvata na okoliš (PUO), preuzeto 21. svibnja 2021. s <https://mingor.gov.hr/puo-spuo-4012/puo-4014/procjena-utjecaja-zahvata-na-okolis-puo-4021/4021>

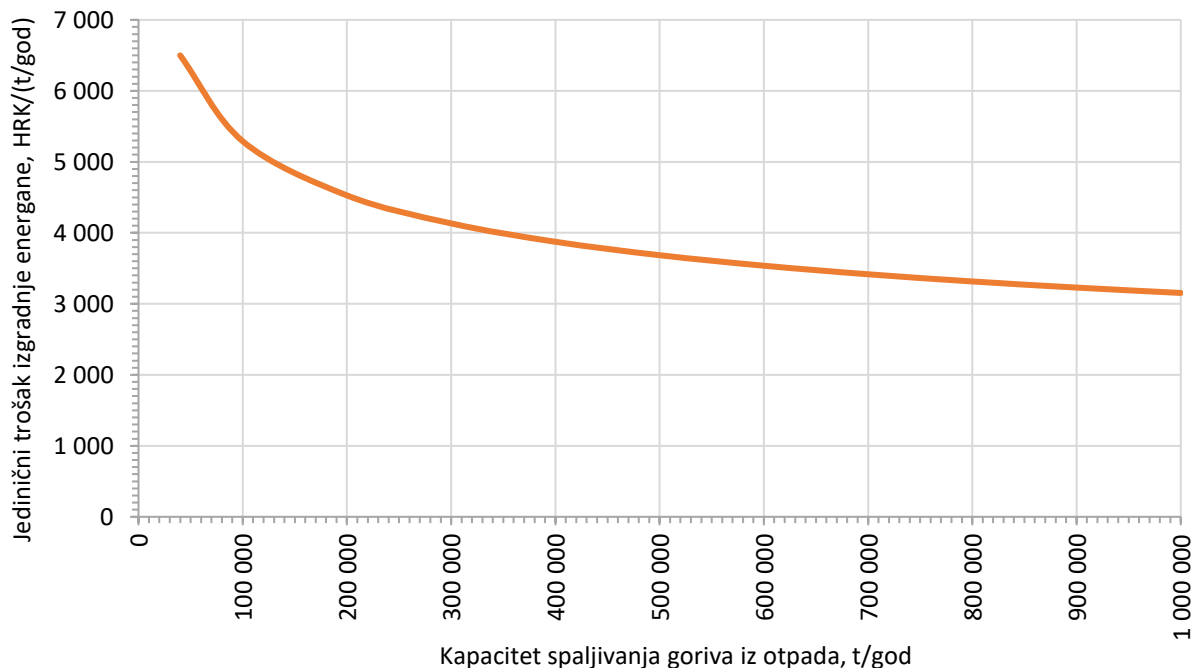
## 5. ANALIZA POSLOVNOG SLUČAJA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA

### 5.1 Procjena investicijskih ulaganja

Jedno od temeljnih obilježja izgradnje energane na gorivo iz otpada jesu iznimno visoki investicijski troškovi. Iznos investicijskih troškova ovisi o brojnim čimbenicima, kao što su veličina postrojenja, donja ogrjevna vrijednost goriva iz otpada, tehnologija spaljivanja, tehnologija obrade dimnih plinova, volumen skladišta za gorivo te o mnogočemu drugome.<sup>163</sup> Kretanje prosječnih jediničnih investicijskih troškova izgradnje energane na gorivo iz otpada može se prikazati u ovisnosti o kapacitetu spaljivanja goriva iz otpada (slika 20).

Slika 20

#### JEDINIČNI INVESTICIJSKI TROŠAK IZGRADNJE ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA



Izvor: Waste to Energy International (n.d.). Cost of incineration plant. Retrieved June 15, 2021, from <https://wteinternational.com/cost-of-incineration-plant/>

Iz priloženog dijagrama moguće je zaključiti da se prosječni investicijski trošak izgradnje energane na gorivo iz otpada, kapaciteta spaljivanja 170 000 t/god, kreće na razini oko 4 700 HRK/(t/god). Prema tome, ukupno ulaganje u energanu na gorivo iz otpada procijenjeno

<sup>163</sup> Tehrani, F.B., & Haghi, E. (2015). Techno-economic assessment of municipal solid waste incineration plant-case study of Tehran. *The First Sustainable Development of Engineering Systems in Energy, Water, and Environment*, 1-4. <https://www.semanticscholar.org/paper/Techno-economic-assessment-of-municipal-solid-waste-Tehrani-Haghi/c82cf874f2870fbac46ba6561c374d88212776be>

je na oko 825 milijuna HRK. Za potrebe daljnje analize pretpostavljena je slijedeća struktura investicijskog ulaganja (tablica 13).

Tablica 13

STRUKTURA INVESTICIJSKOG ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA

Stavka	Jedinica	Iznos
<b>Pripremne aktivnosti</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>2,5</b>
<b>Projektna dokumentacija, dozvole, tendering i drugo</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>10,0</b>
<b>Zemljište</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>6,0</b>
<b>Nabava opreme i izvođenje radova</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>735,0</b>
Građevinski radovi, uključujući skladištenje goriva	Milijun HRK	150,0
Kotlovsko postrojenje	Milijun HRK	300,0
Parno turbinski agregat i sustav kondenzacije pare	Milijun HRK	110,0
Sustav obrade dimnih plinova	Milijun HRK	150,0
Električni i upravljački sustav	Milijun HRK	15,0
Ostala oprema	Milijun HRK	10,0
<b>Upravljanje projektom i administracija, nadzor gradnje</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>15,0</b>
<b>Obrtni kapital</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>56,8</b>
<b>Ukupno ulaganje</b>	<b>Milijun HRK</b>	<b>825,3</b>

Izvor: Autorova interpretacija

## 5.2 Izvori financiranja i prosječni trošak kapitala

### 5.2.1 Struktura izvora financiranja

Izgradnja energane na gorivo iz otpada je kapitalno intenzivan investicijski projekt. Način financiranja njene izgradnje ovisit će ponajviše o vlasničkoj strukturi tj. radi li se o javnom ili privatnom vlasništvu. Zbog česte ograničenosti budžeta jedinica lokalne samouprave nije realno za očekivati da će iste težiti vlasništvu nad takvim postrojenjima. S druge strane, za svega 25 % vlastitog kapitala u ukupnoj strukturi financiranja projekta, privatni investitor uživa u pravima vlasništva nad postrojenjem. Vlasnički kapital može uložiti čitav niz investitora kao što su npr. promotor projekta, korporacija, investicijski fond, financijska institucija te drugi

privatni investitori.<sup>164</sup> Preostalih 75 % potrebnog ulaganja, privatni investitori uobičajeno financiraju kreditom.

Za potrebe provedene analize, pored ulaganja vlastitog kapitala, pretpostavljeno je financiranje putem dva kredita. Prvi kredit bit će iskorišten za financiranje osnovnih sredstava dok će drugi kredit biti iskorišten za financiranje početnog ulaganja u obrtni kapital. Daljnja analiza provedena je uz slijedeću strukturu izvora financiranja (tablica 14).

Tablica 14

#### STRUKTURA IZVORA FINANCIRANJA

Imovina	Izvori financiranja	Iznos	Vrijednosni udio
		Milijun HRK	%
Osnovna sredstva	Vlastiti kapital	206,3	25,0
	Kredit 1	562,2	68,1
Obrtni kapital	Kredit 2	56,8	6,9
Ukupno ulaganje		825,3	100,0

Izvor: Autorova interpretacija

#### 5.2.2 Prosječni trošak kapitala

Kao što je već prethodno spomenuto, diskontna stopa bit će jednaka trošku kapitala. S obzirom da će kapital biti sastavljen od više pojedinačnih komponenti, trošak kapitala bit će jednak ponderiranom prosječnom trošku kapitala. Ponderirani prosječni trošak kapitala utvrđen je temeljem troška pojedinačnih komponenti kapitala, a procjena kojih je detaljnije pojašnjena u nastavku.

#### Trošak duga

Trošak duga prije oporezivanja jednak je kamatnoj stopi na kredit. Za predviđena dva kredita, iznosi kamatnih stopa pretpostavljeni su na iznose jednake stopama koje Hrvatska banka za obnovu i razvitak nudi u okviru vlastitog kreditnog programa. Ulaganje u osnovna sredstva može biti financirano kreditom iz programa „Investicije privatnog sektora“, po fiksnoj nominalnoj kamatnoj stopi od 3 % godišnje, dok početno ulaganje u obrtni kapital može biti

<sup>164</sup> Rogoff, M. J., & Meng, F. S. (2019). Ownership and Financing of Waste-to-Energy Facilities. *Waste-to-Energy: Technologies and Project Implementation*, 3rd Edition, 169-182. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816079-4.00010-4>

financirano kreditom iz programa „Obrtna sredstva“, po fiksnoj nominalnoj kamatnoj stopi od 3,5 % godišnje.<sup>165</sup>

Da bi trošak duga bio usporediv s troškovima ostalih komponenti strukture kapitala, a koji su jednaki prije i nakon poreza, utvrđen je trošak druga nakon oporezivanja. U trenutku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, stopa poreza na dobit iznosila je 18 %.<sup>166</sup>

Za potrebe provedene analize troškovi stjecanja prethodno navedenih kredita su zanemareni.

### Trošak običnog kapitala

S obzirom da je predmetni poslovni slučaj zamišljen kao jedino ulaganje društva posebne namjene, a koje neće biti izlistano na burzi vrijednosnih papira kao npr. Zagrebačkoj burzi, obični kapital prikupit će se direktnim ulaganjem vlasnika tog društva. Iz tog razloga trošak običnog kapitala nije moguće utvrditi koristeći se ni modelom sadašnje vrijednosti dividendi tzv. Gordonovim modelom, niti modelom procjene vrijednosti kapitalne imovine. Za potrebe provedene analize trošak običnog kapitala utvrđen je primjenom modela troška duga uvećanog za premiju rizika.

Za procjenu troška običnog kapitala, primjenom prethodno spomenute metode, potrebno je utvrditi trošak duga prije poreza te premiju rizika na ulaganje u dionice. Trošak duga prije poreza jednak je ponderiranoj prosječnoj kamatnoj stopi na kredite kojima će se financirati predmetni investicijski projekt. Kao što je već prethodno navedeno, predviđena su dva kredita od kojih je jedan namijenjen financiranju osnovnih sredstava dok je drugi namijenjen financiranju početnog ulaganja u obrtni kapital. Uvažavajući vrijednosne udjele navedenih kredita i pripadajuće godišnje kamatne stope (poglavlje 5.2), trošak duga prije poreza procijenjen je na 3,0 %. Za potrebe provedene analize, premija rizika ulaganja u dionice u Republici Hrvatskoj pretpostavljena je na 6,48 %.<sup>167</sup>

---

<sup>165</sup> Hrvatska banka za obnovu i razvitak (b.d.), Kreditni programi, preuzeto 17. lipnja 2021. s [https://www.hbor.hr/kreditni\\_program/](https://www.hbor.hr/kreditni_program/)

<sup>166</sup> Zakon o porezu na dobit, Narodne novine br. 177/04., 90/05., 57/06., 146/08., 80/10., 22/12., 148/13., 143/14., 50/16., 115/16., 106/18., 121/19., 32/20. i 138/20. (2004.), članak 28., preuzeto s <https://www.zakon.hr/z/99/Zakon-o-porezu-na-dobit>

<sup>167</sup> Damodaran online (2021). Risk Premiums for Other Markets: Mid-year Update (July 2021), na dan: 20.7.2021 [Data file]. Retrieved from <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

Na temelju prethodno utvrđenih iznosa varijabli za primjenu metode troška duga prije poreza uvećanog za premiju rizika, trošak običnog kapitala procijenjen je na 9,5 % (tablica 15).

Tablica 15

TROŠAK OBIČNOG KAPITALA

Varijabla	Oznaka	Iznos
Trošak duga prije poreza	$k_D$	3,0 %
Premija rizika na ulaganje u dionice	$k_r = k_M - k_D$	6,5 %
Trošak običnog kapitala	$k_S = k_D + k_r$	9,5 %

Izvor: Autorova interpretacija

Ponderirani prosječni trošak kapitala

Na temelju prethodno utvrđenih troškova pojedinačnih komponenti strukture kapitala procijenjen je ponderirani prosječni trošak kapitala (tablica 16).

Tablica 16

IZRAČUN PONDERIRANOG PROSJEČNOG TROŠKA KAPITALA

Varijabla	Oznaka	Iznos
<b>Dug</b>		
Udio duga (kredit 1 i kredit 2)	$w_D$	75 %
Trošak duga nakon poreza (kredit 1 i kredit 2)	$k_D = k_b(1 - t)$	2,5 %
<b>Obični kapital</b>		
Udio običnog kapitala	$w_S$	25 %
Trošak običnog kapitala	$k_S$	9,5 %
<b>Ponderirani prosječni trošak kapitala</b>	<b><math>WACC = w_D \cdot k_D + w_S \cdot k_S</math></b>	<b>4,3 %</b>

Izvor: Autorova interpretacija

Prethodno procijenjen ponderirani prosječni trošak kapitala od 4,3 % primijenjen je kao diskontna stopa u daljnjoj analizi predmetnog poslovnog slučaja.

### 5.3 Procjena relevantnih godišnjih novčanih tokova projekta

Relevantni godišnji novčani tokovi projekta procijenjeni su za razdoblje promatranja od 25 godina. To razdoblje podrazumijeva 5 godina investiranja i 20 godina efektuiranja projekta. Budući da životni vijek energane na gorivo iz otpada može biti i znatno dulji od

pretpostavljenog razdoblja promatranja, u analizu relevantnih novčanih tokova uključena je i rezidualna vrijednost projekta.<sup>168</sup>

### 5.3.1 Novčani tokovi u razdoblju investiranja

Tijekom razdoblja investiranja relevantni godišnji novčani tokovi odnose se na troškove pripreme i izgradnje postrojenja te na ulaganje u početni iznos obrtnog kapitala. Pritom, prve dvije godine razdoblja investiranja podrazumijevaju pripremu projekta, uključujući ishođenje svih potrebnih dozvola i suglasnosti, dok preostale tri godine podrazumijevaju izgradnju postrojenja i njegovo puštanje u rad. Za potrebe daljnje analize pretpostavljena je slijedeća struktura i dinamika ulaganja (tablica 17).

Tablica 17

#### STRUKTURA I DINAMIKA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA

Stavka	Jedinica	2021	2022	2023	2024	2025	Ukupno
Pripremne aktivnosti	Milijun HRK	1,9	0,6				2,5
Projektna dokumentacija, dozvole, tendering i drugo	Milijun HRK	2,5	7,5				10,0
Zemljište	Milijun HRK		6,0				6,0
Nabava opreme i izvođenje radova	Milijun HRK	0,0	0,0	370,0	253,5	111,5	735,0
Upravljanje projektom i administracija, nadzor gradnje	Milijun HRK	2,3	2,3	3,5	3,5	3,5	15,0
Obrtni kapital	Milijun HRK					56,8	56,8
Ukupno ulaganje	Milijun HRK	6,63	16,38	373,50	257,00	171,79	825,3

Izvor: Autorova interpretacija

### 5.3.2 Novčani tokovi u razdoblju efektiviranja

Tijekom razdoblja efektiviranja projekta pojavit će se brojni relevantni novčani tokovi, a koje je moguće grupirati na slijedeći način:

<sup>168</sup> Trajanje razdoblja investiranja pretpostavljeno je na temelju autorova iskustva u pripremi sličnih energetskih postrojenja dok je trajanje razdoblja efektiviranja pretpostavljeno kao često promatrano razdoblje u analizi isplativosti investicijskih projekata.



- ulaganje u inkrementalno povećanje obrtnog kapitala,
- prihodi poslovanja,
- operativni troškovi poslovanja (fiksni i varijabilni) te
- amortizacija.

