

Od gradskog otpada do biometana za utiskivanje u plinsku mrežu i promet u urbanim sredinama

Br. projekta: IEE/10/251



Proizvodnja bioplina i biometana u Zagrebu/Hrvatskoj

SAŽETAK

WP 4 – Task 4.3/D 4.3

Siječanj 2014



Autori: Biljana Kulišić, Marko Matosović i Branka Jelavić, Energetski institut Hrvoje Požar, Hrvatska

Editor: Željko Jurić, Energetski institut Hrvoje Požar, Croatia

Kontakt: Biljana Kulišić
Energetski institut Hrvoje Požar
Savska cesta 163, pp141
10001 Zagreb, Croatia
tel: ++385 1 6326 169
fax: ++385 1 6040 599
bkulisic@eihp.hr

UrbanBiogas projekt (Od gradskog otpada do biometana za utiskivanje u plinsku mrežu i promet u urbanim sredinama) je podržan od strane Europske komisije u okviru programa Inteligentna energija za Europu. Isključiva odgovornost za sadržaj ovog dokumenta je na autorima. Ni EACI niti Europska komisija nisu odgovorni za uporabu informacija sadržanih u dokumentu. Trajanje UrbanBiogas projekta je od svibnja 2011. do travnja 2014. godine (Broj ugovora IEE/10/251).



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

UrbanBiogas web-stranica: www.urbanbiogas.eu

Sadržaj

1	Uvod	4
2	Dostupna sirovina	5
2.1	Komunalni otpad, Grad Zagreb i okolica	5
2.1.1	Scenarij 1: ukupna količina biorazgradivog otpada u Gradu Zagrebu	5
2.1.2	Scenarij 2: dostizanje IEE UrbanBiogas cilja do 2020	6
2.1.3	Scenarij 3: dostizanje ciljeva iz Prepristupnog Ugovora za Grad Zagreb	7
2.1.4	Scenarij 4: odvajanje biorazgradive frakcije u Centru za gospodarenje otpadom	7
2.1.5	Troškovi zbrinjavanja	7
2.2	Industrijski otpad, Grad Zagreb i okolica	7
3	Proizvodnja biometana	9
3.1	Izračun mogućeg prinosa bioplina i biometana	9
3.2	Moguća potrošnja plina	10
4	Postrojenja za proizvodnju bioplina i biometana	12
4.1	Tehnologije proizvodnje bioplina	12
4.2	Tehnologije proizvodnje biometana	14
4.3	Lokacije za postrojenje	15
4.4	Ekonomska analiza	16
5	Dionici	20
6	Predloženo rješenje za proizvodnju biometana u Gradu Zagrebu	22
7	Strategija za uspješnu proizvodnju biometana	23
7.1	Stvaranje oržive potražnje za biometanom	23
7.2	Poticanje investitora	23
7.3	Informiranje gradske uprave i opozicijskih skupina	23
7.4	Osiguranje rada bioplinskog postrojenja	23
8	Popis literature	24
9	Popis tablica	26
10	Popis slika	27

1 Uvod

Cilj ovog dokumenta je prikazati načine na koje se, dosad neiskorišteni, potencijal organskog dijela otpada može iskoristiti za proizvodnju energije u Grad u Zagrebu, a koji mogu biti primjenjivi i na druge dijelove Hrvatske.

Razvoj koncepta za korištenje bioplina i biometana na području Grada Zagreb sadrži previše nepoznanica kako bi se preporučio jedinstveni koncept za Grad. Međutim, materijali u ovom konceptu pružaju dobru podlogu za odgovorne osobe, donosiocice odluka i ostale dionike prilikom odlučivanja o održivom gospodarenju otpadom uzimajući u obzir i korištenje otpada za proizvodnju biometana.

U ovom dokumentu prikazana je veza između gospodarenja otpadom i proizvodnje bioplina. Razvijena su četiri scenarija proizvodnje bioplina temeljena na različitim doprinosima iz procesa gospodarenja otpadom. Također, dan je pregled različitih tehnologija za proizvodnju biometana, opis metodološkog pristupa procjene lokacija za proizvodnju bioplina i biometana s tehničkog stajališta, opći ekonomski parametri i dr. Opisana je i strategija uspješne proizvodnje biometana iz biorazgradivog gradskog otpada, koji je pogodan za anaerobnu digestiju.

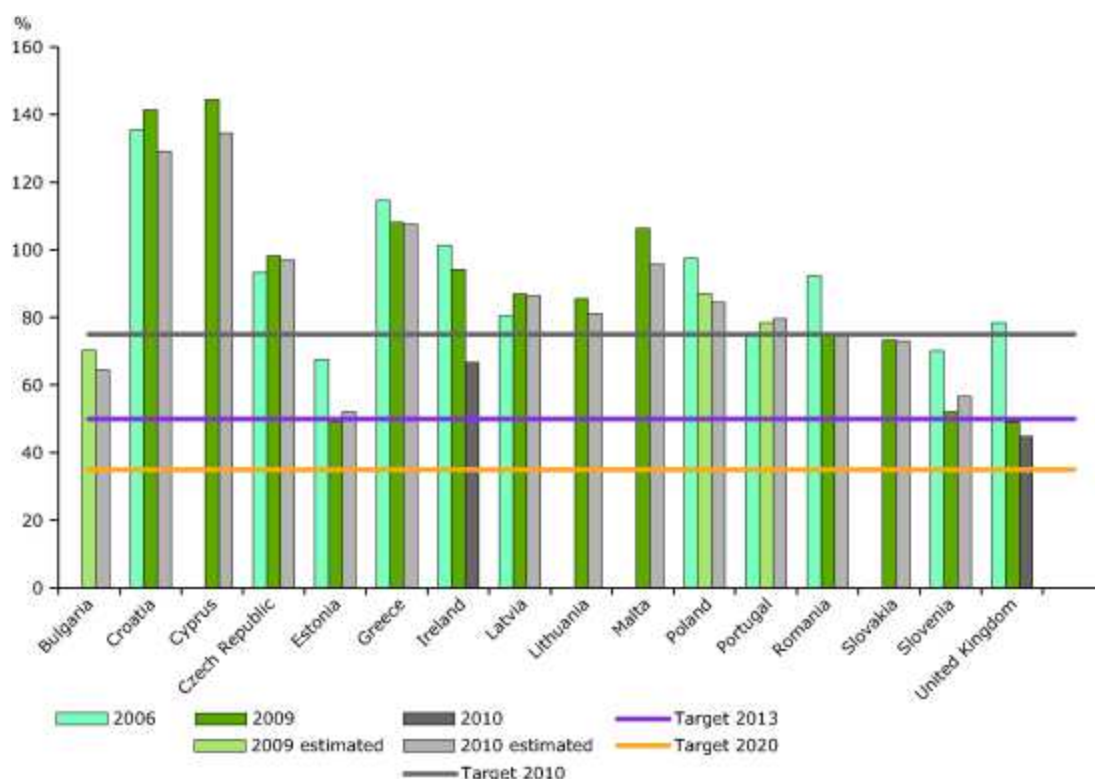
Jedna od prednosti cjelokupne implementacije IEE projekta UrbanBiogas u Hrvatskoj bila je podrška svih dionika potrebnih za razvoj koncepta proizvodnje bioplina iz otpada na području Grada Zagreba.

Namjera je autora da se ovaj dokument može koristiti kao podloga u procesu donošenja danjih odluka, koji mogu koristiti svi dionici tog procesa – od gradonačelnika do građana.

2 Dostupna sirovina

Postoji nekoliko mogućnosti i tehnologija za korištenje otpada. Imajući na umu zahtjeve projekta, u ovom dokumentu fokus će biti na pridobivanju energije (biometana) iz otpada koristeći anaerobnu digestiju (nadalje: AD). Biorazgradiva komponenta gradskog otpada pogodna za AD je otpad koji dolazi iz procesa pripreme i konzumacije hrane (kuhinjski otpad, jestivo ulje, masti, hrana kojoj je istekao rok trajanja i sl.) te zeleni otpad iz procesa uređenja gradskog okoliša, isključujući grane i sličan materijal. Dostupnost sirovine pogodne za AD uvelike će ovisiti o budućem konceptu gospodarenja otpadom i naporima u ispunjenju ciljeva zadanih kroz nacionalne obveze, a posebno one koje se odnose na smanjenje količine biorazgradivog otpada u gradskom komunalnom otpadu. Zakonska obaveza je smanjiti za najmanje 65% udio odloženog biorazgradivog otpada u 2020. u odnosu na količine iz 1997. godine. S obzirom na činjenicu da je Zagreb glavni i najveći grad Hrvatske, kao takav značajno doprinosi postizanju nacionalnih ciljeva.

Smanjenje količine biorazgradivog otpada u komunalnom otpadu na odlagalištima je i cilj EU, pri čemu svaka zemlja članica ima vlastite nacionalne ciljeve. Na slici su prikazani ciljevi za neke od zemalja članica.