Za potrebe provedene analize, prihodi i operativni troškovi poslovanja korigirani su za očekivanu godišnju stopu inflacije od 1,5 %. Očekivana stopa inflacije procijenjena je na temelju analize kretanja prosječnog godišnjeg indeksa potrošačkih cijena u Republici Hrvatskoj za protekla dva desetljeća.<sup>169</sup>

### Ulaganje u inkrementalno povećanje obrtnog kapitala

Obrtni kapital podrazumijeva dio kratkotrajne imovine, točnije novac, financiran iz kvalitetnih dugoročnih izvora, a koji je nužan za održavanje likvidnosti društva.<sup>170</sup> Za potrebe provedene analize, potreban iznos obrtnog kapitala pretpostavljen je na 30 % od ukupnih godišnjih prihoda.<sup>171</sup> Zbog učinka inflacije na postupno povećanje cijene proizvoda i usluga, a posljedično i na povećanje prihoda i troškova projekta, dolazi do inkrementalnog povećanja potrebnog obrtnog kapitala, a što je potrebno pokriti dodatnih ulaganjima. Projekcija tih ulaganja dana je u slijedećoj tablici (tablica 18).

Tablica 18

#### PROJEKCIJA ULAGANJA U INKREMENTALNO POVEĆANJE OBRTNOG KAPITALA

Godina	Potreban obrtni kapital	Dodatno ulaganje u obrtni kapital	Godina	Potreban obrtni kapital	Dodatno ulaganje u obrtni kapital
	Tisuća HRK	Tisuća HRK		Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	56 790	1 319	2036	69 585	1 113
2027	58 109	1 325	2037	70 699	1 120
2028	59 434	1 330	2038	71 819	1 127
2029	60 764	1 336	2039	72 946	1 133
2030	62 100	1 189	2040	74 079	1 592
2031	63 289	1 288	2041	75 671	1 599

<sup>169</sup> Državni zavod za statistiku (2021.), Statistika u nizu – Indeksi potrošačkih cijena na dan: 14.7.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <https://www.dzs.hr/Hrv/Covid-19/cijene.html>

<sup>170</sup> Žager, K, Mamić Sačer, I., Sever, S. i Žager, L. (2008.), Pokazatelji analize financijskih izvještaja, u: Andrašić, V. (ur.), *Analiza financijskih izvještaja* (str. 243-298.), Zagreb: Masmedia

<sup>171</sup> Scott, R. (1978). Working capital and its estimation for project evaluation. *Engineering and Process Economics*, 3(2), 105-114. [https://doi.org/10.1016/0377-841X\(78\)90035-9](https://doi.org/10.1016/0377-841X(78)90035-9)

Godina	Potreban obrtni kapital	Dodatno ulaganje u obrtni kapital	Godina	Potreban obrtni kapital	Dodatno ulaganje u obrtni kapital
	Tisuća HRK	Tisuća HRK		Tisuća HRK	Tisuća HRK
2032	64 577	1 294	2042	77 270	1 606
2033	65 871	1 300	2043	78 876	1 613
2034	67 172	1 307	2044	80 489	1 621
2035	68 478	1 107	2045	82 110	

Izvor: Autorova interpretacija

U posljednjoj godini razdoblja promatranja dolazi do oslobađanja prethodno uloženog novca u obrtna sredstva. Ukupno će biti oslobođeno 82,1 milijun HRK.

### Prihodi poslovanja

Komponente strukture prihoda energane na gorivo iz otpada jesu:

- prihod od preuzimanja goriva iz otpada,
- prihod od prodaje električne energije i
- prihod od prodaje toplinske energije.

Pojedina komponenta strukture prihoda detaljnije je pojašnjena u nastavku.

#### *Prihod od preuzimanja goriva iz otpada*

Za energanu na gorivo iz otpada, prihod od preuzimanja goriva iz otpada predstavlja najvažniju komponentu strukture ukupnog prihoda. Cijena preuzimanja goriva iz otpada tzv. ulazna naknada (*Eng. Gate Fee*) formira se slobodno na tržištu. U pravilu kreće se od 60 do 90 EUR/t, a može biti i viša od 100 EUR/t, kao što je to slučaj u susjednoj Italiji i Austriji. Na formiranje cijene preuzimanja goriva iz otpada ponajviše utječu iznos naknade za odlaganje otpada, a koji se u nekim državama kreće na razini višoj od 100 EUR/t, te administrativna zabrana odlaganja pojedinih vrsti otpada.<sup>172</sup>

U slučaju Republike Hrvatske može se očekivati da će naknada za odlaganje otpada biti usvojena do uspostave održivog sustava gospodarenja otpadom, odnosno do izgradnje svih

<sup>172</sup> De Caebel, B., Le Bihan, M., & Michel, F. (2018). *Use of SRF and RDF in Europe: Literature review and administrative situations encountered in the field* [EPub]. Retrieved from [https://record-net.org/storage/etudes/16-0250-1A/synthese/Synth\\_record16-0250\\_1A.pdf](https://record-net.org/storage/etudes/16-0250-1A/synthese/Synth_record16-0250_1A.pdf)

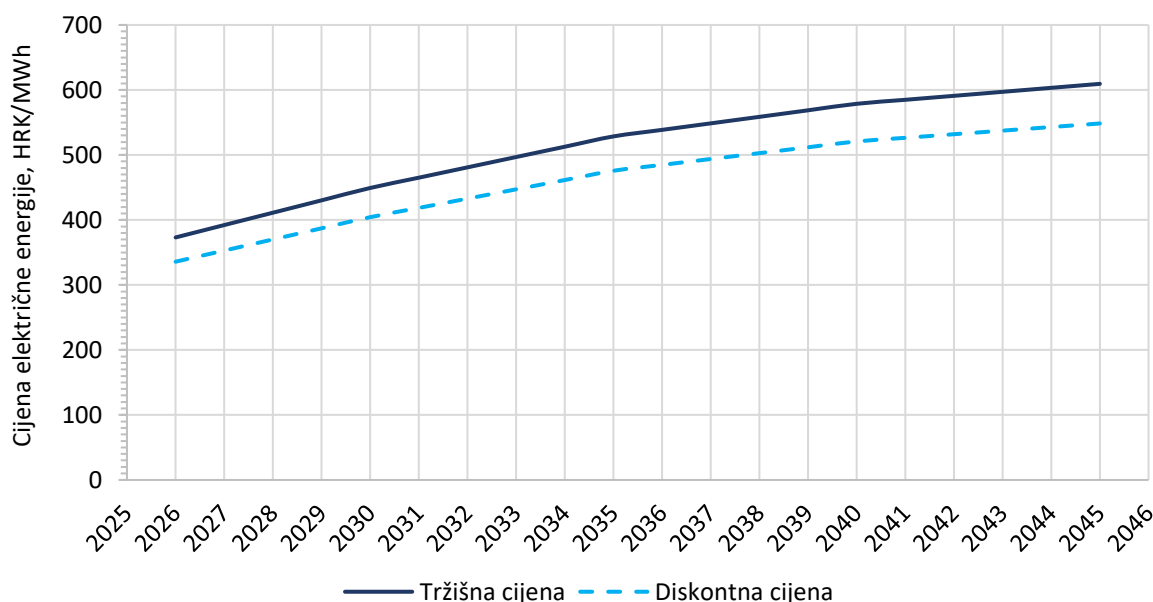
nacionalnih centara za gospodarenje otpadom. S obzirom da naknadu plaća operater odlagališta, iznos iste mora biti destimulativan za odlaganje otpada te istodobno poticajan za učinkovito obavljanje drugih postupaka gospodarenja otpadom, uključujući i energetska uporabu otpada. Uvažavajući prethodno navedeno, za potrebe provedene analize, cijena preuzimanja goriva iz otpada na pragu energane na gorivo iz otpada pretpostavljena je na 60 EUR/t, tj. 449,18 HRK/t izračunato prema srednjem tečaju Hrvatske narodne banke od 7,49 HRK/EUR na dan 19.7.2021. Projekcija prihoda od preuzimanja goriva iz otpada, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 1).

### *Prihod od prodaje električne energije*

Za predmetni poslovni slučaj pretpostavljeno je da će najveći dio neto proizvedene električne energije biti isporučen direktno industrijskom potrošaču u neposrednoj blizini energane na gorivo iz otpada. Interes industrijskog potrošača da preuzme tako proizvedenu električnu energiju moguće je pretpostaviti samo uz primjenu diskonta u odnosu na njenu tržišnu cijenu. Za potrebe provedene analize, spomenuti diskont pretpostavljen je na 10 % (slika 21).

Slika 21

### PROJEKCIJA KRETANJA TRŽIŠNE I DISKONTNE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE



Izvor: EIHP (2019.), *Analiza i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske: Bijela knjiga* [e-publikacija], preuzeto s <https://mingor.gov.hr/UserDocImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20planovi%20i%20programi/BIJELA%20KNJIGA%20--%20Analiza%20i%20podloge%20za%20izradu%20Strategije%20energetskog%20razvoja%20Republike%20Hrvatske.pdf>

Pored direktne isporuke električne energije obližnjem industrijskom potrošaču, višak energije može biti isporučen i u elektroenergetski sustav. Pritom valja napomenuti da su energane na gorivo iz otpada svrstane u grupu postrojenja pod nazivom „Kogeneracijska postrojenja koja koriste otpad te druga obnovljiva goriva“, a koja su uvrštena u program državnih potpora.<sup>173</sup> Spomenuti program državnih potpora odnosi se na poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije, a podrazumijeva sklapanje ugovora o tržišnoj premiji. Tržišna premija je novčani iznos kojeg Hrvatski operator tržišta energije d.o.o. isplaćuje povlaštenom proizvođaču električne energije dodatno na slobodno ugovorenu cijenu električne energije isporučene u elektroenergetski sustav. Pravo na sklapanje ugovora o tržišnoj premiji dodjeljuje operator tržišta energije putem javnog nadmetanja. Ugovori se sklapaju do ispunjenja kvote za ostvarenje nacionalnih ciljeva u proizvodnji električne i toplinske energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija.<sup>174</sup> Budući da za grupu kogeneracijskih postrojenja, u koju je moguće svrstati i predmetnu energanu na gorivo iz otpada, nije odobrena kvota, za potrebe provedene analize nije pretpostavljen dodatni prihod od tržišne premije.<sup>175</sup> Prihod od isporuke viška proizvedene električne energije u elektroenergetski sustav bit će ostvaren po prethodno projiciranoj tržišnoj cijeni električne energije.

Projekcija prihoda od prodaje električne energije po diskontnoj i tržišnoj cijeni, korigiranima za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 2).

#### *Prihod od prodaje toplinske energije*

Za potrebe provedene analize pretpostavljeno je da će sva proizvedena toplinska energija biti isporučena obližnjem industrijskom potrošaču. Jednako kao u slučaju isporuke električne energije, interes industrijskog potrošača da preuzme toplinsku energiju od energane na gorivo iz otpada moguće je pretpostaviti samo uz primjenu cijene koja je konkurentna onoj iz alternativne energane. Pretpostavljena konkurentna cijena toplinske energije jednaka je

---

<sup>173</sup> Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija, Narodne novine br. 116/18. i 60/20. (2018.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_12\\_116\\_2300.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_116_2300.html)

<sup>174</sup> Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji, Narodne novine br. 100/15. i 111/18. (2015.), članak 30., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_09\\_100\\_1937.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_100_1937.html)

<sup>175</sup> Uredba o kvotama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija, Narodne novine br. 57/20. (2020.), članak 4., preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_05\\_57\\_1141.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_05_57_1141.html)

proizvodnoj cijeni toplinske energije iz alternativne energane, izračunatoj uz pretpostavljenu stopostotnu učinkovitost energetske pretvorbe.<sup>176</sup>

Alternativnom energanom mogu se smatrati parni kotlovi na prirodni plin putem kojih je moguće proizvesti paru traženih parametara. Investicijski trošak izgradnje takve energane procijenjen je na oko 31,5 milijuna HRK, od čega oko 5 % otpada na pripremu projekta. Proizvodna cijena toplinske energije izračunata je uzimajući u obzir operative troškove, amortizaciju te odgovarajući prinos na osnovna sredstva. Od troškova posebno valja istaknuti trošak prirodnog plina, koji se kreće na razini 75 % ukupnog operativnog troška, te trošak emisije ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>), koji se kreće na razini 20 % ukupnog operativnog troška. Preostali troškovi poput održavanja, osiguranja, pogonskog osoblja te drugih troškova čine svega 5 % ukupnog operativnog troška. Trošak amortizacije ulaganja u opremu i izgradnju procijenjen je uz amortizacijsku stopu od 5 % dok je za ulaganje u pripremu projekta procijenjen uz amortizacijsku stopu od 20 %.

Projekcija prihoda od prodaje toplinske energije, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 3).

#### *Ukupni prihod*

Projekcija ukupnog prihoda poslovanja, uvažavajući prethodno opisane komponente strukture tog prihoda, prikazana je u slijedećoj tablici (tablica 19).

Tablica 19

#### PROJEKCIJA UKUPNOG PRIHODA

Godina	Preuzimanje goriva	Prodaja el. energije	Prodaja topline	Ukupan prihod
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	76 360	40 670	72 272	189 301
2027	77 505	42 742	73 450	193 697
2028	78 668	44 815	74 630	198 112
2029	79 848	46 887	75 811	202 547
2030	81 045	48 960	76 995	207 000

<sup>176</sup> Stopostotna učinkovitost energetske pretvorbe pretpostavljena je samo u svrhu izračuna konkurentne cijene proizvodnje toplinske energije. Učinkovitost energetske pretvorbe u stvarnim postrojenjima uvijek će biti niža od 100 %.

Godina	Preuzimanje goriva	Prodaja el. energije	Prodaja topline	Ukupan prihod
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2031	82 261	50 690	78 012	210 963
2032	83 495	52 420	79 342	215 257
2033	84 748	54 150	80 673	219 571
2034	86 019	55 880	82 007	223 905
2035	87 309	57 610	83 342	228 261
2036	88 619	58 703	84 629	231 951
2037	89 948	59 797	85 918	235 663
2038	91 297	60 890	87 209	239 396
2039	92 667	61 983	88 502	243 152
2040	94 057	63 077	89 796	246 930
2041	95 467	63 746	93 023	252 237
2042	96 899	64 415	96 252	257 567
2043	98 353	65 084	99 483	262 920
2044	99 828	65 753	102 716	268 298
2045	101 326	66 423	105 952	273 700

Izvor: Autorova interpretacija

### Varijabilni troškovi poslovanja

Varijabilni troškovi poslovanja podrazumijevaju troškove koji se mijenjaju ovisno o razini proizvodnje.<sup>177</sup> U slučaju energane na gorivo iz otpada varijabilni troškovi ovise o razini proizvodnje energije. U strukturi varijabilnih troškova moguće je razlikovati slijedeće komponente:

- trošak električne energije za rad pomoćnih sustava,
- trošak prirodnog plina kao dopunskog goriva,
- trošak nadopune fluidiziranog sloja,
- trošak emisije ugljikova dioksida,
- trošak reagensa te apsorpcijskog i adsorpcijskog sredstva i
- trošak zbrinjavanja pepela.

<sup>177</sup> Pepur, P. (2016.), *Računovodstvo troška* [e-publikacija], preuzeto s [https://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file\\_attach/Ra%C4%8Dunovodstvo%20tro%C5%A1kova%20-%20Petar%20Pepur.pdf](https://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file_attach/Ra%C4%8Dunovodstvo%20tro%C5%A1kova%20-%20Petar%20Pepur.pdf)

Pojedina komponenta strukture varijabilnih troškova detaljnije je pojašnjena u nastavku.

#### *Trošak električne energije za rad pomoćnih sustava*

Za rad pomoćnih sustava poput pripreme goriva, pomoćnih uređaja, rasvjete i slično potrebno je osigurati električnu energiju iz vanjske mreže na razini 5 000 MWh/god. Za potrebe provedene analize pretpostavljeno je da će ta energija biti isporučena po tržišnoj cijeni. Projekcija tog troška, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 4).