Slika 1. Ciljevi smanjenja biorazgradivog otpada u zemljama članicama EU

Za potrebe ovog projekta, referentna količina za izračun udjela biorazgradive frakcije u komunalnom otpadu je količina otpada na odlagalištu Prudinec – odlagalište otpada za Grad Zagreb u 1997., kada je ona iznosila 209 000 t (Agencija za zaštitu okoliša, 2006). Iako je te godine gradsko komunalno poduzeće prikupilo 184 502 t otpada, koristi se pretpostavka da sav otpad na odlagalištu podliježe pod odredbe direktive o odlagalištima otpada.

2.1 Komunalni otpad, Grad Zagreb i okolica

U ovom dokumentu razmatraju se četiri moguća scenarija i količine biorazgradivog otpada na području Grada Zagreba, koje su pogodni za anaerobnu digestiju.

2.1.1 Scenarij 1: ukupna količina biorazgradivog otpada u Gradu Zagrebu

Ovaj scenarij temelji se na prijedlogu gospodarenja otpadom koji je predložila podružnica Zagrebačkog holding – Čistoća. Prijedlog sadrži ukupnu količinu biorazgradivog otpada koji

se može prikupiti na području Grada Zagreba i koristiti za proizvodnju bioplina do 2020. Detalji izračuna mogu se pronaći na internetskom sjedištu projekta www.UrbanBiogas.eu, pod projektnom isporukom D 3.3.

Table 5. Total estimated quantities of biowaste in the City of Zagreb

Input	Dry matter, %	Amount, t/year
Biowaste from shopping centers and households	20	5.000
Biowaste from kitchens and restaurants	20	10.000
Market biowaste	20	3.000
Industrial biodegradable waste (brewery, dairy, food processing)	20	1.500
Expired milk & eggs	17	500
Total		20.000

Slika 2. Vrste biorazgradivog otpada u Gradu Zagrebu



Figure 10. Estimate of the increase of separately collected biowaste (2014-2020)

Slika 3. Procijenjena količina prikupljenog biorazgradivog otpada (2014.-2020.)

Table 1. Scenarij 1: ukupna količina organskog otpada u Gradu Zagrebu (u 1000 t)

Vrste otpada	2011	2015	2017	2020
Biootpad iz trgovačkih centara i kućanstava	1,5	2,6	3,8	5,0
Biootpad iz kuhinja i restorana	0	3,4	6,7	10,0
Biootpad tržnica	0	1,0	2,0	3,0
Industrijski biorazgradivi otpad (pivovare, prerada hrane)	0	0,5	1,0	1,5
Mlijeko i jaja (s istekom roka trajanja)	0	0,2	0,3	0,5
Ukupno	1,5	7,7	13,8	20,0

2.1.2 Scenarij 2: dostizanje IEE UrbanBiogas cilja do 2020

IEE projekt UrbanBiogas ima ambiciozan dugoročni cilj za 2020.: „koristiti 70% trenutno neiskorištenog organskog dijela u komunalnom otpadu u ciljnim gradovima. Taj će udio otpada biti pretvoren u biometan za utiskivanje u plinsku mrežu ili kao transportno gorivo.“ (IEE Ugovor, Dodatak 1: Opis aktivnosti, 2010.).

Table 2. Scenarij 2: ukupna količina organskog otpada u Gradu Zagrebu (u 1000 t)

Vrste otpada	2011	2015	2017	2020
Biootpad pogodan za AD, prikupljen na izvoru	1,5	14,9	28,6	38,7
Industrijski biorazgradivi otpad (pivovare, prerada hrane)	0	20,6	21,1	21,6
Ukupno	1,5	35,5	49,7	60,3

Ovaj scenarij predviđa ispunjenje ovog cilja kao linearne funkcije od 2014. do 2020. uzimajući kao baznu godinu istu vrijednost kao iz scenarija 1.

2.1.3 Scenarij 3: dostizanje ciljeva iz Pretpristupnog Ugovora, uzimajući u obzir Direktivu o odlagalištima otpada, za Grad Zagreb

Pretpristupni ugovor, u dijelovima koji se odnose na Direktivu o odlagalištima otpada, definira količine i dinamiku smanjenja biorazgradivog dijela iz komunalnog otpada koji se odlaže na odlagalištima. Projekcije pretpostavljaju isti udio kuhinjskog otpada u komunalnom otpadu u Gradu Zagrebu kao i 1997. (bazna godina za izračun ciljeva) i odgovarajuće udjele i godine smanjenja (smanjenje na 75%, 50% i 35% količine iz bazne godine).

Table 3. Scenarij 3: ukupna količina organskog otpada u Gradu Zagrebu (u 1000 t)

Vrste otpada	2011	2013	2015	2017	2020
Biootpad pogodan za AD, prikupljen na izvoru	1,5	19,4	27,7	31,5	35,9
Industrijski biorazgradivi otpad (pivovare, prerada hrane)	0	20,1	20,6	21,1	21,6
Ukupno	1,5	39,5	48,3	52,6	57,5

Ovaj scenarij predviđa ispunjenje ovog cilja kao linearne funkcije od 2014. do 2020. uzimajući kao baznu godinu istu vrijednost kao iz scenarija 1.

2.1.4 Scenarij 4: odvajanje biorazgradive frakcije pogodne za AD u Centru za gospodarenje otpadom

U skladu s iskustvima iz prakse i scenarijem 1, razmatran je i „scenarij najgoreg slučaja“ (eng. worst case scenario) koji pretpostavlja da odvojeno prikupljanje biorazgradivog otpada neće biti implementirano u Gradu Zagrebu, već će sav biorazgradivi otpad biti pomiješan s ostatkom komunalnog otpada i kao takav će se razdvajati u Centru za gospodarenje otpadom.

Table 4. Scenarij 4: ukupna količina organskog otpada u Gradu Zagrebu (u 1000 t)

Vrste otpada	2011	2015	2017	2020
Biootpad pogodan za AD, prikupljen na izvoru	1,5	37,0	73,9	73,9
Industrijski biorazgradivi otpad (pivovare, prerada hrane)	0	20,6	21,1	21,6
Ukupno	1,5	57,6	95,0	95,5

U ovom slučaju, podaci za izračun ne koriste se iz Direktive već se koriste stvarni podaci o sakupljenom otpadu.

Scenarij 4 pretpostavlja da će Centar za gospodarenje otpadom početi s radom od 2015.

2.1.5 Troškovi zbrinjavanja

Trenutni troškovi zbrinjavanja nesortiranog komunalnog otpada su 322,36 HRK/t (bez PDV) ili 42,98 EUR/t zbrinutog otpada (Zagrebački holding d.o.o. – Podružnica ZGOS, 2012.). Zagreb holding – podružnica Čistoća plaća godišnje 68 mil. HRK ili 9 mil. EUR (bez PDV) za odlaganje otpada na odlagalištu, a na to se dodaje 31,74 HRK ili 4,23 EUR za svako vaganje (ulaz/izlaz).

2.2 Industrijski otpad, Grad Zagreb i okolica

Ukupne količine zbrinutog industrijskog otpada u Gradu Zagrebu za 2020. godinu prikazane su u tablici, a sastoji se od 1500 tona industrijskog otpada (pivovare, prerada hrane) i 500 tona mlijeka i jaja kojima je istekao rok trajanja.

Table 5. Scenarij 1: ukupna količina organskog otpada u Gradu Zagrebu (u 1000 t)

Supstrat	Količina (t)	Suha tvar (%)	Trenutačni način korištenja
pivski kolač	17 000	25	krma
kvasac – otpad	300	16	krma
mulj iz procesa obrade otpadnih voda	100	24	poljoprivreda

3 Proizvodnja biometana

3.1 Izračun mogućeg prinosa bioplina i biometana

Izračun mogućeg prinosa bioplina i biometana dan je temeljem ranijih opisa mogućih scenarija. U svim scenarijima osim scenarija 1 korišten je sljedeći pristup:

- izračun prinosa bioplina i biometana iz organskog otpada pogodnog za anaerobnu digestiju;
- izračun prinosa bioplina i biometana iz industrijskog otpada pogodnog za anaerobnu digestiju i dodavanje tih količina ukupnoj proizvodnji iz biootpada.

Prinos bioplina iz organskog otpada ovisi o njegovom sastavu, odnosno o razredu kupovne moći, prehrambenim navikama, godišnjem dobu i sl. U Hrvatskoj turizam ima vrlo bitnu ulogu u sezonskoj varijaciji sastava otpada, a time i mogućim prinosima bioplina.

Izračun prinosa bioplina i biometana dan je za 2011., 2015., 2017. i 2020. godinu kako bi se prikazale smjernice u procesu gospodarenja otpadom i opskrbe supstratom za adekvatan rad postrojenja za anaerobnu digestiju.

U nastavku je dan pregled moguće godišnje proizvodnje bioplina/biometana za različite scenarije.

Tablica 1. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 1 [mil. Nm³/god]

Parametar	2011	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	0,19	1,07	1,41	2,04
Proizvodnja biometana	0,09	0,60	0,77	1,11

Tablica 2. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 2 [mil. Nm³/god]

Parametar	2011	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	0,19	1,41	2,72	3,68
Proizvodnja biometana	0,09	0,85	1,63	2,21
Uključujući industrijski otpad				
Proizvodnja bioplina	0,19	3,85	5,22	6,24
Proizvodnja biometana	0,09	2,29	3,11	3,72

Tablica 3. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 3 [mil. Nm³/god]

Parametar	2011	2013	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	0,19	1,84	2,63	2,99	3,41
Proizvodnja biometana	0,09	1,10	1,58	1,80	2,05
Uključujući industrijski otpad					
Proizvodnja bioplina	0,19	1,84	5,07	5,50	5,98
Proizvodnja biometana	0,09	1,10	3,02	3,28	3,57

Tablica 4. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 4 [mil. Nm³/god]

Parametar	2011	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	0,19	4,56	9,12	9,12
Proizvodnja biometana	0,09	2,73	5,47	5,47
Uključujući industrijski otpad				
Proizvodnja bioplina	0,19	7,00	11,62	11,62
Proizvodnja biometana	0,09	4,18	6,95	6,95

Moguća satna proizvodnja bioplina, uz pretpostavku od 7690 radnih sati postrojenja godišnje, dana je u tablicama u nastavku.

Tablica 5. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 1 [Nm³/h]

Parametar	2011	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	25	139	183	265
Proizvodnja biometana	11	79	100	145

Tablica 6. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 2 [Nm³/h]

Parametar	2011-bazna godina	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	25	184	354	478
Proizvodnja biometana	11	110	212	287
Uključujući industrijski otpad				
Proizvodnja bioplina	19	501	679	811
Proizvodnja biometana	11	298	405	484

Tablica 7. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 3 [Nm³/h]

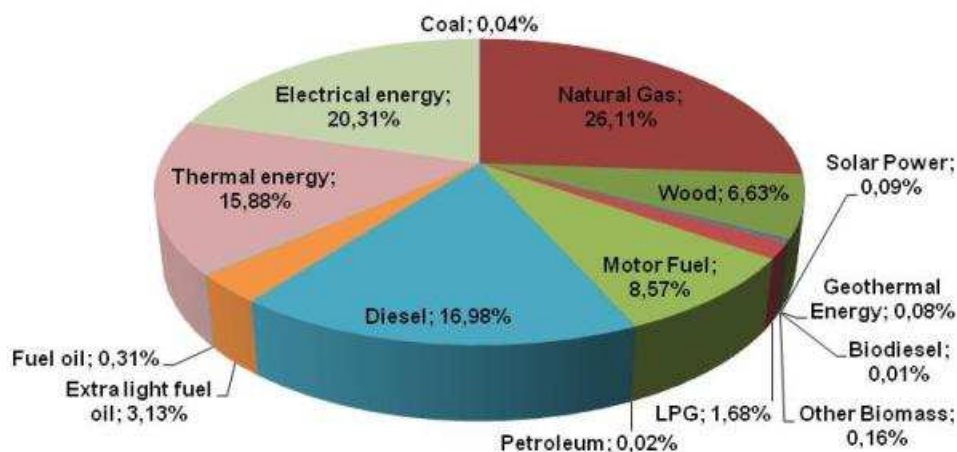
Parametar	2011-bazna godina	2013	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	25	239	342	389	444
Proizvodnja biometana	11	143	205	234	266
Uključujući industrijski otpad					
Proizvodnja bioplina	25	239	659	715	777
Proizvodnja biometana	11	143	393	426	464

Tablica 8. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 4 [Nm³/h]

Parametar	2011-bazna godina	2015	2017	2020
Proizvodnja bioplina	25	593	1,186	1,186
Proizvodnja biometana	11	356	711	711
Uključujući industrijski otpad				
Proizvodnja bioplina	25	910	1,511	1,519
Proizvodnja biometana	11	543	904	909

3.2 *Moguća potrošnja plina*

Potrošnja prirodnog plina u Gradu Zagrebu u 2011. iznosila je 12,63 PJ (371,6 milijuna m³), što iznosi 26,1% ukupne finalne potrošnje energije.



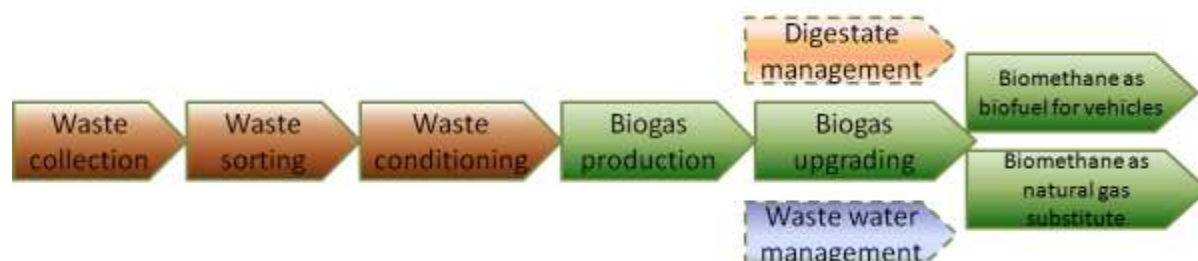
Slika 4. Potrošnja energenata u finalnoj potrošnji Grada Zagreba

Grad Zagreb trenutno je vlasnik 60 autobusa javnog prijevoza koji koriste CNG kao pogonsko gorivo i koji su potencijalni korisnici biometana.

Analiza opisanih scenarija pokazuje kako se proizvodnjom biometana u svim slučajevima može zadovoljiti energetska potreba za plinom za potrebe javnog prijevoza. Međutim potrebna satna proizvodnja biometana za potrebe javnog gradskog prijevoza je 2700 Nm³/h, što nije ispunjeno niti u jednom scenariju te se stoga predlaže utiskivanje biometana u distributivnu plinsku mrežu.

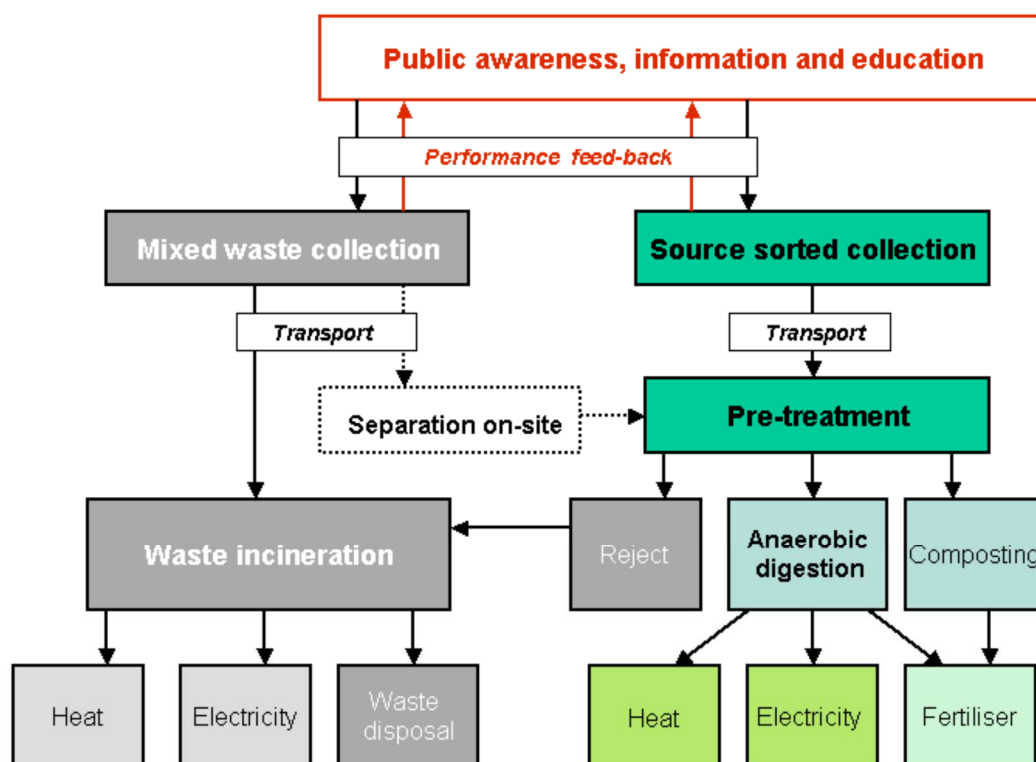
4 Postrojenja za proizvodnju bioplina i biometana

Proizvodnja biometana iz biorazgradivog otpada je tržišna niša s vrlo razvijenim tehnološkim rješenjima i tvrtkama koja nude postrojenja po principu ključ-u-ruke ili prema specifičnoj narudžbi. Proizvodnja biometana iz biorazgradivog otpada sastoji se od nekoliko koraka: sakupljanje, razvrstavanje, obrada otpada, proizvodnja bioplina i korištenje bioplina, u našem slučaju i proizvodnja biometana i korištenje biometana bilo kao transportno gorivo ili kao zamjena za prirodni plin. Navedeni koraci prikazani su na slici.