#### *Trošak prirodnog plina kao dopunskog goriva*

Prirodni plin se kod energane na gorivo iz otpada koristi povremeno, ponajviše kao dopunsko gorivo za potrebe održavanja temperature izgaranja, ali i kao gorivo za pokretanje energane. Također, kod određene konfiguracije sustava za obradu dimnih plinova, kao u slučaju predmetne energane, prirodni plin se koristi i kao gorivo za zagrijavanje dimnih plinova kako bi proces selektivne katalitičke redukcije bio što učinkovitiji. Za prethodno spomenute potrebe, ukupna potrošnja prirodnog plina pretpostavljena je na 53 657 MWh/god. Za potrebe provedene analize pretpostavljeno je da će prirodni plin biti ispušten po tržišnoj cijeni, uvećanoj za troškove njegova transporta i uslugu opskrbe.<sup>178</sup> Projekcija tog troška, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 5).

#### *Trošak nadopune fluidiziranog sloja*

U radu energane na gorivo iz otpada, zbog velike brzine upuhivanja zraka u ložište kotla, manji dio čestica fluidiziranog sloja (kvarcni pijesak) bude nepovratno odnesen van komore izgaranja. Za održavanje fluidiziranog sloja na odgovarajućoj razini potrebno je osigurati njegovu konstantnu nadopunu, na razini 3 kg/MWh utrošenog goriva iz otpada. Ukupna nadopuna fluidiziranog sloja kvarcnim pijeskom pretpostavljena je na oko 2 125 t/god. Za potrebe provedene analize pretpostavljeno je da će kvarcni pijesak biti nabavljen po cijeni od

---

<sup>178</sup> EIHP (2019.), *Analiza i podloge za izradu Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske: Bijela knjiga* [e-publikacija], preuzeto s <https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20planovi%20i%20programi/BIJELA%20KNJIGA%20--%20Analiza%20i%20podloge%20za%20izradu%20Strategije%20energetske%20razvoja%20Republike%20Hrvatske.pdf>

oko 500 HRK/t. Projekcija tog troška, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 6).

### *Trošak emisije ugljikova dioksida*

U radu energane na gorivo iz otpada dolazi do emisije stakleničkih plinova u zrak. Staklenički plinovi, od kojih posebice valja istaknuti ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), nastaju zbog izgaranja goriva iz otpada, ali i zbog izgaranja prirodnog plina, kao dopunskog goriva.

Do emisije CO<sub>2</sub> dolazi zbog izgaranja ugljika (C), a čiji sadržaj u gorivu iz otpada u pravilu iznosi oko 40 %. Pritom valja razlikovati emisiju CO<sub>2</sub> nastalu izgaranjem fosilne komponente goriva iz otpada, poput plastike, tekstila, guma, ulja i slično, od one nastale izgaranjem obnovljive komponente goriva iz otpada, poput papira, drveta, hrane i slično.<sup>179</sup> Emisija CO<sub>2</sub> iz fosilne komponente goriva iz otpada, a koja u pravilu čini oko 50 % ukupne emisije, smatra se štetnom za okoliš jer povećava razinu stakleničkih plinova u atmosferi. S druge strane, emisija CO<sub>2</sub> iz obnovljive komponente goriva iz otpada smatra se klimatski neutralnom.<sup>180</sup>

Još davne 2003. godine, Europska unija uspostavila je međunarodni sustav trgovanja emisijskim jedinicama tzv. ETS (*Eng. Emission Trading System*). Radi se o mehanizmu pomoću kojeg se, putem izdavanja dozvola za emisiju, nastoji poticati provedba troškovno učinkovitih mjera smanjenja emisije stakleničkih plinova, poglavito CO<sub>2</sub>.<sup>181</sup> Iako su postrojenja za spaljivanje komunalnog i opasnog otpada izuzeta od obveze uključivanja u ETS, isto neće vrijediti i za analiziranu energanu na gorivo iz otpada. Ta se energana klasificira kao postrojenje za suspaljivanje otpada jer joj je temeljna svrha proizvodnja energije, a ne termička obrada

---

<sup>179</sup> Johnke, B., Baldasano, J., Herold, A., Kranjc, A., Kutas, J., Mareckova, K., & Tanabe, K. (2000). Waste: Emissions from Waste Incineration. In Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanul, S. ... Tanabe, K. (Eds.), *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 25-31). Kanagawa (JPN): Published for the IPCC by the Institute for Global Environmental Strategies.

<sup>180</sup> Clerens, P., & Thuau, A. (2018). The Role of Waste-to-Energy (WtE) in the EU's Long-Term Greenhouse Gas Emissions Reduction Strategy. In Thiel, S., Thomé-Kozmiensky, E., Winter, F., & Juchelková, D. (Eds.), *Waste Management, Volume 8, Waste-to-Energy* (pp. 25-35). Neuruppin: TK Verlag Thomé-Kozmiensky.

<sup>181</sup> Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (b.d.), Sustav trgovanje emisijama stakleničkih plinova, preuzeto 20. kolovoza 2021. s <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-klimatske-aktivnosti-1879/sustav-trgovanja-emisijama-staklenickih-plinova/1890>



otpada.<sup>182</sup> Prema tome, energana na gorivo iz otpada bit će uključena u ETS te će imati trošak emisije CO<sub>2</sub> iz fosilne komponente goriva iz otpada i prirodnog plina.

Emisija CO<sub>2</sub> izgaranjem fosilne komponente goriva procijenjena je na 29 514 t<sub>CO2</sub>/god, prema slijedećem izrazu:<sup>183</sup>

$$CO_2 = GIO \cdot C_w \cdot C_f \cdot \eta_t$$

gdje je:

$CO_2$  emisija ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), izraženo u t/god,

$GIO$  ukupna količina goriva iz otpada, izraženo u t/god,

$C_w$  maseni udio ugljika (C) u gorivu iz otpada, izraženo u %,

$C_f$  udio fosilnog ugljika, odnosno fosilne komponente goriva iz otpada, izraženo u %, i

$\eta_t$  učinkovitost izgaranja goriva iz otpada.

Emisija CO<sub>2</sub> izgaranjem prirodnog plina procijenjena je na 10 837 t<sub>CO2</sub>/god, uz pomoć emisijskog faktora od 56,1 t<sub>CO2</sub>/TJ.<sup>184</sup>

Projekcija kretanja tržišne cijene emisijske jedinice CO<sub>2</sub> tijekom razdoblja efektuiranja projekta prikazana je na slijedećoj slici (slika 22) dok je projekcija ukupnog troška emisije CO<sub>2</sub>, korigirana za učinak inflacije, prikazana u tablici u prilogu (prilog tablica 7).

---

<sup>182</sup> European Commission (2010). *Guidance on Interpretation of Annex I of the EU ETS Directive (excl. aviation activities)* [EPub]. Retrieved from

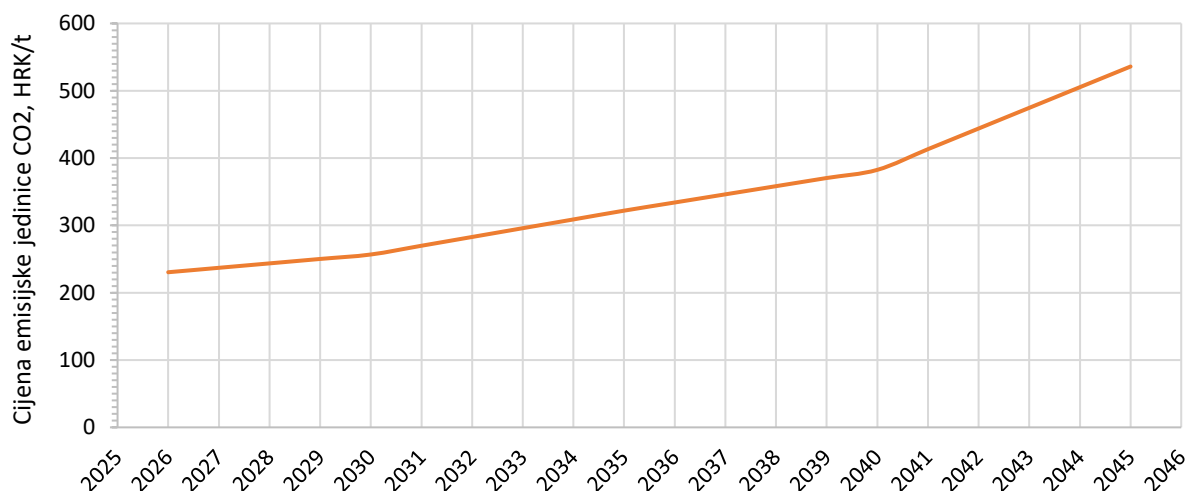
[https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/guidance\\_interpretation\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/guidance_interpretation_en.pdf)

<sup>183</sup> Johnke, B., Baldasano, J., Herold, A., Kranjc, A., Kutas, J., Mareckova, K., & Tanabe, K. (2000). Waste: Emissions from Waste Incineration. In Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanul, S. ... Tanabe, K. (Eds.), *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 25-31). Hayama (JPN): Institute for Global Environmental Strategies.

<sup>184</sup> Darío R. Gómez, D.R., Watterson, J.D., Americano, B.B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E. ... Treanton, K. (2006). Stationary Combustion. In Eggleston, H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., & Tanabe K. (Eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 6-44). Hayama (JPN): Institute for Global Environmental Strategies.

Slika 22

## PROJEKCIJA KRETANJA TRŽIŠNE CIJENE EMISIJSKE JEDINICE UGLJIKOVA DIOKSIDA



Izvor: EIHP (2019.), *Analiza i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske: Bijela knjiga* [e-publikacija], preuzeto s <https://mingor.gov.hr/UserDocImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20planovi%20i%20programi/BIJELA%20KNJIGA%20--%20Analiza%20i%20podloge%20za%20izradu%20Strategije%20energetskog%20razvoja%20Republike%20Hrvatske.pdf>

### *Trošak reagensa te apsorpcijskog i adsorpcijskog sredstva*

Sustav obrade dimnih plinova u energani na gorivo iz otpada moguće je ugrubo podijeliti na tri cjeline, kako slijedi: DeSO<sub>x</sub> sustav, DeNO<sub>x</sub> sustav i sustav za otprašivanje.

DeSO<sub>x</sub> sustav namijenjen je smanjenju koncentracije sumpornih i kiselih plinova. Koncentracija tih plinova smanjuje se dodavanjem apsorpcijskog sredstva poput hidratiziranog vapna i vode u struju dimnih plinova. Za potrebe provedene analize, cijena hidratiziranog vapna je pretpostavljena na 600 HRK/t, dok je cijena procesne vode pretpostavljena na 12 HRK/m<sup>3</sup>.

DeNO<sub>x</sub> sustav namijenjen je smanjenju koncentracije dušikova oksida. Koncentracija tog spoja smanjuje se dodavanjem reagensa poput amonijačne vode u struju dimnih plinova. Za potrebe provedene analize, cijena amonijačne vode je pretpostavljena na 1 500 HRK/t.

Sustav za otprašivanje namijenjen je smanjenju emisije krutih čestica, a posredno i smanjenju koncentracije raznih toksičnih spojeva. Ti se spojevi vežu na površinu čestice aktivnog ugljika koji se dodaje kao adsorpcijsko sredstvo. Za potrebe provedene analize, cijena aktivnog ugljika pretpostavljena je na 600 HRK/t.

Projekcija ukupnog troška dodavanja reagensa te apsorpcijskog i adsorpcijskog sredstva kod obrade dimnih plinova, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 8).

#### *Trošak zbrinjavanja pepela*

U radu energane na gorivo iz otpada nastaju dvije vrste krutih ostataka, poput pepela iz ložišta i lebdećeg pepela. Sakupljaju se u zasebnim spremnicima, a zbrinjavaju se odlaganjem na za to predviđenim odlagalištima.

Budući da će pepeo iz ložišta najčešće biti klasificiran kao neopasni otpad moguće ga je odložiti na odlagalište u neposrednoj blizini energane. Za potrebe provedene analize, cijena zbrinjavanja takvog pepela pretpostavljena je na 75 HRK/t.

S druge strane, lebdeći će pepeo zbog prisutnosti toksičnih spojeva uvijek biti klasificiran kao opasni otpad. Budući da u Republici Hrvatskoj ne postoji odlagalište predviđeno za odlaganje te vrste otpada, isti je potrebno odložiti u inozemstvu. Najbliža odlagališta opasnog otpada nalaze se u Austriji i Njemačkoj.<sup>185</sup> Za potrebe provedene analize, cijena zbrinjavanja takvog pepela pretpostavljena je na 2 250 HRK/t.

Projekcija ukupnog troška zbrinjavanja pepela iz ložišta i lebdećeg pepela, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 9).

#### *Ukupni varijabilni troškovi*

Projekcija ukupnih varijabilnih troškova, uvažavajući prethodno opisane komponente strukture tih troškova, prikazana je u slijedećoj tablici (tablica 20).

Tablica 20

#### PROJEKCIJA UKUPNIH VARIJABILNIH TROŠKOVA

Godina	Električna energija	Prirodni plin	Fluidizirani sloj	Emisija CO <sub>2</sub>	Obrada plinova	Pepeo	Ukupno
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	1 866	10 328	1 062	9 298	4 543	35 696	62 793

<sup>185</sup> Vehlou, J., Bergfeldt, B., Wilén, C., Ranta, J., Schwaiger, H., Visser, H.J.M., ... Brammer, J. (2007). *Management of Solid Residues in Waste-to-Energy and Biomass Systems* [EPub]. Retrieved from <https://d-nb.info/987681583/34>

Godina	Električna energija	Prirodni plin	Fluidizirani sloj	Emisija CO <sub>2</sub>	Obrada plinova	Pepeo	Ukupno
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2027	1 961	10 505	1 078	9 564	4 611	36 231	63 950
2028	2 056	10 683	1 094	9 830	4 681	36 774	65 118
2029	2 151	10 861	1 111	10 095	4 751	37 326	66 295
2030	2 246	11 039	1 128	10 361	4 822	37 886	67 482
2031	2 325	11 171	1 144	10 637	4 894	38 454	68 876
2032	2 405	11 303	1 162	10 912	4 968	39 031	70 281
2033	2 484	11 436	1 179	11 188	5 042	39 617	71 695
2034	2 563	11 568	1 197	11 464	5 118	40 211	73 121
2035	2 643	11 701	1 215	11 749	5 195	40 814	74 556
2036	2 693	11 834	1 233	12 029	5 273	41 426	75 937
2037	2 743	11 968	1 251	12 308	5 352	42 048	77 329
2038	2 793	12 102	1 270	12 587	5 432	42 678	78 732
2039	2 843	12 236	1 289	12 867	5 513	43 318	80 147
2040	2 893	12 370	1 309	13 146	5 596	43 968	81 572
2041	2 924	12 678	1 328	13 425	5 680	44 628	83 913
2042	2 955	12 986	1 348	13 704	5 765	45 297	86 265
2043	2 986	13 295	1 368	13 983	5 852	45 977	88 629
2044	3 016	13 604	1 389	14 262	5 940	46 666	91 005
2045	3 047	13 913	1 410	14 541	6 029	47 366	93 393

Izvor: Autorova interpretacija

### Fiksni troškovi poslovanja

Fiksni troškovi poslovanja podrazumijevaju troškove koji se ne mijenjaju ovisno o razini proizvodnje.<sup>186</sup> U slučaju energane na gorivo iz otpada moguće je razlikovati slijedeće fiksne troškove:

- trošak održavanja postrojenja,
- trošak osiguranja postrojenja,
- trošak zaposlenih i
- trošak naknada i drugi troškovi.

<sup>186</sup> Pepur, P. (2016.), *Računovodstvo troška* [e-publikacija], preuzeto s [https://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file\\_attach/Ra%C4%8Dunovodstvo%20tro%C5%A1kova%20-%20Petar%20Pepur.pdf](https://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file_attach/Ra%C4%8Dunovodstvo%20tro%C5%A1kova%20-%20Petar%20Pepur.pdf)

Pojedina komponenta strukture fiksnih troškova detaljnije je pojašnjena u nastavku.