Slika 5. Proces proizvodnje biometana iz otpada

Svaki od navedenih koraka u procesu proizvodnje biometana iz biorazgradivog otpada sastoji se od dodatnih mogućnosti i parametara koji utječu na odabir tehnologije: biorazgradivi otpad se može sakupljati odvojeno ili zajedno s komunalnim otpadom, a konkretna tehnologija proizvodnje bioplina ovisi o udjelu suhe tvari. Slika prikazuje generalnu shemu obrade organske frakcije komunalnog otpada.



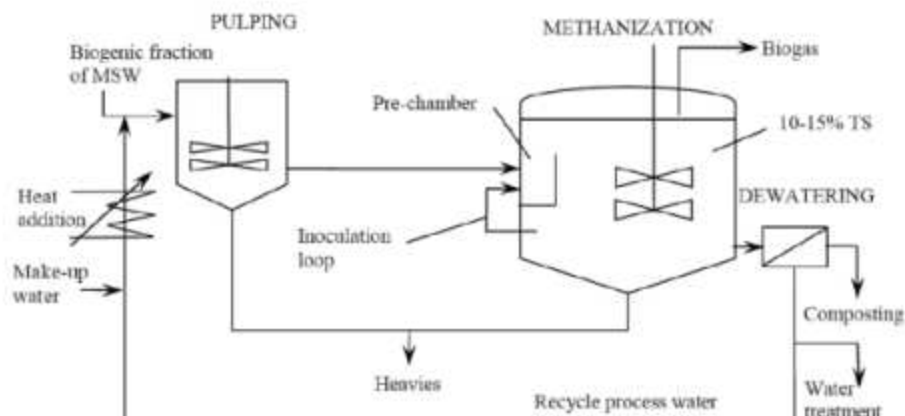
Slika 6. Obrada organske frakcije komunalnog otpada

4.1 Tehnologije proizvodnje bioplina

Pravilnik o nusproizvodima životinjskog porijekla koji nisu za prehranu ljudi specificira način upotrebe otpada kategorije 3, koji se koristi za potrebe proizvodnje bioplina ili u kompostanama. Prema Pravilniku nekoliko je obaveznih koraka i zahtjeva kao što su

pasterizacijsko/sanitacijsko postrojenje/jedinica, određeni mikrobiološki standardi digestata i sl.

Jednostupanjski mokri sustav odnosi se na anaerobnu digestiju s niskim udjelom krutih materijala, a primjeri stvarnih postrojenja mogu se naći u Finskoj, Njemačkoj, SAD-u, Austriji.

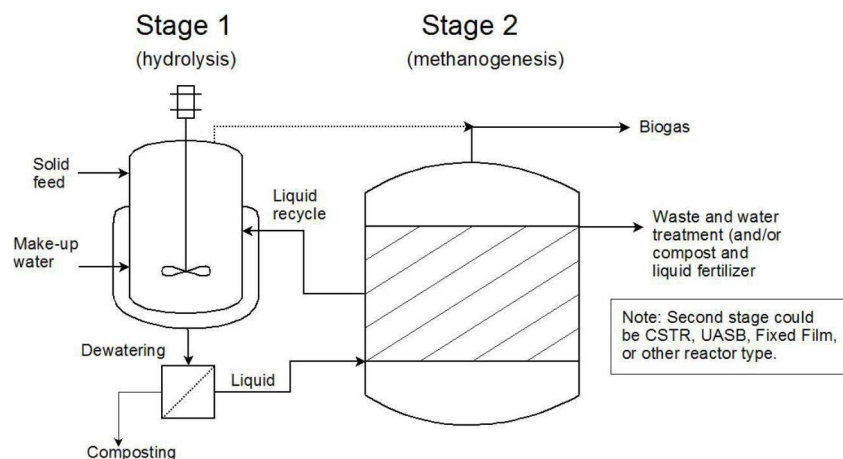


Slika 7. Procesni tijek jednostupanjskog mokrog sustava

Jednostupanjski suhi sustav odnosi se na digestore s visokim udjelom krutih tvari, koji su pogodni za organski otpad s udjelom suhe tvari većim od 15%. Glavne tvrtke koje koriste ovu tehnologiju su Dranco (Belgija), Kompogas (Švicarska) i Valorga (Francuska).

Višestupanjska anaerobna digestija sastoji se od nekoliko odvojenih stupnjeva digestije koji se mogu zasebno optimirati prema dostupnoj sirovini. Najčešće se koriste dva stupnja, odnosno reaktora, prvi za hidrolizu/acidogenezu/acetogenezu i drugi za metanogenezu.

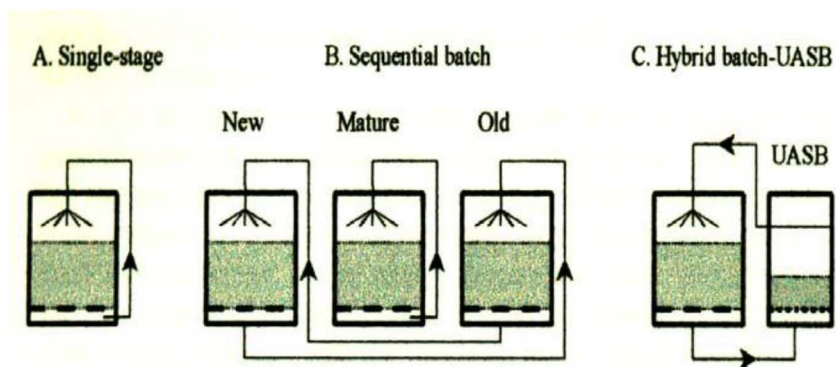
Postoje, također, suhi i mokri višestupanjski AD procesi.



Slika 8. Procesni tijek višestupanjske anaerobne digestije

Primjeri mokrog višestupanjskog AD procesa su Pacques (Nizozemska) i BTA Process (Njemačka, Kanada). Primjeri suhog višestupanjskog AD procesa su Biopercolat (Njemačka) i BTA Process (Njemačka, Kanada).

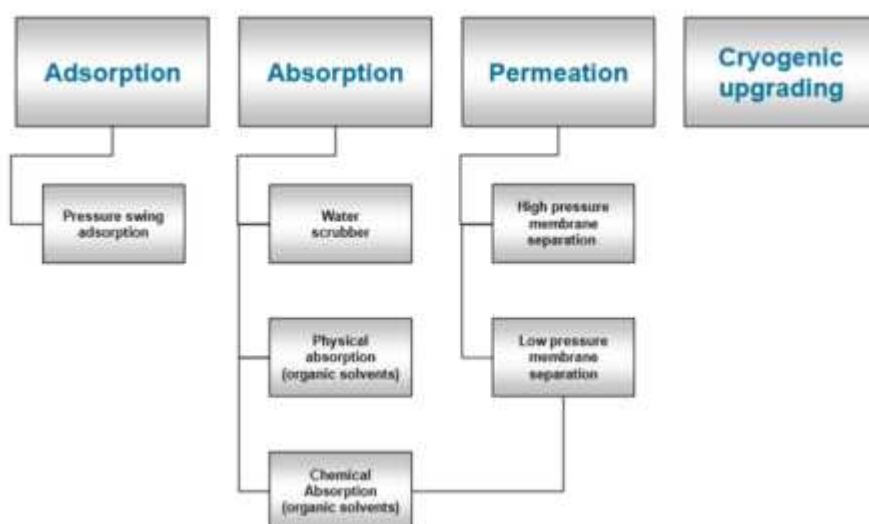
Serijski digestori koriste se kod materijala s vrlo visokim udjelom krutih tvari. Digestori se pune do punog kapaciteta, odvija se proces anaerobne digestije, a potom se prazne i nanovo pune sirovinom. Serijski digestori su poput odlagališta samo s većim prinosom bioplina zbog kontroliranih uvjeta reakcije.