#### *Trošak održavanja postrojenja*

Postrojenje energane na gorivo iz otpada potrebno je redovito održavati. Planirano redovno održavanje postrojenja, kada je rad postrojenja potpuno obustavljen, traje do 30-tak dana godišnje. Međutim, pored planiranog održavanja moguća je i pojava neplaniranog održavanja uslijed iznenadnog kvara neke komponente postrojenja, a koja također može uzrokovati kratkotrajnu obustavu rada postrojenja. Trošak održavanja energetskih postrojenja uobičajeno se procjenjuje kao udio od njihove nabavne vrijednosti, a za energanu na gorivo iz otpada je pretpostavljen na 3 %.<sup>187</sup> Projekcija tog troška, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 10).

#### *Trošak osiguranja postrojenja*

Jedna od mjera izbjegavanja rizika gubitka prihoda, odnosno neplaniranih povećanih troškova, je i ugovaranje osiguranja opreme postrojenja. Oprema postrojenja uobičajeno se osigurava od požara, kvara i loma. Trošak osiguranja energetskih postrojenja uobičajeno se procjenjuje kao udio od njihove nabavne vrijednosti, a za energanu na gorivo iz otpada pretpostavljen je na 0,5 %. Projekcija tog troška, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 11).

#### *Trošak zaposlenih*

Za upravljanje i rad energane na gorivo iz otpada pretpostavljeno je 30 stalno zaposlenih djelatnika. Manji dio tih djelatnika bit će zaposleno u administraciji dok će ostatak djelatnika biti zaposleno kao pogonsko osoblje. Za potrebe provedene analize, prosječni individualni trošak plaće pretpostavljen je na 150 000 HRK/god. Projekcija ukupnog troška za plaće svih stalno zaposlenih, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 12).

---

<sup>187</sup> Schneider, D.R., Lončar, D., & Bogdan, Ž. (2010). Cost Analysis of Waste-to-Energy Plant. *Strojarstvo*, 52 (3), 369-378. <https://hrcak.srce.hr/64432>

### *Trošak naknada i drugi troškovi*

Uz prethodno navedene fiksne troškove, u poslovanju energane na gorivo iz otpada javljaju se i troškovni raznih komunalnih i drugih naknada koje se plaćaju državi, ali i jedinici lokalne samouprave na čijem je području postrojenje izgrađeno. Pored spomenutih naknada, mogu se javiti i drugi troškovi koje, u ranoj fazi pripreme projekta, nije moguće precizno iskazati. Za potrebe provedene analize, trošak naknada i drugih troškova pretpostavljen je na 10 % od prethodno utvrđenih fiksnih troškova. Projekcija tog troška, korigirana za učinak inflacije, prikazana je u tablici u prilogu (prilog tablica 13).

### *Ukupni fiksni troškovi*

Projekcija ukupnih fiksnih troškova, uvažavajući prethodno opisane komponente strukture tih troškova, prikazana je u slijedećoj tablici (tablica 21).

Tablica 21

#### PROJEKCIJA UKUPNIH FIKSNIH TROŠKOVA

Godina	Održavanje	Osiguranje	Zaposleni	Naknade	Ukupno
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	22 050	3 675	4 500	3 023	33 248
2027	22 381	3 730	4 568	3 068	33 746
2028	22 716	3 786	4 636	3 114	34 252
2029	23 057	3 843	4 706	3 161	34 766
2030	23 403	3 901	4 776	3 208	35 288
2031	23 754	3 959	4 848	3 256	35 817
2032	24 110	4 018	4 920	3 305	36 354
2033	24 472	4 079	4 994	3 355	36 900
2034	24 839	4 140	5 069	3 405	37 453
2035	25 212	4 202	5 145	3 456	38 015
2036	25 590	4 265	5 222	3 508	38 585
2037	25 974	4 329	5 301	3 560	39 164
2038	26 363	4 394	5 380	3 614	39 751
2039	26 759	4 460	5 461	3 668	40 348
2040	27 160	4 527	5 543	3 723	40 953
2041	27 568	4 595	5 626	3 779	41 567
2042	27 981	4 664	5 710	3 836	42 191

Godina	Održavanje	Osiguranje	Zaposleni	Naknade	Ukupno
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2043	28 401	4 733	5 796	3 893	42 823
2044	28 827	4 804	5 883	3 951	43 466
2045	29 259	4 877	5 971	4 011	44 118

Izvor: Autorova interpretacija

### Amortizacija

Dugotrajna materijalna i nematerijalna imovina se upotrebom u poslovnom procesu troši. Trošenjem dolazi do prijenosa dijela vrijednosti spomenute imovine na učinak, poput proizvedene energije u energani na gorivo iz otpada. Postupno trošenje spomenute imovine naziva se amortizacijom.<sup>188</sup>

Osnovica za obračun amortizacije zasniva se na trošku nabavke imovine, odnosno povijesnim troškovima, ili drugoj vrijednosti koja zamjenjuje nabavnu vrijednost, poput revalorizirane vrijednosti. Pritom valja istaknuti da je iz obračuna amortizacije isključeno zemljište jer ima neograničen vijek trajanja.<sup>189</sup> Za potrebe provedene analize, osnovicom za izračun amortizacije pretpostavljena je procijenjena nabavna vrijednost imovine.

Razdoblje amortizacije pretpostavljeno je zasebno za pojedine stavke dugotrajne imovine. Obračun amortizacije proveden je prema pravocrtnoj (proporcionalnoj) metodi koja pretpostavlja jednolično trošenje imovine tijekom pretpostavljenom razdoblja amortizacije. Za prvu godinu efektuiranja projekta obračun amortizacije je prikazan u slijedećoj tablici (tablica 22), dok je za cijelo razdoblje efektuiranja projekta prikazan u tablici u prilogu (prilog tablica 14).

Tablica 22

#### OBRAČUN AMORTIZACIJE ZA PRVU GODINU RAZDOBLJA EFEKTUIRANJA

Stavka dugotrajne imovine	Osnovica za obračun	Razdoblje amortizacije	Obračunata amortizacija
	Tis. HRK	Godina	Tis. HRK
Pripremane aktivnosti	2 500	5	500

<sup>188</sup> Žager, K, Tušek, B., Vašiček, V. i Žager, L. (2008.), Amortizacija, u: Žager, L. (ur.), *Osnove računovodstva* (str. 221-228.), Zagreb: Hrvatska zajednica računovođa i financijskih djelatnika

<sup>189</sup> Ibid., str. 221-228.

Stavka dugotrajne imovine	Osnovica za obračun	Razdoblje amortizacije	Obračunata amortizacija
	Tis. HRK	Godina	Tis. HRK
Projektna dokumentacija, dozvole, tendering i drugo	10 000	5	2 000
Nabava opreme i izvođenje radova	735 000		34 913
Zgrade	220 500	40	5 513
Oprema (postrojenja)	441 000	20	22 050
Druga oprema (inventar, armatura i slično)	73 500	10	7 350
Upravljanje projektom i administracija, nadzor gradnje	15 000	5	3 000
Ukupno	762 500		40 413

Izvor: Pravilnik o amortizaciji, Narodne novine br. 54/01. (2001.), Tablica godišnjih stopa amortizacije dugotrajne imovine prema amortizacijskom vijeku utvrđenom za svrhe oporezivanja, preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001\\_06\\_54\\_872.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_06_54_872.html)

### 5.3.3 Rezidualna vrijednost projekta

Posljednji od relevantnih novčanih tokova za analizu isplativosti je i rezidualna vrijednost projekta. Radi se o vrijednosti projekta na kraju razdoblja efektuiranja, a koja podrazumijeva tržišnu vrijednost zemljišta, zgrada i razne opreme, uključujući i vrijednost oslobođenih neto obrtnog kapitala. Procjenjuje se uzimajući u obzir kretanje tržišnih cijena odgovarajuće fiksne imovine, ali i njezine knjigovodstvene vrijednosti. U slučaju kada je tržišna vrijednost te imovine veća od njene knjigovodstvene vrijednosti, rezidualnu vrijednost potrebno je umanjiti za iznos poreza na kapitalni dobitak. U suprotnom, tj. kada je tržišna vrijednost te imovine manja od njene knjigovodstvene vrijednosti, rezidualnu vrijednost potrebno je uvećati za iznos porezne uštede.<sup>190</sup>

U procjeni rezidualne vrijednosti odgovarajuće fiksne imovine energane na gorivo iz otpada u obzir je uzeto zemljište, zgrade, oprema postrojenja te druga oprema poput sitnog inventara i slično. Tržišna vrijednost zemljišta na kraju razdoblja efektuiranja projekta pretpostavljena je uz prosječnu godišnju stopu porasta njegove vrijednosti od 2,9 %.<sup>191</sup> S obzirom da se radi o specifičnom industrijskom objektu koji u pravilu nije moguće prenamijeniti u druge svrhe, ispravno je za pretpostaviti da će se tržišna vrijednost zgrada i opreme postupno smanjivati tijekom razdoblja efektuiranja. Za potrebe provedene analize, vrijednost zgrada i opreme

<sup>190</sup> Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia, str. 164-166.

<sup>191</sup> Burza nekretnina (b.d.), Tražene i postignute cijene, preuzeto 1. rujna 2021. s <https://www.burza-nekretnina.com/statistike>



postrojenja, na kraju razdoblja efektiviranja, pretpostavljena je na 30 % od njihove nabavne vrijednosti. Tržišna vrijednost ostale opreme, poput sitnog inventara i slično, je zanemarena. Procjena ukupne rezidualne vrijednosti projekta, uključujući i oslobođena neto obrtna sredstva, prikazan je u slijedećoj tablici (tablica 23).

Tablica 23

**UKUPNA REZIDUALNA VRIJEDNOST PROJEKTA**

Stavka	Zemljište	Zgrade	Postrojenje	Druga oprema	Obrtni kapital
	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK
Tržišna vrijednost	12 274	66 150	132 300	0	82 110
Nabavna vrijednost	6 000	220 500	441 000	73 500	82 110
Knjigovodstvena vrijednost	6 000	110 250	0	0	82 110
Kapitalni dobitak/gubitak	6 274	-44 100	132 300	0	0
Porez/ušteda	-1 129	7 938	-23 814	0	0
Neto rezidualna vrijednost	11 145	74 088	108 486	0	82 110
Ukupno	275 829				

Izvor: Autorova interpretacija

#### 5.4 Analiza isplativosti projekta

Kao što je već spomenuto u uvodnom poglavlju (poglavlje 2.1), isplativost ulaganja u izgradnju energane na gorivo iz otpada analizirana je primjenom temeljnih i dodatnih metoda budžetiranja kapitala. Primjenom temeljnih metoda isplativost je analizirana na temelju pokazatelja čiste (neto) sadašnje vrijednosti i pokazatelja interne stope profitabilnosti, dok je primjenom dodatnih metoda analizirana na temelju pokazatelja jednostavnog i diskontiranog razdoblja povrata ulaganja. Prethodno spomenuti pokazatelji izračunati su na temelju čistih novčanih tokova, projiciranih za cjelokupno razdoblje promatranja projekta, a čija je projekcija dana u tablici u prilogu (prilog tablica 15). Nadalje, detaljniji izračun spomenutih pokazatelja također je dan u tablici u prilogu (prilog tablica 16) dok su konačni rezultati provedene analize isplativosti detaljnije opisani u nastavku.

#### 5.4.1 Čista sadašnja vrijednost i interna stopa profitabilnosti

Za potrebe izračuna pokazatelja čiste sadašnje vrijednosti, budući čisti novčani tokovi projekta svedeni su na sadašnju vrijednost tj. na vrijednost u prvoj godini razdoblja promatranja. Svođenje na sadašnju vrijednost provedeno je primjenom prethodno utvrđene diskontne stope (poglavlje 5.2). Čista sadašnja vrijednost jednaka je kumulativnoj sadašnjoj vrijednosti čistih novčanih tokova, uključujući i rezidualnu vrijednost projekta.

Za razliku od pokazatelja čiste sadašnje vrijednosti, za potrebe izračuna pokazatelja interne stope profitabilnosti, buduće čiste novčane tokove projekta nije potrebno svoditi na sadašnju vrijednost. Interna stopa profitabilnosti izračunata je iterativno, a jednaka je teorijskoj diskontnoj stopi primjenom koje se ostvaruje nulta čista sadašnja vrijednost projekta.

Vrijednost pokazatelja čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti dana je u slijedećoj tablici (tablica 24).

Tablica 24

#### ČISTA SADAŠNJA VRIJEDNOST I INTERNA STOPA PROFITABILNOSTI PROJEKTA

Pokazatelj isplativosti	Jedinica	Iznos
Čista (neto) sadašnja vrijednost	HRK	455 523 273
Interna stopa profitabilnosti	%	8,9

Izvor: Autorova interpretacija

Na temelju pozitivne čiste sadašnje vrijednosti te interne stope profitabilnosti koja je veća od diskontne stope moguće je zaključiti da je ulaganje u izgradnju energane na gorivo iz otpada isplativo. Drugim riječima, takvim ulaganjem zadovoljit će interesi vlasnika društva u pogledu povećanja vrijednosti njihove imovine.

#### 5.4.2 Jednostavno i diskontirano razdoblje povrata ulaganja

Vrijednost pokazatelja jednostavnog razdoblja povrata izračunata je na temelju nediskontiranih čistih novčanih tokova, dok je vrijednost pokazatelja diskontiranog razdoblja povrata izračunata na temelju diskontiranih čistih novčanih tokova. Kod izračuna tih pokazatelja nije uzeta u obzir rezidualna vrijednost projekta. Vrijednost oba pokazatelja razdoblja povrata dana je u slijedećoj tablici (tablica 25).

Tablica 25

RAZDOBLJE POVRATA ULAGANJA

Pokazatelj isplativosti	Jedinica	Iznos
Jednostavno razdoblje povrata	God	10,1
Diskontirano razdoblje povrata	God	13,3

Izvor: Autorova interpretacija

Prihvatljivost razdoblja povrata ulaganja ovisit će ponajviše o preferencijama pojedinog investitora. Međutim, ako se uzme u obzir da se radi o kapitalno intenzivnom investicijskom projektu, kojeg karakterizira iznimno dugi vijek trajanja, utvrđeno razdoblje povrata može se smatrati očekivanim.

## 5.5 Analiza rizika projekta

Kao što je već spomenuto u uvodnom poglavlju (poglavlje 2.3), rizik ulaganja u izgradnju energane na gorivo iz otpada analiziran je primjenom metode analize osjetljivosti i metode analize scenarija. Rezultati provedene analize rizika detaljnije su opisani u nastavku.

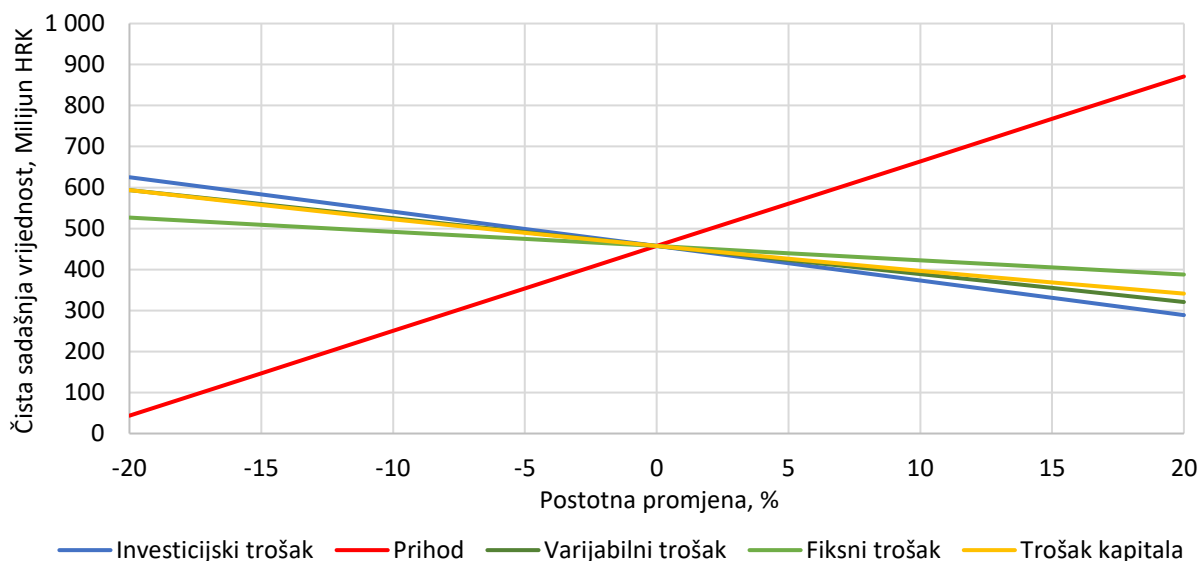
### 5.5.1 Analiza osjetljivosti

Primjenom metode analize osjetljivosti rizik projekta je utvrđen analizom osjetljivosti čiste sadašnje vrijednosti na postotnu promjenu vrijednosti pojedine utjecajne varijable, uz zadovoljenje uvjeta *ceteris paribus*, te tako utvrđene vrijednosti pojedine varijable kod koje se ostvaruje prijelomna točka financijske učinkovitosti projekta. Identificirane su slijedeće utjecajne varijable: investicijski trošak pripreme i izgradnje postrojenja, poslovni prihod, varijabilni i fiksni troškovi poslovanja te troškovi kapitala.