Slika 9. Vrste serijskih digestora

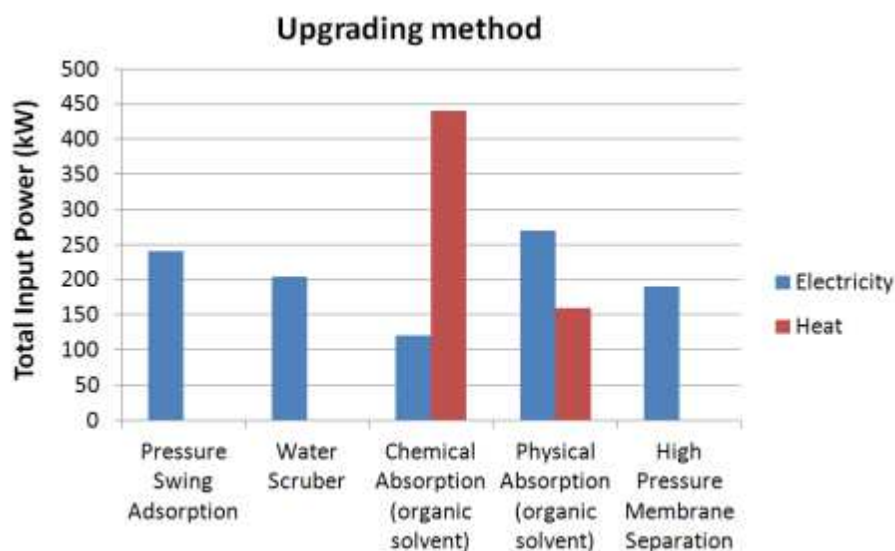
4.2 Tehnologije proizvodnje biometana

Odabir tehnologije proizvodnje biometana nije toliko složen kao kod izbora tehnologije proizvodnje bioplina i najčešće je određen željenom kvalitetom biometana (nacionalna legislativa), satnom proizvodnjom i potražnjom za biometanom. Pregled tehnologija dan je na slici.



Slika 10. Proizvodnja biometana – pregled tehnologija

Proizvodnja biometana iz bioplina energetski je zahtjevan proces, a pregled količine i vrste potrebne energije za različite tehnologije dan je na slici u nastavku. Slika prikazuje energetske potrebe za postrojenje kapaciteta 1000 Nm³/h.



Slika 11. Proizvodnja biometana – pregled potrošnje energije u procesu

		PSA	Water scrubber	Physical absorption (organic solvents)	Chemical absorption (organic solvents)	Membrane (high pressure, dry)	Cryogenic
Electricity demand	[kWh/m ³ _{BG}]	~ 0,2 - 0,25	~ 0,2 - 0,3	0,23-0,33	~0,15	~ 0,25	0,18-0,33
Heat demand (temperature level)	[°C]	No	No	55-80	~ 160	No	No
Operation pressure	[bar]	4-7	5-10	4-7	0,1	5-10	
Methane loss	[%]	1-5	0,5 - 2	1-4	0,1		0,5 (?)
Exhaust gas treatment suggested (methane loss >1%)		Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Precision desulphurization required		Yes	No	No	Yes	Suggested	Yes
Water demand		No	Yes	No	Yes	No	No
Demand on chemical substances		No	No	Yes	Yes	No	No

Slika 12. Proizvodnja biometana – pregled ključnih parametara

Na gornjoj slici dan je pregled ključnih parametara tehnologija proizvodnje biometana iz bioplina, a za slučaj proizvodnje biometana u Gradu Zagrebu, s obzirom na parametre i količine organskog otpada, odabrane su dvije tehnologije:

- pranje vodom pod tlakom (Pressurised Water Scrubbing - PWS)
- adsorpcija s promjenjivim tlakom (Pressure Swing Adsorption - PSA)

4.3 Lokacije za postrojenje

S obzirom na to da trenutno ne postoje konkretni planovi i prijedlozi za potencijalno postrojenje, ovdje će biti prikazana metodologija i proces koji donositeljima odluke mogu pomoći u odabiru najbolje lokacije s tehničkog stanovišta. S obzirom na važnost i utjecaj postrojenja, tehnički aspekt odabira lokacije samo je jedan od mnogih aspekata koje je potrebno razmotriti za optimalan odabir lokacije.

Nakon predstavljanja metodologije na nekoliko radionica i radnih sastanaka na kojima su sudjelovali različiti dionici, utvrđene su glavne odrednice lokacije:

- pristupne ceste,
- prihvaćanje od strane lokalnog stanovništva,
- pristup i dostupnost električne energije,
- pristup plinskoj mreži na niskom ili srednjem tlaku.

Dodatne odrednice potencijalne lokacije su:

- ekonomska isplativost investicije uz maksimizaciju proizvodnje bioplina,
- dostupnost supstrata,
- maksimizacija dobivene korisne energije iz bioplina,
- adekvatan/dostatan prostor za postrojenje,
- minimalni zahvati u prostoru.

Tijekom javne diskusije (17.6.2013. na javnoj tribini Grada Zagreba), sugeriran je dodatan kriterij koji je potrebno uzeti u obzir:

- blizina pročištača postrojenje otpadnih voda

A dodatno, na jednom od sastanaka radne skupine, Ministarstvo poljoprivrede sugeriralo i je i kriterij:

- vodozaštićena područja

Razmotrivši sve navedene kriterije i predviđene lokacije u prostornom planu Grada Zagreba i ostalim planskim dokumentima, četiri lokacije su obrađene detaljnije:

- lokacija 1: Prudinec
- lokacija 2: Resnik
- lokacija 3: Markuševac
- lokacija 4: Dumovečki Lug

Sljedeća tablica sumira karakteristike svake od predloženih lokacija.

Tablica 9. Sumarni prikaz rezultata evaluacije lokacije za postrojenje

Kriterij	Lokacija			
	1	2	3	4
Pristupne ceste	+	-/+	-/+	+
Pristup i dostupnost električne energije	+	+	-/+	+
Pristup plinskoj mreži na niskom i srednjem tlaku	-/+	+	+	-/+
Ekonomska isplativost investicije uz maksimizaciju proizvodnje bioplina	+	+	-	-
Dostupnost supstrata	+	+	+	-/+
Maksimizacija dobivene korisne energije iz bioplina	+	+	-	-
Adekvatan/dostatan prostor za postrojenje	+	+	-/+	+
Minimalni zahvati u prostoru	+	+	-/+	+
Blizina pročištača otpadnih voda	-	+	-/+	-
Vodozaštićena područja	-/+	-/+	+	+
Ukupan rezultat	+: 9 -: 3	+: 10 -: 2	+: 8 -: 7	+: 7 -: 5
Pogodnost lokacije	2	1	4	3

4.4 Ekonomska analiza

S obzirom na velik broj nepoznanica i nesigurnosti u pogledu završnog odabira rješenja te konkretne tehnologije i lokacije nemoguće je dati finalnu ocjenu ekonomske isplativosti, pa je

u nastavku dan pregled osnovnih financijskih parametara koji mogu poslužiti kao okvir i podloga za detaljniju analizu.

U nastavku je dan pregled troškova proizvodnje biometana za različite scenarije, odnosno različite prinose supstrata i bioplina te za dvije tehnologije proizvodnje biometana.

Tablica 10. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 1

Scenarij 1	PSA	Pranje vodom
Volumni protok [m ³ /h]	265	265
Udio metana [vol %]	58,1	58,1
Gornja ogrjevna vrijednost Hs [kWh/m ³]	6,41	6,41
Pobijeg metana [%]	2	2
Volumni protok biometana [m ³ /h]	155,6	155,6
Gornja ogrjevna vrijednost biometana Hs [kWh/m ³]	10,7	10,7
Investicijski troškovi [EUR]	1 096 066	1 080 072
Prosječni godišnji trošak [EUR/god]	239 443	246 605
Specifični trošak po m ³ proizvedenog biometana [ct/m ³]	17,93	18,47
Specifični trošak po kWh metana u biometanu (Hs) [ct/kWh]	1,68	1,73

Tablica 11. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 2

Scenarij 2	PSA	Pranje vodom
Volumni protok [m ³ /h]	479	479
Udio metana [vol %]	58,1	58,1
Gornja ogrjevna vrijednost Hs [kWh/m ³]	6,41	6,41
Pobijeg metana [%]	2	2
Volumni protok biometana [m ³ /h]	281,2	281,2
Gornja ogrjevna vrijednost biometana Hs [kWh/m ³]	10,7	10,7
Investicijski troškovi [EUR]	1 307 043	1 319 254
Prosječni godišnji trošak [EUR/god]	333 363	339 479
Specifični trošak po m ³ proizvedenog biometana [ct/m ³]	13,81	14,06
Specifični trošak po kWh metana u biometanu (Hs) [ct/kWh]	1,29	1,31

Tablica 12. Pregled parametri procesa proizvodnje biometana – scenarij 3

Scenarij 3	PSA	Pranje vodom
Volumni protok [m ³ /h]	444	444
Udio metana [vol %]	58,1	58,1
Gornja ogrjevna vrijednost Hs [kWh/m ³]	6,41	6,41
Pobijeg metana [%]	2	2
Volumni protok biometana [m ³ /h]	260,6	260,6
Gornja ogrjevna vrijednost biometana Hs [kWh/m ³]	10,7	10,7
Investicijski troškovi [EUR]	1 272 538	1 285 858
Prosječni godišnji trošak [EUR/god]	318 002	324 879
Specifični trošak po m ³ proizvedenog biometana [ct/m ³]	14,21	14,52
Specifični trošak po kWh metana u biometanu (Hs) [ct/kWh]	1,33	1,36

Tablica 13. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 4

Scenarij 4	PSA	Pranje vodom
Volumni protok [m ³ /h]	1186	1186
Udio metana [vol %]	58,1	58,1
Gornja ogrjevna vrijednost Hs [kWh/m ³]	6,41	6,41
Pobijeg metana [%]	2	2
Volumni protok biometana [m ³ /h]	696,2	696,2
Gornja ogrjevna vrijednost biometana Hs [kWh/m ³]	10,7	10,7
Investicijski troškovi [EUR]	2 004 056	1 792 190
Prosječni godišnji trošak [EUR/god]	643 647	613 646
Specifični trošak po m ³ proizvedenog biometana [ct/m ³]	10,77	10,27
Specifični trošak po kWh metana u biometanu (Hs) [ct/kWh]	1,01	0,96

Pod pretpostavkom izgradnje postrojenja na lokaciji Prudinec ili Resnik, na kojima već postoje biopliniska postrojenja, razmotren je i povećani scenarij 1 koji podrazumijeva da će dodatnih oko 500 m³/h bioplina ići na pročišćavanje do razine biometana, što odgovara sadašnjoj proizvodnji bioplina na navedenim lokacijama.

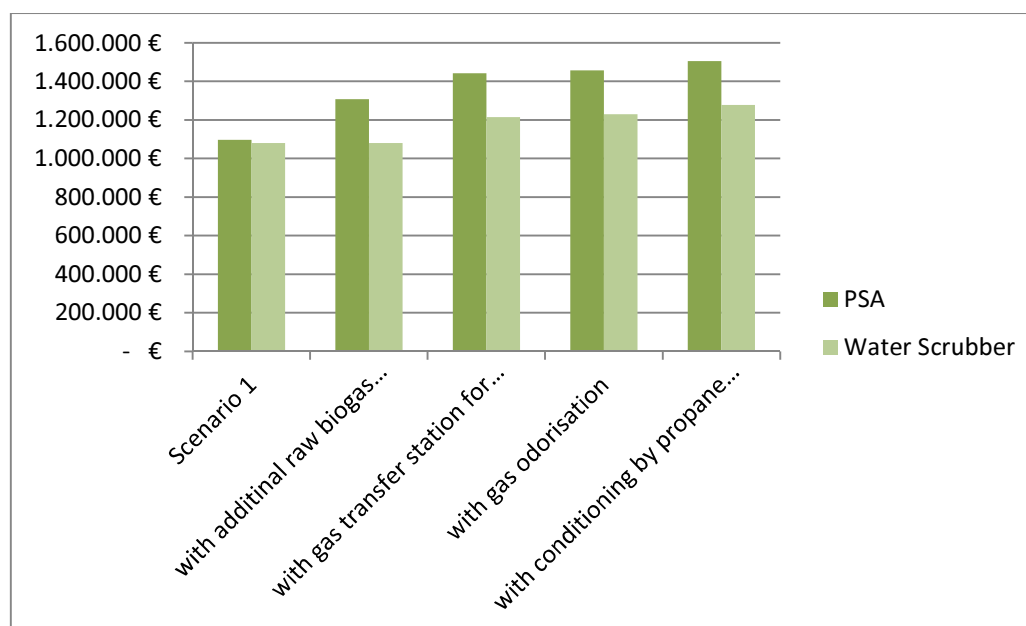
Tablica 14. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – povećani scenarij 1

Povećani referentni scenarij 1	PSA	Pranje vodom
Volumni protok [m ³ /h]	765	765
Udio metana [vol %]	58,1	58,1
Gornja ogrjevna vrijednost Hs [kWh/m ³]	6,41	6,41
Pobijeg metana [%]	2	2
Volumni protok biometana [m ³ /h]	449,0	449,0
Gornja ogrjevna vrijednost biometana Hs [kWh/m ³]	10,7	10,7
Investicijski troškovi [EUR]	1 589 003	1 545 384
Prosječni godišnji trošak [EUR/god]	458 881	453 971
Specifični trošak po m ³ proizvedenog biometana [ct/m ³]	11,90	11,78
Specifični trošak po kWh metana u biometanu (Hs) [ct/kWh]	1,11	1,10

Kako bi se razmotrila osjetljivost troškova proizvodnje biometana na povećanu investiciju, prije svega zbog izgradnje dodatnih postrojenja potrebnih za rad, analizirani su podaci prema scenariju 1.

Tablica 15. Osjetljivost parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 1

	PSA (EUR)	Pranje vodom (EUR)
Scenarij 1	1.096.066	1.080.072
s dodatnim odsumporavanjem bioplina	1.307.310	1.080.072
s stanicom za utiskivanje biometana u plinsku mrežu	1.441.678	1.214.440
s odorizacijom plina	1.456.494	1.229.256
s kondicioniranjem/dodavanjem propana	1.504.682	1.277.444



Slika 13 Usporedba osjetljivosti parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 1

Mogućnosti financiranja

Vrste i modeli financiranja kao i prihodi od projekta, prije svega, ovise o razini uključenosti Grada Zagreba u koncept proizvodnje biometana iz otpada. Uključenost podrazumijeva financiranje, dijeljenje rizika, dobit, upravljanje i sl.

Neki od mogućih izvora financiranja su:

- Europski regionalni razvoj fond (ERDF)
- Kohezijski fond (CF)
- Hrvatska banka za obnovu i razvoj (HBOR)
- Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (FZOEU)
- Zeleni fondovi
- Green for Growth
- Europski fond za energetska učinkovitost
- Ekonomski kooperativni fondovi (ECF)
- Obzor 2020

5 Dionici

Provedba koncepta „Od otpada do biometana“ osigurava potpuno ili djelomično ispunjavanje ciljeva na području obnovljivih izvora energije, energetske učinkovitosti i zaštite okoliša, a koje je Grad Zagreb prihvatio kao vlastite obavezne ili dobrovoljne ciljeve. Prema sadašnjim uvjetima, proizvodnja biometana iz biootpada nije komercijalno prihvatljiva, što znači da ovisi o političkoj odluci Ureda gradonačelnika.

Dok postojeći ekonomski pokazatelji ne ukazuju na pozitivne vrijednosti, socijalni i ekološki parametri ukazuju na višestruke koristi od implementacije koncepta za građane Grada Zagreba, kroz doprinos u ispunjavanju:

- direktive o odlagalištima (obavezan cilj)
- savljenje biogoriva na domaće tržište (obavezan cilj)
- smanjenje emisija stakleničkih plinova iz prometa, gospodarenja otpadom i sektora neposredne energetske potrošnje (dobrovoljan cilj)
- poboljšanje životnog standarda građana, u smislu podizanja kvalitete zraka i vode (obavezan cilj)

U tom smislu, gradonačelnik Grada Zagreba je glavni dionik u odlučivanju o provedbi koncepta „Od otpada do biometana“, a odluke je potrebno donijeti temeljem analiza provedenih u organizaciji Gradskog ureda za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj.

Grad Zagreb je osnovao Zagrebački holding (100% u vlasništvu Grada), u cilju lakšeg upravljanja funkcioniranjem Grada. Osnovna zadaća Zagrebačkog holdinga je učinkovito i održivo obavljanje komunalnih poslova, s maksimalnom zaštitom okoliša i interesa građana Grada Zagreba. Zagrebački holding se sastoji od podružnica, trgovačkih društava i ustanova, s oko 12.000 zaposlenih. Djelovi Zagrebačkog holdinga odgovorni za obavljanje komunalnih djelatnosti, a koje bi trebalo uključiti u provedbu koncepta „Od otpada do biometana“, kao njihova uloga, prikazani su u tablici 16.

Tablica 16. Postojeće tvrtke Zagrebačkog holding i njihova uloga u provedbi koncepta

Tvrtke Holdinga	Dio koncepta	Moguća uloga
Čistoća*	Gospodarenje otpadom Korištenje biometana	Skupljanje, sortiranje, dostava otpada Korisnik biometana
Tržnice Zagreb	Gospodarenje otpadom Korištenje biometana	Izvor biootpada Korisnik biometana
ZGOS	Proizvodnja biometana	Dodatni izvor bioplina
Zrinjevac	Gospodarenje otpadom Proizvodnja biometana Korištenje biometana	Izvor biootpada Upravljanje digestatom Korisnik biometana
GPZ	Korištenje biometana	Prihvaćanje biometana u mrežu Korisnik biometana

* uključena u IEE UrbanBiogas ispred Zagrebačkih holdinaga

Za funkcioniranje gradskog prijevoza brinu se ZET i Zagreb parking. ZET je prepoznat kao mogući korisnik biometana u prvim godinama provedbe koncepta. S druge strane, GPZ – Opskrba ima važnu ulogu distribucije biometana do krajnjih korisnika.