Osjetljivost čiste sadašnje vrijednosti prikazana je na slijedećoj slici (slika 23) dok je izračun te osjetljivosti prikazan u tablici u prilogu (prilog tablica 17).

Slika 23

## OSJETLIVOST ČISTE SADAŠNJE VRIJEDNOSTI NA PROMJENU POJEDINE UTJECAJNE VARIJABLE



Izvor: Autorova interpretacija

Promjena vrijednosti utjecajnih varijabli u odnosu na njezinu baznu vrijednost, a kojima se dostiže prijelomna točka financijske učinkovitosti projekta tj. nulta čista sadašnja vrijednost, dana je u slijedećoj tablici (tablica 26).

Tablica 26

## PRIJELOMNA TOČKA FINANCIJSKE UČINKOVITOSTI PROJEKTA

Utjecajna varijabla	Jedinica	Promjena do prijelomne točke financijske učinkovitosti projekta
Investicijski trošak	%	54,0
Poslovni prihod	%	-22,0
Varijabilni trošak	%	66,8
Fiksni trošak	%	131,1
Trošak kapitala	%	108,5

Izvor: Autorova interpretacija

Na temelju rezultata provedene analize osjetljivosti moguće je zaključiti da će postotna promjena utjecajnih varijabli u rasponu  $\pm 20\%$  uvijek rezultirati pozitivnom čistom sadašnjom vrijednosti. Također valja istaknuti da najveći utjecaj na isplativost projekta ima varijabla poslovni prihod.

## 5.5.2 Analiza scenarija

Primjenom metode analize scenarija rizik projekta je utvrđen na temelju diskretne distribucije vjerojatnosti pojave određenih scenarija, a koje karakterizira istodobna promjena više utjecajnih varijabli. Varijable poput poslovnog prihoda, investicijskog i varijabilnog troška su, na temelju prethodno provedene analize osjetljivosti, ocijenjene rizičnima. Preostale varijable, poput fiksnog troška i troška kapitala, se mogu smatrati sigurnima i stoga su u analizi scenarija pretpostavljene kao konstante.

Za potrebe provedene analize kreirani su slijedeći scenariji: najnepovoljniji, najvjerojatniji i najpovoljniji. Pritom valja istaknuti da su krajnji scenariji konzervativno pretpostavljeni. Najnepovoljniji scenarij pretpostavlja moguće povećanje cijene radova i opreme te smanjenje prihoda zbog neizvjesnosti u definiranju cijene preuzimanja goriva iz otpada i tržišne cijene energije, poglavito cijene toplinske energije. Također je pretpostavljeno i povećanje varijabilnih troškova zbog neizvjesnosti u definiranju cijene emisije CO<sub>2</sub> i prirodnog plina te zbrinjavanja lebdećeg pepela kojeg nije moguće odložiti u Republici Hrvatskoj. S druge strane, najpovoljniji scenarij pretpostavlja poglavito povećanje poslovnog prihoda jer je cijena preuzimanja goriva iz otpada u nevjerojatnijem scenariju pretpostavljena na razini nižoj od one u državama u okruženju. Rezultati provedene analize scenarija, uključujući prethodno opisana temeljna obilježja pojedinog scenarija, dani su u slijedećoj tablici (tablica 27).

Tablica 27

### DISKRETNA DISTRIBUCIJA VJEROJATNOSTI SCENARIJSKE ANALIZE

Scenarij	Vjerojatnost nastupanja	Investicijski trošak	Poslovni prihod	Varijabilni trošak	Čista sadašnja vrijednost
	%	%	%	%	HRK
Najnepovoljniji	25,0	20,0	-15,0	10,0	-91 462 192
Najvjerojatniji	50,0	0,0	0,0	0,0	455 523 273
Najpovoljniji	25,0	-5,0	10,0	-5,0	738 338 739
Očekivana čista sadašnja vrijednost					389 480 773
Standardna devijacija distribucije vjerojatnosti					300 720 485
Koeficijent varijacije					0,77

Izvor: Autorova interpretacija

Na temelju rezultata provedene analize scenarija moguće je zaključiti da ulaganje u izgradnju energane na gorivo iz otpada nosi niži rizik u pogledu ostvarivanja pozitivne čiste sadašnje vrijednosti. Potvrđuje to i iznos koeficijenta korelacije koji je manji od 1.

## 6. ZAKLJUČAK

Prethodno provedenom analizom isplativosti i rizika ulaganja u energanu na gorivo iz otpada ostvareni su ciljevi postavljeni na početku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada (poglavlje 1.1). Ti ciljevi podrazumijevaju prepoznavanje uloge energetske uporabe otpada u održivom sustavu gospodarenja otpadom, procjenu potencijala za proizvodnju goriva iz otpada, identifikaciju prikladnog poslovnog modela za uspješnu realizaciju predmetnog investicijskog projekta, opis tehničko tehnoloških obilježja energane na gorivo iz otpada te ocjenu isplativosti i rizika predmetnog ulaganja.

U skladu s europskom politikom, dugoročni cilj Republike Hrvatske je prijeći s linearnog na kružno gospodarstvo. Temeljno obilježje kružnog gospodarstva je postojanje održivog sustava gospodarenja otpadom pomoću kojeg se stvaranje otpada svodi na najmanju moguću mjeru. Konceptualna osnova za uređenje takvog sustava je primjena reda prvenstva gospodarenja otpadom. Redom prvenstva usvojena je lista postupaka gospodarenja otpadom, od kojih je sprječavanje nastanka otpada najpoželjnija opcija dok je njegovo zbrinjavanje najmanje poželjno. Na listi postupaka nalazi se i energetska uporaba koja je inferiornija postupku recikliranja, ali je superiornija postupka zbrinjavanja otpada. Drugim riječima, energetska uporaba otpada ima svoje mjesto u održivom sustavu gospodarenja otpadom i to nakon izdvajanja korisnih sastavnica otpada namijenjenih recikliranju.

Kako bi se mogla procijeniti potrebna razina energetske uporabe u Republici Hrvatskoj, analizom je procijenjen potencijal proizvodnje goriva iz otpada. Gorivo iz otpada bit će jedan od temeljnih izlaznih produkata mehaničko biološke obrade komunalnog otpada u nacionalnim centrima za gospodarenje otpadom. Dosad su izgrađena dva centra za gospodarenje otpadom tzv. Mariščina i Kaštijun, a preostalih 9 trebalo bi biti izgrađeno i pušteno u rad do 2025. godine. Ukupni kapacitet za proizvodnju goriva iz otpada, uključujući i jedno privatno postrojenja za mehaničko biološku obradu u Varaždinu, procijenjen je na oko 350 000 t/god. Međutim, stvarno proizvedena količina goriva iz otpada bitno će ovisiti o količini otpada koji će biti upućen na mehaničko biološku obradu. Zbog brojnih čimbenika, kao što su smanjenje broja stanovnika, provedba aktivnosti s ciljem smanjenja količine nastalog otpada i veća zastupljenost njegova recikliranja, realno je za očekivati da će se količina proizvedenog goriva iz otpada postupno smanjivati. Iako u naredna dva desetljeća tek ostaje

za vidjeti do koje će se razine ta proizvodnja smanjiti, nije realno za očekivati da će proizvodnja goriva iz otpada potpuno nestati. Jedan od mogućih scenarija kružnog gospodarstva je da će se proizvodnja goriva iz otpada u Republici Hrvatskoj zadržati na razini višoj od 200 000 t/god.

U cilju uspješne realizacije investicijskog projekta izgradnje energane na gorivo iz otpada te njenog financijski učinkovitog poslovanja identificiran je prikladan poslovni model. Iako je analizirani poslovni slučaj izgradnje takve energane najčešće motiviran interesom privatnog partnera, u njemu se mogu pronaći i elementi javnog interesa. Pritom se prvenstveno podrazumijeva sigurno zbrinjavanje goriva iz otpada proizvedenog u nacionalnim centrima za gospodarenje otpadom, a čije trenutno gomilanje predstavlja sve veći problem. Također, prisutnost javnog partnera u realizaciji takvog investicijskog projekta može donijeti brojne druge koristi poput olakšanog ishođenja svih potrebnih dozvola i suglasnosti te veće transparentnost u pripremi projekta. Prema tome, poslovni model osmišljen po modelu javno-privatnog partnerstva jedan je od mogućih pristupa ka uspješnoj realizaciji takvog investicijskog projekta. Od raznih modaliteta javno-privatnog partnerstva, kao najprikladniji je prepoznat BOO modalitet. Taj modalitet podrazumijeva da privatni partner financira, gradi i upravlja energanom te ona ostaje trajno u njegovom vlasništvu. S druge strane, doprinos javnog partnera najveći je na samom početku pripreme projekta tj. kada je potrebno postaviti okvir i uvjete njegove realizacije čuvajući javni interes.

Iako u Republici Hrvatskoj, u trenutku izrade ovog poslijediplomskog specijalističkog rada, slična energana na gorivo iz otpada još nije izgrađena, radi se o dobro poznatoj i provjerenoj tehnologiji koja je prisutna već više od jednog stoljeća. U međuvremenu, ta je tehnologija bitno uznapredovala, a emisija štetnih tvari u zrak je, zbog sve strožih zahtjeva u pogledu zaštite okoliša, bitno smanjena u posljednjih 25 godina. Da je suživot društvene zajednice s energanom na gorivo iz otpada moguć potvrđuje i činjenica da je samo u Europskoj uniji u pogonu oko 500 takvih energana.

Na kraju valja istaknuti da izgradnju energane na gorivo iz otpada karakteriziraju visoki investicijski i operativni troškovi koji su mnogo viši od klasičnih energana na fosilna goriva. Međutim, specifično obilježje takve energane je to što pored prihoda od prodaje proizvedene energije ostvaruje i prihod od preuzimanja goriva iz otpada. Iz tog razloga proizvodna cijena energije u pravilu je konkurentna onoj iz klasičnih energana na fosilna goriva. Analizom



isplativosti za jedan hipotetski poslovni slučaj izgradnje energane na gorivo iz otpada utvrđena je pozitivna čista sadašnja vrijednost projekta, interna stopa profitabilnosti veća od diskontne stope te prihvatljivo razdoblje povrata ulaganja. Dodatno je analizom rizika potvrđeno da je ulaganje u takav tip projekta relativno sigurno, jer u svim rasponima promjene utjecajnih varijabli i gotovo svim scenarijima rezultira pozitivnom čistom sadašnjom vrijednosti.

## POPIS LITERATURE

1. Agencija za zaštitu okoliša (2010.), *Upute i pojmovnik za određivanje otpada prema Katalogu otpada* [e-publikacija], preuzeto s [https://www.zgceste.hr/UserDocImages/katalog\\_otpada.pdf](https://www.zgceste.hr/UserDocImages/katalog_otpada.pdf)
2. Baker, K. & English, P. (2011). *Capital Budgeting Valuation: Financial Analysis for Today's Investment Projects*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
3. Bašić-Palković, D. (2019., 18. travanj), Šest tisuća bala s otpadom zamalo progutalo novi Kaštijun. Preuzimat će ih Holcim, ali će mu Kaštijun za to plaćati naknadu, *Glas Istre*, preuzeto s <https://www.glasistre.hr/pula/sest-tisuca-bala-s-otpadom-zamalo-progutalo-novi-kastijun-preuzimat-ce-ih-holcim-ali-ce-mu-kastijun-za-to-placati-naknadu-586158>
4. Beuk, M., Šimunović, M., Graovac, G., Kolarić, I. i Vranar, Z. (2017.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2016. godinu* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjescalzvje%C5%A1%C4%87e\\_ROO\\_2016.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjescalzvje%C5%A1%C4%87e_ROO_2016.pdf)
5. Bouhafs, M., Meghdir, A., & Belhadadji, Y. (2018). Mechanical Comportment of a Cement Plant Rotary Kiln. *4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Mechanical Engineering* (pp. 1-6.). Istanbul: Yildiz Technical University.
6. Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2008). *Financial Management: Theory and Practice*, 12th ed. Mason, OH: Thomson South-Western.
7. Brigham, E. F., Shome, D. K., & Vinson, S. R. (1985). The Risk Premium Approach to Measuring a Utility's Cost of Equity. *Financial Management*, 14(1), 33-45. <https://doi.org/10.2307/3665359>
8. Bruner, R. F., Eades, K. M., Harris, R. S., & Higgins, R. C. (1998). Best Practices in Estimating the Cost of Capital: Survey and Synthesis. *Financial Practice and Education*, 8, 13-28. [https://www.researchgate.net/publication/252813951\\_Best\\_Practices\\_in\\_Estimating\\_the\\_Cost\\_of\\_Capital\\_Survey\\_and\\_Synthesis](https://www.researchgate.net/publication/252813951_Best_Practices_in_Estimating_the_Cost_of_Capital_Survey_and_Synthesis)
9. Burza nekretnina (b.d.), Tražene i postignute cijene, preuzeto 1. rujna 2021. s <https://www.burza-nekretnina.com/statistike>

10. CEWEP (2021). Latest Eurostat Figures: Municipal Waste Treatment 2019. Retrieved May 6, 2021, from <https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2019/>
11. CEWEP (n.d.). Here are some answers to the most frequent questions about Waste-to-Energy: What about dioxin emissions and health impacts? Retrieved May 6, 2021, from <https://www.cewep.eu/what-is-waste-to-energy/>
12. Clark, J. F. M. (2007). „The incineration of refuse is beautiful“: Torquay and the introduction of municipal refuse destructors, *Urban History*, 34(2), 255-277. <http://dx.doi.org/10.1017/S0963926807004634>
13. Clerens, P., & Thuau, A. (2018). The Role of Waste-to-Energy (WtE) in the EU's Long-Term Greenhouse Gas Emissions Reduction Strategy. In Thiel, S., Thomé-Kozmiensky, E., Winter, F., & Juchelková, D. (Eds.), *Waste Management, Volume 8, Waste-to-Energy* (pp. 25-35). Neuruppin: TK Verlag Thomé-Kozmiensky.
14. Commission of the European Communities (2004). *Green Paper on public-private partnership and Community law on public contracts and concessions* [EPub]. Retrieved from <https://op.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/94a3f02f-ab6a-47ed-b6b2-7de60830625e/language-en>
15. Consolidated text: Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance), OJ L 328. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20181221>
16. Crnjak Thavenet, A., Beuk, M., Šimunović, M., Graovac, G. i Kolarić I. (2018.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2017. godinu* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvijesca/Izvjescje\\_ROO\\_2017.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvijesca/Izvjescje_ROO_2017.pdf)
17. Damodaran, A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of any Asset*, 3rd Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
18. Damodaran online (2021). Risk Premiums for Other Markets: Mid-year Update (July 2021), na dan: 20.7.2021 [Data file]. Retrieved from <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
19. Darío R. Gómez, D.R., Watterson, J.D., Americano, B.B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E. ... Treanton, K. (2006). Stationary Combustion. In Eggleston, H.S., Buendia L., Miwa K.,

- Ngara T., & Tanabe K. (Eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 6-44). Hayama (JPN): Institute for Global Environmental Strategies.
20. De Caevel, B., Le Bihan, M., & Michel, F. (2018). *Use of SRF and RDF in Europe: Literature review and administrative situations encountered in the field* [EPub]. Retrieved from [https://record-net.org/storage/etudes/16-0250-1A/synthese/Synth\\_record16-0250\\_1A.pdf](https://record-net.org/storage/etudes/16-0250-1A/synthese/Synth_record16-0250_1A.pdf)
  21. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste (Text with EEA relevance), OJ L 150 (2018). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0851>
  22. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance), OJ L 312 (2008). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
  23. Državni zavod za statistiku (2021.), Statistika u nizu – Indeksi potrošačkih cijena na dan: 14.7.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <https://www.dzs.hr/Hrv/Covid-19/cijene.html>
  24. ĐĐTep (b.d.), Kogeneracijska postrojenja EPC, preuzeto 8. listopada 2021. s <http://www.ddtep.hr/kogeneracijska-postrojenja-epc/>
  25. EEA (n.d.). The case for increasing recycling: Estimating the potential for recycling in Europe. Retrieved May 25, 2021, from <https://www.eea.europa.eu/publications/the-case-for-increasing-recycling>
  26. EIHP (2019.), *Analiza i podloge za izradu Strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske: Bijela knjiga* [e-publikacija], preuzeto s <https://mingor.gov.hr/UserDocImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20Oplanovi%20i%20programi/BIJELA%20KNJIGA%20--%20Analiza%20i%20podloge%20za%20izradu%20Strategije%20energetskeg%20razvoja%20Republike%20Hrvatske.pdf>
  27. European Commission (2010). *Guidance on Interpretation of Annex I of the EU ETS Directive (excl. aviation activities)* [EPub]. Retrieved from [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/guidance\\_interpretation\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/guidance_interpretation_en.pdf)
  28. European Commission (2011). *Guidelines on the Interpretation of the R1 Energy Efficiency Formula for Incineration Facilities Dedicated to the Processing of Municipal*

- Solid Waste According to Annex II of Directive 2008/98/EC on Waste* [EPub]. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/framework/guidance.pdf>
29. European Commission (2015). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy* [EPub]. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
  30. European Commission (2019). *Communication from the Commission: The European Green Deal* [EPub]. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-green-deal_en)
  31. European Commission (2019). *The Environmental Implementation Review 2019: Country Report Croatia* [EPub]. Retrieved from [https://ec.europa.eu/environment/eir/pdf/report\\_hr\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eir/pdf/report_hr_en.pdf)
  32. European Commission (2020). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan: For cleaner and more competitive Europe* [EPub]. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>
  33. Europski parlament (2021.), Kružno gospodarstvo: Definicija, vrijednosti i korist, preuzeto 21. svibnja 2021. s <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/economy/20151201STO05603/kruzno-gospodarstvo-definicija-vrijednosti-i-korist>
  34. Eurostat (2021). European Statistical Recovery Dashboard na dan: 24.1.2021. [Data file]. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
  35. Eurostat (2021). European Statistical Recovery Dashboard na dan: 28.5.2021. [Data file]. Retrieved from [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei\\_wm011/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm011/default/table?lang=en)
  36. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (b.d.), Centri za gospodarenje otpadom, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://www.fzoeu.hr/hr/centri-za-gospodarenje-otpadom/7593>
  37. Fuk, B. (2019.), Gorivo iz otpada – rješenje ili problem. *Sigurnost*, 61(1), str. 67-70. <https://hrcak.srce.hr/221800>

38. Gharfalkar, M., Court, R., Campbell, C., Ali, Z., & Hiller, G. (2015). Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98/EC, *Waste Management*, 39, 305-313. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.007>
39. HAOP (2016.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2014. godinu* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjescasca/Izvjescasca ROO 2014.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjescasca/Izvjescasca ROO 2014.pdf)
40. HNB (2015.), *Okvir monetarne politike* [e-publikacija], preuzeto s <https://www.hnb.hr/temeljne-funkcije/monetarna-politika/okvir-monetarne-politike>
41. Hrvatska banka za obnovu i razvitak (b.d.), Kreditni programi, preuzeto 17. lipnja 2021. s [https://www.hbor.hr/kreditni\\_program/](https://www.hbor.hr/kreditni_program/)
42. Hrvatska norma HRN EN 15359: Solid recovered fuels – Specifications and classes (EN 15359:2011), HZN br. 1754-2018 (2012.)
43. Johnke, B., Baldasano, J., Herold, A., Kranjc, A., Kutas, J., Mareckova, K., & Tanabe, K. (2000). Waste: Emissions from Waste Incineration. In Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanul, S. ... Tanabe, K. (Eds.), *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 25-31). Kanagawa (JPN): Published for the IPCC by the Institute for Global Environmental Strategies.
44. Kalogirou, E. N. (2017). *Waste to Energy: Technologies and Global Applications*. 1<sup>st</sup> Edition. Boca Raton: CRC Press
45. Kufrin, J. (2020.), *Izvešće o gospodarenju građevnim otpadom u 2019. godini* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescasca/ostalo/OTP\\_Gradjevni\\_izvjescasca\\_2019.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescasca/ostalo/OTP_Gradjevni_izvjescasca_2019.pdf)
46. Leckner, B. (2014). Process aspects in combustion and gasification Waste-to-Energy (WtE) units. *Waste Management*, 37, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.04.019>
47. Löschau, M., & Karpf, R. (2015). *Flue Gas Treatment – State of the Art* [EPub]. Retrieved from [https://www.ete-a.de/img/Vortraege/50\\_Flue\\_gas\\_Treatment\\_State\\_of\\_the\\_Art.pdf](https://www.ete-a.de/img/Vortraege/50_Flue_gas_Treatment_State_of_the_Art.pdf)

48. Łukasiewicz, M. Malinowski, M., Młodnicki, K., & Religa, A. (2018). The share of impurities in selectively collected waste in one- and multi-sack systems. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 25(2), 187-195.  
[http://dx.doi.org/10.2428/ecea.2018.25\(2\)15](http://dx.doi.org/10.2428/ecea.2018.25(2)15)
49. Milanović, Z. (2019., 13. ožujak), Kompostiranje – sušenje – stabilizacija – prioriteti gospodarenja komunalnim otpadom u Hrvatskoj, *Tehnoeko*, preuzeto s <https://www.tehnoeko.com.hr/2395/Kompostiranje-susenje-stabilizacija-prioriteti-gospodarenja-komunalnim-otpadom-u-Hrvatskoj>
50. Milanović, Z. (2020., 27. srpanj), Oporaba otpada u industriji cementa iskustva Holcima Hrvatska, *Tehnoeko*, preuzeto s <https://www.tehnoeko.com.hr/4413/Oporaba-otpada-u-industriji-cementa-iskustva-Holcima-Hrvatska>
51. Miloš Sprčić, D., Zoričić, D., Pecina, E., Sabol, A., Dvorski Lacković, I., Štambuk, L. ... Arh, M. (2020). *Enterprise Risk Management: Theory and Practice with Selected Case Studies of Multinational Companies*. Zagreb: Faculty of Economics and Business, University of Zagreb.
52. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), O otpadu, redu prvenstva i nadležnostima, preuzeto 12. svibnja 2021. s <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-registri-oneciscavanja-i-ostali-sektorski-pritisci/gospodarenje-otpadom/o>
53. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar dozvola i potvrda za gospodarenje otpadom na dan: 18.5.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://regdoz.azo.hr/Reports/DozvoleGospodarenjeOtpadom.aspx>
54. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar onečišćavanja okoliša na dan: 20.1.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://roo.azo.hr/rpt.html>
55. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021.), Registar onečišćavanja okoliša na dan: 20.1.2021. [podatkovni dokument], preuzeto s <http://roo.azo.hr/#>
56. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (b.d.), Procjena utjecaja zahvata na okoliš (PUO), preuzeto 21. svibnja 2021. s <https://mingor.gov.hr/puo-spuo-4012/puo-4014/procjena-utjecaja-zahvata-na-okolis-puo-4021/4021>
57. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (b.d.), Sustav trgovanje emisijama stakleničkih plinova, preuzeto 20. kolovoza 2021. s <https://mingor.gov.hr/o->

[ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-klimatske-aktivnosti-1879/sustav-trgovanja-emisijama-staklenickih-plinova/1890](https://www.mpr.hr/ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-klimatske-aktivnosti-1879/sustav-trgovanja-emisijama-staklenickih-plinova/1890)

58. Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije (b.d.), Predstavljena studija o izradi prijedloga nove NUTS 2 klasifikacije, preuzeto 7. lipnja 2021. s <https://razvoj.gov.hr/vijesti/predstavljena-studija-o-izradi-prijedloga-nove-nuts-2-klasifikacije/3945>
59. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2019.), *Izvešće o prekograničnom prometu otpada u 2018. godini* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP\\_Izvie%C5%A1%C4%87e\\_Prekograni%C4%8Dni\\_2018%20\(final%20za%20web\).pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP_Izvie%C5%A1%C4%87e_Prekograni%C4%8Dni_2018%20(final%20za%20web).pdf)
60. Ministry of Energy and Mineral Resources (2015). *Waste to Energy Guidebook* [EPub]. Retrieved from <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=NMWtlg7uDxwXTf1bDxgrren7d8x6y5lu>
61. Moniz, K., & Bishop, T. (2016). Strategic Planning. In Moniz, K. & Bishop, T. (Eds.), *Principles and Techniques of Marketing Management*, Revised Edition, (pp. 31-44.). New York, NY: College Publishing House.
62. Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K. ... Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation & Recycling*, 146, 452-461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
63. Nejašmić, I. i Toskić, A. (2013.), Starenje stanovništva u Hrvatskoj – sadašnje stanje i perspektive, *Hrvatski geografski glasnik*, 75(1), 89-110. <https://hrcak.srce.hr/105890>
64. Neuwahl, F., Cusano, G., Gómez Benavides, J., Holbrook, S. & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emission Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Seville: European IPCC Bureau.
65. Odluka o donošenju plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine, Narodne novine br. 3/17. (2017.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)
66. Orsag, S. i Dedi, L. (2011.), *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Zagreb: Masmedia



67. Pepur, P. (2016.), *Računovodstvo troška* [e-publikacija], preuzeto s [https://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file\\_attach/Ra%C4%8Dunovodstvo%20tro%C5%A1kova%20-%20Petar%20Pepur.pdf](https://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file_attach/Ra%C4%8Dunovodstvo%20tro%C5%A1kova%20-%20Petar%20Pepur.pdf)
68. Persson, U., & Münster, M. (2016). Current and future prospects for heat recovery from waste in European district heating systems: A literature and data review. *Energy*, 110, 116-128. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.074>
69. Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. godine, Narodne novine br. 85/07. (2007.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_08\\_85\\_2652.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_08_85_2652.html)
70. PPIAF (2009). *Toolkit for Public-Private Partnership in Roads and Highways* [EPub]. Retrieved from <https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/6/pdf-version/5-36.pdf>
71. Pravilnik o amortizaciji, Narodne novine br. 54/01. (2001.), Tablica godišnjih stopa amortizacije dugotrajne imovine prema amortizacijskom vijeku utvrđenom za svrhe oporezivanja, preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001\\_06\\_54\\_872.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_06_54_872.html)
72. Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine br. 90/15. (2015.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_08\\_90\\_1757.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_90_1757.html)
73. Pravilnik o termičkoj obradi otpada, Narodne novine br. 75/16. (2016.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_08\\_75\\_1755.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_08_75_1755.html)
74. Puntarić, E., Požgaj, Đ., Kušević-Vukšić, M. i Kufrin, J. (2021.), *Izješće o komunalnom otpadu za 2020. godinu* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP\\_Izješće%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu\\_7\\_10\\_2021.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/inline-files/OTP_Izješće%20o%20komunalnom%20otpadu%20za%202020.%20godinu_7_10_2021.pdf)
75. Puška, A. (2011.), Analiza osjetljivosti u funkciji investicijskog odlučivanja, *Praktični menadžment*, 2(2), 80-86. <https://hrcak.srce.hr/76457>
76. Rogoff, M. J., & Meng, F. S. (2019). Ownership and Financing of Waste-to-Energy Facilities. *Waste-to-Energy: Technologies and Project Implementation*, 3rd Edition, 169-182. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816079-4.00010-4>

77. Scarlat, N., Fahl, F., & Dallemand, J. F. (2019). Status and Opportunities for Energy Recovery from Municipal Solid Waste in Europe. *Waste and Biomass Valorization*, 10, 2425-2444. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0297-7>
78. Schneider, D.R., Lončar, D., & Bogdan, Ž. (2010). Cost Analysis of Waste-to-Energy Plant. *Strojarstvo*, 52 (3), 369-378. <https://hrcak.srce.hr/64432>
79. Scott, R. (1978). Working capital and its estimation for project evaluation. *Engineering and Process Economics*, 3(2), 105-114. [https://doi.org/10.1016/0377-841X\(78\)90035-9](https://doi.org/10.1016/0377-841X(78)90035-9)
80. Sobodić, B. (2017.), Priopćenje iz Bjelovarsko-bilogorske županije na posljednje priopćenje Ministarstva zaštite okoliša i energetike, preuzeto 18. svibnja 2021. s <https://bjelovar.info/aktualno/priopcenje-iz-bjelovarsko-bilogorske-zupanije-na-posljednje-priopcenje-ministarstva-zastite-okolisa-i-energetike/> [18. svibnja 2021.]
81. Stojanović, A. i Leko, V. (2011.), Javno-privatno partnerstvo, u: Stojanović, A. i Leko, V. (ur.), *Modeli financiranja namjena koje sadrže javni interes* (str. 67-84.), Zagreb: Grafit-Gabrijel d.o.o.
82. Šarc, R., Lorber, K.E., & Pomberger, R. (2016). Manufacturing of Solid Recovered Fuels (SRF) for Energy Recovery Processes. In Thomé-Kozmiensky, K. J. & Thiel, S. (Eds.), *Waste Management, Volume 6, Waste-to-Energy* (pp. 401-416.). Neuruppin: TK Verlag Thomé-Kozmiensky.
83. Šikanić, T. Beuk, M., Šimunović, M. i Graovac, G. (2016.), *Izvešće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2015. godinu* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvi\\_esca/Izvjescje\\_ROO\\_2015.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvi_esca/Izvjescje_ROO_2015.pdf)
84. Štifanić, D. (2018., 24. rujan), Mjeseci prolaze, a problem plasmana SRF-a ostaje: Gorivi otpad gomila se na Kaštijunu, a nitko ne zna gdje s njim, *Glas Istre*, preuzeto s <https://www.glasistre.hr/pula/mjeseci-prolaze-a-problem-plasmana-srf-a-ostaje-gorivi-otpad-gomila-se-na-kastijunu-a-nitko-ne-zna-gdje-s-njim-570723>
85. Tapiero, C. (2004). *Risk and Financial Management: Mathematical and Computational Methods*. West Sussex: John Wiley & Sons.
86. Tehrani, F.B., & Haghi, E. (2015). Techno-economic assessment of municipal solid waste incineration plant-case study of Tehran. *The First Sustainable Development of Engineering Systems in Energy, Water, and Environment*, 1-4.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Techno-economic-assessment-of-municipal-solid-waste-Tehrani-Haghi/c82cf874f2870fbac46ba6561c374d88212776be>