U provedbi koncepta, vodeću ulogu bi mogao imati Gradski ured za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj. Međutim, provedba koncepta nije moguća bez potpore:

City Office for Energy, Environmental Protection and Sustainable Development seems to be the lead in the defining the biogas/biomethane concept with the support of:

- Gradskog ureda za strateško planiranje i razvoj Grada

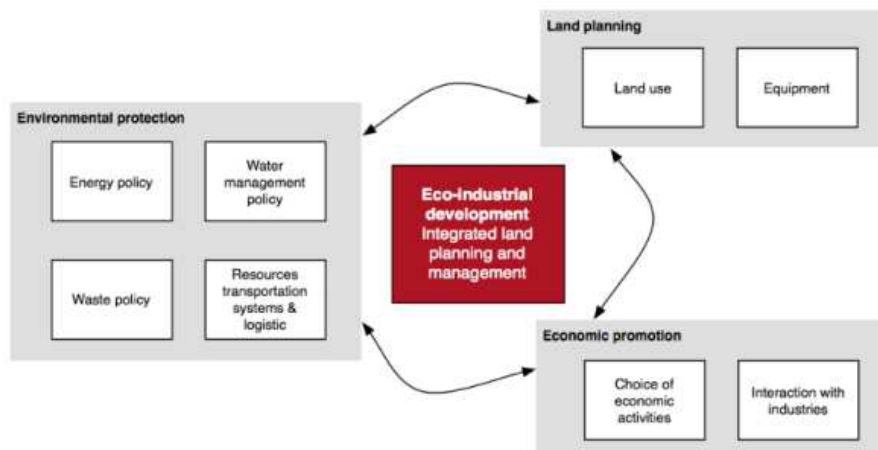
- Gradskog ureda za prostorno uređenje, izgradnju Grada, graditeljstvo, komunalne poslove i promet
- Gradskog ureda za imovinsko-pravne poslove i imovinu Grada
- Ureda za programe i projekte Europske unije

Dodatno pozitivno u provedbi koncepta je proizvodnja bioplina u okviru Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda (ZOV), kako bi postrojenje za pročišćavanje bioplina, odnosno proizvodnju biometana, moglo biti trškovno učinkovitije.

Ne manje značajno je provođenje edukacije i kampanja u cilju podizanja svijesti građana o prednostima proizvodnje i korištenja biometana, dobivenog iz biorazgradive komponente komunalnog otpada.

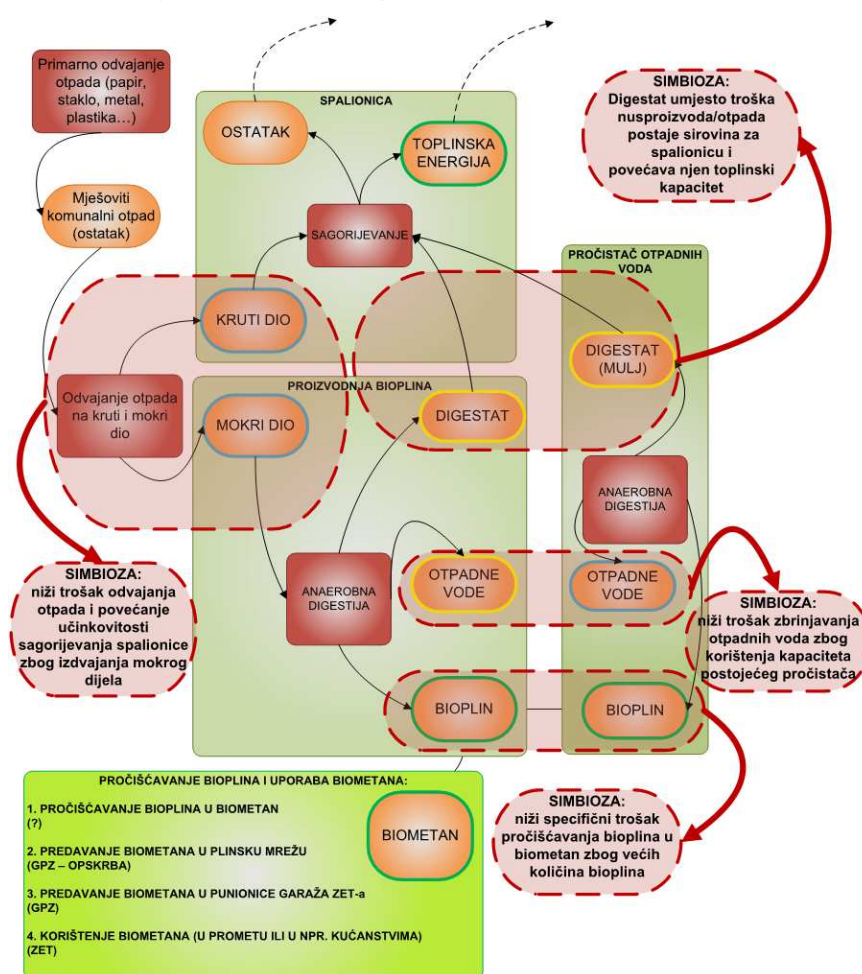
6 Predloženo rješenje za proizvodnju biometana u Gradu Zagrebu

S tehničkog, energetskog i ekonomskog aspekta, izgradnja postrojenja za termičku i anaerobnu obradu otpada uz već postojeće postrojenje za obradu otpadnih voda rezultiralo bi tzv. „industrijskom simbiozom“, pri čemu se učinkovitost povećava, a specifični troškovi smanjuju.



Slika 14. Shema „industrijske simbioze“

U slučaju proizvodnje biometana u Gradu Zagrebu na lokaciji pročistača otpadnih voda u Rseniku, shema „industrijske simbioze“ izgleda kao na slici.



Slika 15. Moguća „Industrijska simbioza“ pri proizvodnji biometana iz biorazgradivog otpada

7 Strategija za uspješnu proizvodnju biometana

Jedna od prednosti u ukupnom provedbom IEE UrbanBiogas projekta u Hrvatskoj je potpora svih dionika uključenih u koncept „Od otpad do biometana“ za Grad Zagreb. Dodatna prednost je to što su i početna (gospodarenje otpadom) i završna (korištenje biometana) karika koncepta u rukama Zagrebačkog holdinga.

Uspješna proizvodnja biometana počinje s održivim gospodarenjem otpadom, odnosno primarnom selekcijom biorazgradive komponente komunalnog otpada pogodnog za anaerobnu digestiju: biootpad i zeleni otpad (osim grana i drugih drvenastih materijala).

U ovom trenutku (srpanj 2013), odgovore na pitanja „kako“ i „kada“ će se uspostaviti održivo gospodarenje otpadom u Gradu Zagrebu nije moguće dati. Dio odgovora na pitanje „kako“ daje se i u ovom dokumentu u poglavlju Postrojenja za proizvodnju bioplina i biometana. Orijentacioni odgovor na pitanje „kada“ daju iskustva razvijenijih zemalja, kojim je trebalo više godina za uvođenje odvojenog prikupljanja biorazgradivog otpada, tako na primjer u Švedskoj je trajalo tri godine.

7.1 Stvaranje oržive potražnje za biometanom

Čini se da potražnja za biometana neće biti problem u Gradu Zagrebu, jednom kada se dogodi proizvodnja bioplina/biometana. Naime, početna potražnja za biometanom već postoji u vidu potreba 60 CNG autobuse javnog prijevoza Zagrebački holding - podružnica ZET, uz postojeći vozni park od GPZ-a. Dodatna potražnja će se razviti postupno zamjenom postojećeg javnog vozni park s vozilima koja su pogodna za korištenje stlačenog biometana.

7.2 Poticanje investitora

Najlakši način kako potaknuti ulagače je osigurati odgovarajuće poticanje proizvodnje biometana. Međutim, u ovom trenutku nije jasno hoće li Grad Zagreb investirati u izgradnju biopliniskog postrojenja i na taj način zadržati cijeli krug koncepta „Od otpada do biometana“ pod svojom kontrolom, s obzirom na činjenicu da je moguće dobiti do 85% sufinanciranje iz EU fondova. U svakom slučaju, Grad Zagreb sa svojim tijelima treba odlučiti o obliku (vlasništvo, JPP, koncesija...) i dinamici realizacije koncepta „Od otpada do biometana“.

Grad Zagreb bi trebao zadržati kontrolu nad upravljanjem proizvodnje bioplina iz biootpada jer izvršenje brojnih ciljeva u obvezi Grada ovisi o uspješnom funkcioniranju koncepta.

7.3 Informiranje gradske uprave i opozicijskih skupina

Tijekom provedbe projekta IEE UrbanBiogas, EIHP tim je dobio dojam da postoji konsenzus da je postojeći sustav gospodarenja otpadom u Gradu Zagrebu neprihvatljiv.