87. The European Cement Association. (2017). *Co-processing of waste in EU cement plants: status and prospects*. Brussels: Author.
88. Tornavacca, A., Genova, S., Orzes, E. i Galović, M. (2016.), *Smjernice za ponovnu uporabu u Republici Hrvatskoj* [e-publikacija], preuzeto s [https://www.fzoeu.hr/docs/smjernice\\_za\\_ponovnu\\_uporabu\\_v2.pdf](https://www.fzoeu.hr/docs/smjernice_za_ponovnu_uporabu_v2.pdf)
89. Udovičić, B. (1993.), Energetska bilanca, u: Matutinović, Ž. (ur.), *Energetika* (str. 225-235.), Zagreb: Školska knjiga
90. Uredba o kvotama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitim kogeneracija, Narodne novine br. 57/20. (2020.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_05\\_57\\_1141.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_05_57_1141.html)
91. Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitim kogeneracija, Narodne novine br. 116/18. i 60/20. (2018.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_12\\_116\\_2300.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_116_2300.html)
92. Vehlow, J., Bergfeldt, B., Wilén, C., Ranta, J., Schwaiger, H., Visser, H.J.M., ... Brammer, J. (2007). *Management of Solid Residues in Waste-to-Energy and Biomass Systems* [EPub]. Retrieved from <https://d-nb.info/987681583/34>
93. Vešligaj, G. (2021.), *Izješće o prekograničnom prometu otpada u 2019. godini* [e-publikacija], preuzeto s [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP\\_Izvie%C5%A1%C4%87e%20o%20prekograni%C4%8Dnom%20prometu%20otpada%202019%20web.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescia/ostalo/OTP_Izvie%C5%A1%C4%87e%20o%20prekograni%C4%8Dnom%20prometu%20otpada%202019%20web.pdf)
94. Vranešević, T., Vignali, C. i Vrontis, D. (2004.), Marketinška okolina, analiza stanja i analiza konkurenata, u: Martinović, M. (ur.), *Upravljanje strateškim marketingom* (str. 73-110.), Zagreb: Accent
95. Waste to Energy International (n.d.). Cost of incineration plant. Retrieved June 15, 2021, from <https://wteinternational.com/cost-of-incineration-plant/>
96. Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji, Narodne novine br. 100/15. i 111/18. (2015.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_09\\_100\\_1937.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_100_1937.html)

97. Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 84/21. (2021.), [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1554.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html)
98. Zakon o porezu na dobit, Narodne novine br. 177/04., 90/05., 57/06., 146/08., 80/10., 22/12., 148/13., 143/14., 50/16., 115/16., 106/18., 121/19., 32/20. i 138/20. (2004.), preuzeto s <https://www.zakon.hr/z/99/Zakon-o-porezu-na-dobit>
99. Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 127/19 (2019.), preuzeto s [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_12\\_127\\_2553.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_12_127_2553.html)
100. Zelena akcija (b.d.), Ne igrajte se vatrom! Protiv spalionice otpada!, preuzeto 8. listopada 2021. s [https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/ne\\_igrajte\\_se\\_vatrom\\_protiv\\_spalionice\\_otpada](https://zelena-akcija.hr/hr/programi/otpad/ne_igrajte_se_vatrom_protiv_spalionice_otpada)
101. Žager, K, Mamić Sačer, I., Sever, S. i Žager, L. (2008.), Pokazatelji analize financijskih izvještaja, u: Andrašić, V. (ur.), *Analiza financijskih izvještaja* (str. 243-298.), Zagreb: Masmedia
102. Žager, K, Tušek, B., Vašiček, V. i Žager, L. (2008.), Amortizacija, u: Žager, L. (ur.), *Osnove računovodstva* (str. 221-228.), Zagreb: Hrvatska zajednica računovođa i financijskih djelatnika
103. - (2017., prosinac), Zajednički centar Zagreba i Županije za zbrinjavanje komunalnog otpada, *Županijska kronika*, 113, preuzeto s [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/48/2b/482b2157-dd03-44ad-aa8f-e5fc4f4acb09/zupanijskakronika113.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/48/2b/482b2157-dd03-44ad-aa8f-e5fc4f4acb09/zupanijskakronika113.pdf)

## POPIS SLIKA

Slika 1: SHEMATSKI PRIKAZ KRUŽNOG GOSPODARSTVA.....	21
Slika 2: RED PRVENSTVA GOSPODARENJA OTPADOM.....	23
Slika 3: KOMUNALNI OTPAD .....	27
Slika 4: MIJEŠANI I ODVOJENO SAKUPLJENI KOMUNALNI OTPAD .....	28
Slika 5: POSTUPANJE S KOMUNALNIM OTPADOM .....	29
Slika 6: PROIZVODNI OTPAD .....	30
Slika 7: PREKOGRANIČNI PROMET OTPADA.....	31
Slika 8: SHEMATSKI PRIKAZ ODRŽIVOG SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM.....	37
Slika 9: NACIONALNI CENTRI ZA GOSPODARENJE OTPADOM I MBO VARAŽDIN .....	40
Slika 10: TIPIČNA KONFIGURACIJA PROCESA MEHANIČKO BIOLOŠKE OBRADE OTPADA .....	45
Slika 11: NASTANAK KOMUNALNOG OTPADA OVISNO O BRUTO DOMAĆEM PROIZVODU ...	47
Slika 12: PROJEKCIJA KOMUNALNOG I PROIZVODNOG OTPADA TE BROJA STANOVNIKA.....	48
Slika 13: PROJEKCIJA PROIZVODNJE GORIVA IZ OTPADA .....	49
Slika 14: ENERGETSKA OPORABA OTPADA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	51
Slika 15: ENERGETSKA OPORABA OTPADA U EUROPSKOJ UNIJI .....	52
Slika 16: BOO POSLOVNI MODEL ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA .....	60
Slika 17: SHEMATSKI PRIKAZ TEHNOLOŠKOG PROCESA ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA .	62
Slika 18: SHEMATSKI PRIKAZ TEHNOLOGIJE IZGARANJA GORIVA IZ OTPADA .....	64
Slika 19: RASPODJELA GORIVA IZ OTPADA NA KONTINENTALNU I JADRANSKU HRVATSKU ..	67
Slika 20: JEDINIČNI INVESTICIJSKI TROŠAK IZGRADNJE ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA ..	74
Slika 21: PROJEKCIJA KRETANJA TRŽIŠNE I DISKONTNE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	82
Slika 22: PROJEKCIJA KRETANJA TRŽIŠNE CIJENE EMISIJSKE JEDINICE UGLJIKOVA OKSIDA ....	89

Slika 23: OSJETLJIVOST ČISTE SADAŠNJE VRIJEDNOSTI NA PROMJENU POJEDINE UTJECAJNE VARIJABLE.....	99
--	----

## POPIS TABLICA

### U TEKSTU:

Tablica 1: TEMELJNE GRUPE OTPADA .....	25
Tablica 2: UKUPNI OTPAD U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	32
Tablica 3: CILJEVI GOSPODARENJA OTPADOM U PLANSKOM RAZDOBLJU 2015.-2022.....	34
Tablica 4: KLASIFIKACIJA SRF-a.....	42
Tablica 5: VRSTE OTPADA POGODNE ZA PROIZVODNJU GORIVA IZ OTPADA .....	43
Tablica 6: KAPACITET PROIZVODNJE GORIVA IZ OTPADA.....	46
Tablica 7: PESTLE ANALIZA .....	53
Tablica 8: SWOT ANALIZA.....	55
Tablica 9: MODALITETI JAVNO-PRIVATNOG PARTNERSTVA .....	58
Tablica 10: ENERGETSKA BILANCA ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA.....	68
Tablica 11: MASENI TOKOVI PREOSTALIH TVARI .....	70
Tablica 12: UČINKOVITOST ENERGETSKE OPORABE ENERGANJE NA GORIVO IZ OTPADA.....	71
Tablica 13: STRUKTURA INVESTICIJSKOG ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA .	75
Tablica 14: STRUKTURA IZVORA FINANCIRANJA.....	76
Tablica 15: TROŠAK OBIČNOG KAPITALA .....	78
Tablica 16: IZRAČUN PONDERIRANOG PROSJEČNOG TROŠKA KAPITALA.....	78
Tablica 17: STRUKTURA I DINAMIKA ULAGANJA U ENERGANU NA GORIVO IZ OTPADA .....	79
Tablica 18: PROJEKCIJA ULAGANJA U INKREMENTALNO POVEĆANJE OBRTNOG KAPITALA ..	80
Tablica 19: PROJEKCIJA UKUPNOG PRIHODA.....	84
Tablica 20: PROJEKCIJA UKUPNIH VARIJABILNIH TROŠKOVA .....	90
Tablica 21: PROJEKCIJA UKUPNIH FIKSNIH TROŠKOVA.....	93
Tablica 22: OBRAČUN AMORTIZACIJE ZA PRVU GODINU RAZDOBLJA EFEKTUIRANJA .....	94

Tablica 23: UKUPNA REZIDUALNA VRIJEDNOST PROJEKTA .....	96
Tablica 24: ČISTA SADAŠNJA VRIJEDNOST I INTERNA STOPA PROFITABILNOSTI PROJEKTA ...	97
Tablica 25: RAZDOBLJE POVRATA ULAGANJA.....	98
Tablica 26: PRIJELOMNA TOČKA FINACIJSKE UČINKOVITOSTI PROJEKTA.....	99
Tablica 27: DISKRETNA DISTRIBUCIJA VJEROJATNOSTI SCENARIJSKE ANALIZE.....	100

#### **U PRILOGU:**

Prilog tablica 1: PROJEKCIJA PRIHODA OD PREUZIMANJA GORIVA IZ OTPADA

Prilog tablica 2: PROJEKCIJA PRIHODA OD PRODAJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prilog tablica 3: PROJEKCIJA PRIHODA OD PRODAJE TOPLINSKE ENERGIJE

Prilog tablica 4: PROJEKCIJA TROŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA RAD POMOĆNIH SUSTAVA

Prilog tablica 5: PROJEKCIJA TROŠKA PRIRODNOG PLINA KAO DOPUNSKOG GORIVA

Prilog tablica 6: PROJEKCIJA TROŠKA NADOPUNE FLUIDIZIRANOG SLOJA

Prilog tablica 7: PROJEKCIJA TROŠKA EMISIJE UGLJIKOVA DIOKSIDA

Prilog tablica 8: PROJEKCIJA TROŠKA DODAVANJA REAGENSA TE ADSORPCIJSKOG I ADSORPCIJSKOG SREDSTVA

Prilog tablica 9: PROJEKCIJA TROŠKA ZBRINJAVANJA PEPELA

Prilog tablica 10: PROJEKCIJA TROŠKA ODRŽAVANJA POSTROJENJA

Prilog tablica 11: PROJEKCIJA TROŠKA OSIGURANJA POSTROJENJA

Prilog tablica 12: PROJEKCIJA TROŠKA ZAPOSLENIH

Prilog tablica 13: PROJEKCIJA TROŠKA NAKNADA I DRUGIH TROŠKOVA

Prilog tablica 14: OBRAČUN AMORTIZACIJE U RAZDOBLJU EFEKTUIRANJA PROJEKTA

Prilog tablica 15: IZRAČUN ČISTOG NOVČANOG TOKA PROJEKTA

Prilog tablica 16: ANALIZA ISPLATIVOSTI

Prilog tablica 17: IZRAČUN ČISTE SADAŠNJE VRIJEDNOSTI OVISNO O PROMJENI UTJECAJNE VARIJABLE



# ŽIVOTOPIS

## Osnovni podaci

Ime i prezime: Darko Hecer  
Adresa: Božidara Magovca 3, 10000 Zagreb  
Mjesto rođenja: Kutina, Republika Hrvatska  
Datum rođenja: 6.3.1983.  
Državljanstvo: Hrvatsko  
Zaposlenje: Ekoneg d.o.o., Koranska 5, pp 144, 10000 Zagreb  
Mobitel: ++ 385 91 5649 143  
Telefon na poslu: ++ 385 1 6052 638  
E-mail: dhecer@gmail.com

## Obrazovanje

2011. - Poslijediplomski specijalistički studij "Poslovno upravljanje, MBA",  
Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
2001. - 2007. Procesno energetska smjer, Fakultet strojarstva i brodogradnje,  
Sveučilište u Zagrebu  
1997. - 2001. Prirodoslovno matematička gimnazija, Srednja škola Tina Ujevića u  
Kutini  
1989. - 1997. Osnovna škola Zvonimira Franka u Kutini

## Zaposlenje

2007. - Ekoneg – Institut za energetiku i zaštitu okoliša, savjetnik u odjelu za  
energetiku

## Jezici

Engleski jezik – aktivno u govoru i pismu (C2)

## Dodatna znanja i vještine

- Priprema infrastrukturnih energetska i komunalnih projekata
- Priprema projekata za sufinanciranje iz EU fondova
- MS Office paket
- Vozačka dozvola – B kategorije

## PRILOZI

### Prilog tablica 1

#### PROJEKCIJA PRIHODA OD PREUZIMANJA GORIVA IZ OTPADA

Godina	Ulazna naknada	Prihod od preuzimanja	Godina	Ulazna naknada	Prihod od preuzimanja
	HRK/t	Tisuća HRK		HRK/t	Tisuća HRK
2026	449,18	76 360	2036	521,29	88 619
2027	455,91	77 505	2037	529,11	89 948
2028	462,75	78 668	2038	537,04	91 297
2029	469,69	79 848	2039	545,10	92 667
2030	476,74	81 045	2040	553,27	94 057
2031	483,89	82 261	2041	561,57	95 467
2032	491,15	83 495	2042	570,00	96 899
2033	498,51	84 748	2043	578,55	98 353
2034	505,99	86 019	2044	587,22	99 828
2035	513,58	87 309	2045	596,03	101 326

Izvor: Autorova interpretacija

### Prilog tablica 2

#### PROJEKCIJA PRIHODA OD PRODAJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Godina	Prodaja po tržišnoj cijeni	Prodaja po diskontnoj cijeni	Godina	Prodaja po tržišnoj cijeni	Prodaja po diskontnoj cijeni
	Tisuća HRK	Tisuća HRK		Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	3 731	36 938	2036	5 386	53 318
2027	3 921	38 821	2037	5 486	54 311
2028	4 111	40 703	2038	5 586	55 304
2029	4 302	42 586	2039	5 687	56 297
2030	4 492	44 468	2040	5 787	57 290
2031	4 650	46 040	2041	5 848	57 898
2032	4 809	47 611	2042	5 910	58 506
2033	4 968	49 182	2043	5 971	59 113
2034	5 127	50 753	2044	6 032	59 721
2035	5 285	52 324	2045	6 094	60 329

Izvor: Autorova interpretacija

Prilog tablica 3

PROJEKCIJA PRIHODA OD PRODAJE TOPLINSKE ENERGIJE

Godina	Konkurentna cijena topline	Prihod od prodaje topline	Godina	Konkurentna cijena topline	Prihod od prodaje topline
	HRK/MWh	Tisuća HRK		HRK/MWh	Tisuća HRK
2026	268,22	72 272	2036	314,09	84 629
2027	272,60	73 450	2037	318,87	85 918
2028	276,98	74 630	2038	323,66	87 209
2029	281,36	75 811	2039	328,46	88 502
2030	285,75	76 995	2040	333,26	89 796
2031	289,53	78 012	2041	345,24	93 023
2032	294,46	79 342	2042	357,22	96 252
2033	299,41	80 673	2043	369,22	99 483
2034	304,36	82 007	2044	381,22	102 716
2035	309,31	83 342	2045	393,22	105 952

Izvor: Autorova interpretacija

Prilog tablica 4

PROJEKCIJA TROŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA RAD POMOĆNIH SUSTAVA

Godina	Tržišna cijena el. energije	Trošak el. energije	Godina	Tržišna cijena el. energije	Trošak el. energije
	HRK/MWh	Tisuća HRK		HRK/MWh	Tisuća HRK
2026	373,11	1 866	2036	538,56	2 693
2027	392,13	1 961	2037	548,59	2 743
2028	411,15	2 056	2038	558,62	2 793
2029	430,16	2 151	2039	568,66	2 843
2030	449,18	2 246	2040	578,69	2 893
2031	465,05	2 325	2041	584,83	2 924
2032	480,92	2 405	2042	590,96	2 955
2033	496,79	2 484	2043	597,10	2 986
2034	512,66	2 563	2044	603,24	3 016
2035	528,53	2 643	2045	609,38	3 047

Izvor: Autorova interpretacija

Prilog tablica 5

PROJEKCIJA TROŠKA PRIRODNOG PLINA KAO DOPUNSKOG GORIVA

Godina	Tržišna cijena prirodnog plina	Trošak prirodnog plina	Godina	Tržišna cijena prirodnog plina	Trošak prirodnog plina
	HRK/MWh	Tisuća HRK		HRK/MWh	Tisuća HRK
2026	192,48	10 328	2036	220,56	11 834
2027	195,79	10 505	2037	223,05	11 968
2028	199,10	10 683	2038	225,54	12 102
2029	202,42	10 861	2039	228,03	12 236
2030	205,73	11 039	2040	230,54	12 370
2031	208,19	11 171	2041	236,28	12 678
2032	210,66	11 303	2042	242,03	12 986
2033	213,13	11 436	2043	247,78	13 295
2034	215,60	11 568	2044	253,54	13 604
2035	218,08	11 701	2045	259,30	13 913

Izvor: Autorova interpretacija

Prilog tablica 6

PROJEKCIJA TROŠKA NADOPUNE FLUIDIZIRANOG SLOJA

Godina	Cijena kvarcnog pijeska	Trošak nadopune fluidiziranog sloja	Godina	Cijena kvarcnog pijeska	Trošak nadopune fluidiziranog sloja
	HRK/t	Tisuća HRK		HRK/t	Tisuća HRK
2026	500,00	1 062	2036	580,27	1 233
2027	507,50	1 078	2037	588,97	1 251
2028	515,11	1 094	2038	597,81	1 270
2029	522,84	1 111	2039	606,78	1 289
2030	530,68	1 128	2040	615,88	1 309
2031	538,64	1 144	2041	625,12	1 328
2032	546,72	1 162	2042	634,49	1 348
2033	554,92	1 179	2043	644,01	1 368
2034	563,25	1 197	2044	653,67	1 389
2035	571,69	1 215	2045	663,48	1 410

Izvor: Autorova interpretacija

## Prilog tablica 7

## PROJEKCIJA TROŠKA EMISIJE UGLJIKOVA DIOKSIDA

Godina	Emisija izgaranjem PP	Emisija izgaranjem GIO	Ukupno	Godina	Emisija izgaranjem PP	Emisija izgaranjem GIO	Ukupno
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK		Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	2 497	6 801	9 298	2036	3 620	9 859	13 479
2027	2 568	6 995	9 564	2037	3 751	10 217	13 968
2028	2 640	7 190	9 830	2038	3 883	10 575	14 457
2029	2 711	7 384	10 095	2039	4 014	10 933	14 947
2030	2 783	7 579	10 361	2040	4 145	11 291	15 436
2031	2 924	7 963	10 887	2041	4 478	12 196	16 675
2032	3 065	8 348	11 412	2042	4 811	13 102	17 913
2033	3 206	8 732	11 938	2043	5 143	14 008	19 152
2034	3 347	9 116	12 464	2044	5 476	14 914	20 390
2035	3 488	9 501	12 989	2045	5 809	15 820	21 629

Izvor: Autorova interpretacija

## Prilog tablica 8

## PROJEKCIJA TROŠKA DODAVANJA REAGENSA TE APSORPCIJSKOG I ADSORPCIJSKOG SREDSTVA

Godina	Hidratiz. vapno	Procesna voda	Apsorpc. sredstvo	Amonij. voda	Reagens	Aktivni ugljik	Adsorpc. sredstvo	Ukupno
	HRK/t	HRK/m3	Tis. HRK	HRK/t	Tis. HRK	HRK/t	Tis. HRK	Tis. HRK
2026	600,00	12,00	3 715	1 500	756	600	72	4 543
2027	609,00	12,18	3 771	1 523	767	609	73	4 611
2028	618,14	12,36	3 827	1 545	779	618	74	4 681
2029	627,41	12,55	3 885	1 569	791	627	75	4 751
2030	636,82	12,74	3 943	1 592	802	637	76	4 822
2031	646,37	12,93	4 002	1 616	814	646	78	4 894
2032	656,07	13,12	4 062	1 640	827	656	79	4 968
2033	665,91	13,32	4 123	1 665	839	666	80	5 042
2034	675,90	13,52	4 185	1 690	852	676	81	5 118
2035	686,03	13,72	4 248	1 715	864	686	82	5 195
2036	696,32	13,93	4 312	1 741	877	696	84	5 273
2037	706,77	14,14	4 376	1 767	891	707	85	5 352
2038	717,37	14,35	4 442	1 793	904	717	86	5 432
2039	728,13	14,56	4 509	1 820	917	728	87	5 513

Godina	Hidratiz. vapno	Procesna voda	Apsorpc. sredstvo	Amonij. voda	Reagens	Aktivni ugljik	Adsorpc. sredstvo	Ukupno
	HRK/t	HRK/m3	Tis. HRK	HRK/t	Tis. HRK	HRK/t	Tis. HRK	Tis. HRK
2040	739,05	14,78	4 576	1 848	931	739	89	5 596
2041	750,14	15,00	4 645	1 875	945	750	90	5 680
2042	761,39	15,23	4 715	1 903	959	761	91	5 765
2043	772,81	15,46	4 785	1 932	974	773	93	5 852
2044	784,40	15,69	4 857	1 961	988	784	94	5 940
2045	796,17	15,92	4 930	1 990	1 003	796	96	6 029

Izvor: Autorova interpretacija

### Prilog tablica 9

#### PROJEKCIJA TROŠKA ZBRINJAVANJA PEPELA

Godina	Pepeo iz ložišta	Lebdeći pepeo	Ukupno	Godina	Pepeo iz ložišta	Lebdeći pepeo	Ukupno
	Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK		Tisuća HRK	Tisuća HRK	Tisuća HRK
2026	20 397	15 298	35 696	2036	23 672	17 754	41 426
2027	20 703	15 528	36 231	2037	24 027	18 020	42 048
2028	21 014	15 760	36 774	2038	24 388	18 291	42 678
2029	21 329	15 997	37 326	2039	24 753	18 565	43 318
2030	21 649	16 237	37 886	2040	25 125	18 844	43 968
2031	21 974	16 480	38 454	2041	25 502	19 126	44 628
2032	22 303	16 728	39 031	2042	25 884	19 413	45 297
2033	22 638	16 979	39 617	2043	26 272	19 704	45 977
2034	22 978	17 233	40 211	2044	26 666	20 000	46 666
2035	23 322	17 492	40 814	2045	27 066	20 300	47 366

Izvor: Autorova interpretacija

### Prilog tablica 10

#### PROJEKCIJA TROŠKA ODRŽAVANJA POSTROJENJA

Godina	Održavanje postrojenja	Godina	Održavanje postrojenja
	Tisuća HRK		Tisuća HRK
2026	22 050	2036	25 590
2027	22 381	2037	25 974
2028	22 716	2038	26 363
2029	23 057	2039	26 759
2030	23 403	2040	27 160

Godina	Održavanje postrojenja	Godina	Održavanje postrojenja
	Tisuća HRK		Tisuća HRK
2031	23 754	2041	27 568
2032	24 110	2042	27 981
2033	24 472	2043	28 401
2034	24 839	2044	28 827
2035	25 212	2045	29 259

Izvor: Autorova interpretacija

#### Prilog tablica 11

#### PROJEKCIJA TROŠKA OSIGURANJA POSTROJENJA

Godina	Osiguranje postrojenja	Godina	Osiguranje postrojenja
	Tisuća HRK		Tisuća HRK
2026	3 675	2036	4 265
2027	3 730	2037	4 329
2028	3 786	2038	4 394
2029	3 843	2039	4 460
2030	3 901	2040	4 527
2031	3 959	2041	4 595
2032	4 018	2042	4 664
2033	4 079	2043	4 733
2034	4 140	2044	4 804
2035	4 202	2045	4 877

Izvor: Autorova interpretacija

#### Prilog tablica 12

#### PROJEKCIJA TROŠKA ZAPOSLENIH

Godina	Prosječni trošak plaće	Ukupni trošak za plaće	Godina	Prosječni trošak plaće	Ukupni trošak za plaće
	HRK/god	Tisuća HRK		HRK/god	Tisuća HRK
2026	150 000	4 500	2036	174 081	5 222
2027	152 250	4 568	2037	176 692	5 301
2028	154 534	4 636	2038	179 343	5 380
2029	156 852	4 706	2039	182 033	5 461
2030	159 205	4 776	2040	184 763	5 543
2031	161 593	4 848	2041	187 535	5 626
2032	164 016	4 920	2042	190 348	5 710

Godina	Prosječni trošak plaće	Ukupni trošak za plaće	Godina	Prosječni trošak plaće	Ukupni trošak za plaće
	HRK/god	Tisuća HRK		HRK/god	Tisuća HRK
2033	166 477	4 994	2043	193 203	5 796
2034	168 974	5 069	2044	196 101	5 883
2035	171 508	5 145	2045	199 043	5 971

Izvor: Autorova interpretacija

### Prilog tablica 13

#### PROJEKCIJA TROŠKA NAKNADA I DRUGIH TROŠKOVA

Godina	Osnovica za izračun	Udio troška	Ukupno	Godina	Osnovica za izračun	Udio troška	Ukupno
	Tisuća HRK	%	Tisuća HRK		Tisuća HRK	%	Tisuća HRK
2026	30 225	10,0	3 023	2036	35 077	10,0	3 508
2027	30 678	10,0	3 068	2037	35 604	10,0	3 560
2028	31 139	10,0	3 114	2038	36 138	10,0	3 614
2029	31 606	10,0	3 161	2039	36 680	10,0	3 668
2030	32 080	10,0	3 208	2040	37 230	10,0	3 723
2031	32 561	10,0	3 256	2041	37 788	10,0	3 779
2032	33 049	10,0	3 305	2042	38 355	10,0	3 836
2033	33 545	10,0	3 355	2043	38 930	10,0	3 893
2034	34 048	10,0	3 405	2044	39 514	10,0	3 951
2035	34 559	10,0	3 456	2045	40 107	10,0	4 011

Izvor: Autorova interpretacija

### Prilog tablica 14

#### OBRAČUN AMORTIZACIJE U RAZDOBLJU EFEKTUIRANJA PROJEKTA

Godina	Nemat. imovina	Mat. imovina	Ukupno	Godina	Nemat. imovina	Mat. imovina	Ukupno
	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK		Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK
2026	5 500	34 913	40 413	2036	0	27 563	27 563
2027	5 500	34 913	40 413	2037	0	27 563	27 563
2028	5 500	34 913	40 413	2038	0	27 563	27 563
2029	5 500	34 913	40 413	2039	0	27 563	27 563
2030	5 500	34 913	40 413	2040	0	27 563	27 563
2031	0	34 913	34 913	2041	0	27 563	27 563
2032	0	34 913	34 913	2042	0	27 563	27 563



Godina	Nemat. imovina	Mat. imovina	Ukupno	Godina	Nemat. imovina	Mat. imovina	Ukupno
	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK		Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK
2033	0	34 913	34 913	2043	0	27 563	27 563
2034	0	34 913	34 913	2044	0	27 563	27 563
2035	0	34 913	34 913	2045	0	27 563	27 563

Izvor: Autorova interpretacija

## Prilog tablica 15

### IZRAČUN ČISTOG NOVČANOG TOKA PROJEKTA

God	Ulaganje	Prihod	Troškovi	Amort.	Bruto dobit	Porez	Neto dobit	Amort.	Čisti novčani tok
	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK
2021	-6,6								-6,6
2022	-16,4								-16,4
2023	-373,5								-373,5
2024	-257,0								-257,0
2025	-171,8								-171,8
2026	-1,3	189,3	-96,0	-40,4	52,8	-9,5	43,3	40,4	82,4
2027	-1,3	193,7	-97,7	-40,4	55,6	-10,0	45,6	40,4	84,7
2028	-1,3	198,1	-99,4	-40,4	58,3	-10,5	47,8	40,4	86,9
2029	-1,3	202,5	-101,1	-40,4	61,1	-11,0	50,1	40,4	89,2
2030	-1,2	207,0	-102,8	-40,4	63,8	-11,5	52,3	40,4	91,6
2031	-1,3	211,0	-104,7	-34,9	71,4	-12,8	58,5	34,9	92,1
2032	-1,3	215,3	-106,6	-34,9	73,7	-13,3	60,4	34,9	94,1
2033	-1,3	219,6	-108,6	-34,9	76,1	-13,7	62,4	34,9	96,0
2034	-1,3	223,9	-110,6	-34,9	78,4	-14,1	64,3	34,9	97,9
2035	-1,1	228,3	-112,6	-34,9	80,8	-14,5	66,2	34,9	100,0
2036	-1,1	232,0	-114,5	-27,6	89,9	-16,2	73,7	27,6	100,1
2037	-1,1	235,7	-116,5	-27,6	91,6	-16,5	75,1	27,6	101,6
2038	-1,1	239,4	-118,5	-27,6	93,3	-16,8	76,5	27,6	103,0
2039	-1,1	243,2	-120,5	-27,6	95,1	-17,1	78,0	27,6	104,4
2040	-1,6	246,9	-122,5	-27,6	96,8	-17,4	79,4	27,6	105,4
2041	-1,6	252,2	-125,5	-27,6	99,2	-17,9	81,3	27,6	107,3
2042	-1,6	257,6	-128,5	-27,6	101,5	-18,3	83,3	27,6	109,2
2043	-1,6	262,9	-131,5	-27,6	103,9	-18,7	85,2	27,6	111,2
2044	-1,6	268,3	-134,5	-27,6	106,3	-19,1	87,1	27,6	113,1

God	Ulaganje	Prihod	Troškovi	Amort.	Bruto dobit	Porez	Neto dobit	Amort.	Čisti novčani tok
	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK	Mil. HRK
2045	0,0	273,7	-137,5	-27,6	108,6	-19,6	89,1	27,6	116,6

Izvor: Autorova interpretacija

## Prilog tablica 16

### ANALIZA ISPLATIVOSTI

God	Čisti novčani tok	Rezidualna vrijednost	Ukupni novčani tok	Diskontni faktor	Diskontirani novčani tok
	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK
2021	-6 625		-6 625	1,00	-6 625
2022	-16 375		-16 375	0,96	-15 707
2023	-373 500		-373 500	0,92	-343 637
2024	-257 000		-257 000	0,88	-226 802
2025	-171 790		-171 790	0,85	-145 417
2026	82 429		82 429	0,81	66 927
2027	84 670		84 670	0,78	65 941
2028	86 913		86 913	0,75	64 925
2029	89 156		89 156	0,72	63 883
2030	91 555		91 555	0,69	62 925
2031	92 137		92 137	0,66	60 741
2032	94 060		94 060	0,63	59 478
2033	95 984		95 984	0,61	58 217
2034	97 910		97 910	0,58	56 962
2035	100 043		100 043	0,56	55 827
2036	100 139		100 139	0,54	53 601
2037	101 560		101 560	0,51	52 143
2038	102 983		102 983	0,49	50 715
2039	104 407		104 407	0,47	49 318
2040	105 381		105 381	0,45	47 747
2041	107 303		107 303	0,43	46 634
2042	109 227		109 227	0,42	45 532
2043	111 152		111 152	0,40	44 444
2044	113 079		113 079	0,38	43 369
2045	116 636	275 829	392 465	0,37	144 380
Čista sadašnja vrijednost				HRK	455 523 273

God	Čisti novčani tok	Rezidualna vrijednost	Ukupni novčani tok	Diskontni faktor	Diskontirani novčani tok
	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK	Tis. HRK
Interna stopa profitabilnosti				%	8,9
Jednostavno razdoblje povrata				God	10,1
Diskontirano razdoblje povrata				God	13,3

Izvor: Autorova interpretacija

### Prilog tablica 17

#### IZRAČUN ČISTE SADAŠNJE VRIJEDNOSTI OVISNO O PROMJENI UTJECAJNE VARIJABLE

Postotna promjena	Investicijski trošak	Poslovni prihod	Varijabilni trošak	Fiksni trošak	Trošak kapitala
%	HRK	HRK	HRK	HRK	HRK
20	287 199 003	869 040 116	319 098 296	386 046 531	339 480 993
15	329 314 583	765 660 905	353 204 540	403 415 717	366 752 490
10	371 409 109	662 281 694	387 310 784	420 784 902	395 149 831
5	413 479 779	558 902 483	421 417 028	438 154 087	424 722 723
0	455 523 273	455 523 273	455 523 273	455 523 273	455 523 273
-5	497 535 621	352 144 062	489 629 517	472 892 458	487 606 114
-10	539 512 045	248 764 851	523 735 761	490 261 643	521 028 538
-15	581 446 736	145 385 640	557 842 005	507 630 828	555 850 634
-20	623 332 558	42 006 429	591 948 249	525 000 014	592 135 435

Izvor: Autorova interpretacija