U sklopu IEE UrbanBiogas projekta provedeno je istraživanje o gospodarenju otpadom u Gradu Zagrebu. Opći dojam je da građani podržavaju koncept „Od otpada do biometana“. Istraživanje je provedeno na 500 nasumično odabranih građana iz svih gradskih četvrti Grada Zagreba. Rezultat istraživanja bi mogao biti dobra polazna točka za podizanje javne svijesti i informiranje gradske uprave i opozicijskih skupina.

7.4 Osiguranje rada biopliniskog postrojenja

Osiguranje kontinuiranog i pouzdanog rad biopliniskog postrojenja moguće je ostvariti na sljedeći način:

- osiguranje kontinuirane isporuke kvalitetnih supstrata
- stručno osoblje (redovni i napredni treninzi)
- redovito održavanje i popravak postrojenja
- kontinuirano praćenje glavnih parametara rada postrojenja

8 Popis literature

ARCADIS (2009): Assessment of the Options to Improve the Management of Bio-waste in the European Union: Approach to estimating costs, European Commission DG Environment, ARCADIS project

Authority, G. L. (January 2008): Costs of incineration and non-incineration energy-from-waste technologies

bio.methan.at. (May 2013): Biomethane-Calculator, IEE Biomethane Regions: http://www.bio.methan.at/en/download_biomethane-calculator

Bošnjak, R., Vidović, D. (September 2012): Results of the survey on waste management in the City of Zagreb, IEE UrbanBiogas: <http://www.UrbanBiogas.eu>

Commission of the European Communities (2008): GREEN PAPER On the management of bio-waste in the European Union, COM(2008)811 final: Brussels.

Council Directive 1991/31/EC of April 1999 on the landfill of waste. (n.d.): Official Journal L 182, 16/07/1999 P. 0001 - 0019, European Commission; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:EN:HTML>.

Council of European Union, (7. November 2011): Accession Treaty: Treaty concerning the accession of the Republic of Croatia, 14409/1/11

Croatian Environment Agency (November 2012): Report on Waste Oils for 2011 - in Croatian, <http://www.azo.hr/lzvjesca25>

Croatian Environment Agency (2006): CSI 016 Količina proizvedenog komunalnog otpada/CSI 016 Amount of municipal waste produced - In Croatian, http://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDYQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.azo.hr%2Figs.axd%3Ft%3D16%26id%3D1635&ei=11a4UYCOOqeN4ATOk4C4Bw&usg=AFQjCNEU0h9jOysAiUpQYYpE_XoGpgeoZw&sig2=gX8X57LbsWmtYjZckHq2A&bvm=bv.47810305,d.bGE

EKO-TEHPROJEKT (July 2013): Prerada komunalnih otpada u biorazgradivu frakciju bioplin i energiju, bio-gorivo te u inertne ostatke (RDF/SFDiesel); IEE UrbanBiogas, presentation from Stimulating Investments in Biomethane in Croatia: https://www.eihp.hr/hrvatski/projekti/urban_biogas.html#poticanje

Energy Institute Hrvoje Požar (2010): Programme for promoting production and utilisation of biofuels in transport for City of Zagreb - in Croatian

European Commission (2009): DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

FNR (2004): Handreichung, Biogasgewinnung und - Nutzung. Leipzig: Institute fuer Energetik und Umwelt GmbH

Fraunhofer (June 2012): Financing biomethane projects, material provided at Seminar on Waste Management in Croatia, IEE UrbanBiogas: https://www.eihp.hr/hrvatski/projekti/urban_biogas/prezentacije2/6_UrbanBiogas_Training%20Financing%20%20Henning%20Hahn.pdf

Fraunhofer (June 2012): Biogas upgrading technology overview, material presented at Seminar on Biogas and Biomethane Production from Biowaste, IEE UrbanBiogas: https://www.eihp.hr/hrvatski/projekti/urban_biogas/prezentacije2/5_UrbanBiogas_%20Biogas%20Upgrading%20-%20Henning%20Hahn.pdf

Hahn, H. (May 2012): UrbanBiogas study tour report on the Biogas Highway from Stockholm to Gothenburg, IEE UrbanBiogas: http://www.urbanbiogas.eu/images/pdf/IR/ANNEX_IR_5_D2_3_FRAUNHOFER_EN_TechnicalTourSweden.pdf

Hogg, D. (2002): Costs for Municipal Waste Management in the EU, Final Report to Directorate General Environment, European Commission, EUNOMIA

IEE Grant Agreement (2010): Urban waste for biomethane grid injection and transport in urban areas - UrbanBiogas, Annex I: Description of the Action Contract: IEE/10251/S12.589020 UrbanBiogas

Jurić, Ž. (July 2013): Minutes of 2nd Biomethane Use Task Force Meeting, IEE UrbanBiogas: <http://www.UrbanBiogas.eu>

Kulišić, B. (June 2013): Report on the Public Consultation in Zagreb - Croatia (including the results of the Survey), IEE UrbanBiogas: <http://www.UrbanBiogas.eu>

Martins Niklass et al. (January 2012): Good practice examples from the management and logistics of organic urban waste, IEE UrbanBiogas: http://www.urbanbiogas.eu/images/pdf/1stPR/ANNEX_1_3_D2_1_ZAAO_EN_GoodPrWaste.pdf

Massard, G. (May 2013): Industrial symbiosis and eco-industrial parks: best practices in the European Union, Sustainable Industry Forum, Brussels, SOFIES SA: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-industry/forums/files/sif-2013may27-guillaume-massard-sofies_en.pdf

Ministry of Economy (2010): National action plan for supporting of biofuels production and usage in transport for the period from 2011 to 2020, for Croatia (source: Ministry of Economy, Republic of Croatia <http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Nacionalni%20akcijski%20plan%20poticanja%20proizvodnje%20i%20kori%C5%A1tenja%20biogoriva%20u%20prijevozu%20za%20razdoblje%202011.-2020.pdf>)

Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj Grada, Odjel za statistiku (2013): Mjesečno priopćenje-Turizam, Republika Hrvatska, Grad Zagreb

Narodne novine 65/09, 145/10, 26/11 (n.d.): Zakon o biogorivima za prijevoz

Narodne novine, 130/09 (n.d.): Strategija energetskega razvika Republike Hrvatske

Službeni glasnik Grada Zagreba (July 2007): Odluka o zaštiti izvorišta Stara Loza, Sašnjak, Žitnjak, Ivanja Reka, Petruševac, Zapruđe i Mala Mlaka

Narodne novine, 87/09 (n.d.): Pravilnik o nusproizvodima životinjskog porijekla koji nisu za prehranu ljudi

OIKON, IGH, IPZ Uniprojekt (September 2012): Strateška studija o utjecaju Prijedloga Plana gospodarenja otpadom u Gradu Zagrebu do 2015. na okoliš, Sažetak Strateške studije

Prijedlog izmjena i dopuna Prostornog plana Grada Zagreba (2012)

Službeni glasnik Grada Zagreba br. 8/01,16/02,11/03,02/06,01/09, 08/09: Prostorni plan Grada Zagreb

Ribić, B., Sinčić, D., Kruhek, M. (2012): Municipal Waste Management in the City of Zagreb/Croatia, IEE UrbanBiogas: www.UrbanBiogas.eu

Robert Bošnjak et al. (July 2013): Biomethane use for the City of Zagreb: grid injection & transport, IEE UrbanBiogas: www.UrbanBiogas.eu

Verma, S. (2002). Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes, Submitted in partial fulfillment of the requirements for Master of Science Degree in Earth Resources Engineering, Advisor: prof. N.J.Themelis, Department of Earth and Environmental Engineering (Henry Krumb School of Mines), Fu Foundation School of Engineering & Applied Science: Columbia University

Zagrebački holding d.o.o.- Podružnica ZGOS (1 March 2012): Cjenik usluga odlaganja otpada od 1.3.2012.: <http://www.zgos.hr/default.aspx?id=21>

9 Popis tablica

Tablica 1. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 1 [mil. Nm ³ /god].....	9
Tablica 2. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 2 [mil. Nm ³ /god].....	9
Tablica 3. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 3 [mil. Nm ³ /god].....	9
Tablica 4. Proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 4 [mil. Nm ³ /god].....	9
Tablica 5. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 1 [Nm ³ /h]	10
Tablica 6. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 2 [Nm ³ /h]	10
Tablica 7. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 3 [Nm ³ /h]	10
Tablica 8. Satna proizvodnja bioplina i biometana - scenarij 4 [Nm ³ /h]	10
Tablica 9. Sumarni prikaz rezultata evaluacije lokacije za postrojenje	16
Tablica 10. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 1	17
Tablica 11. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 2	17
Tablica 12. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 3.....	17
Tablica 13. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 4	18
Tablica 14. Pregled parametara procesa proizvodnje biometana – povećani scenarij 1	18
Tablica 15. Osjetljivost parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 1	18
Tablica 16. Postojeće tvrtke Zagrebačkog holding i njihova uloga u provedbi koncepta	20

10 Popis slika

Slika 1 Ciljevi smanjenja biorazgradivog otpada u zemljama članicama EU	5
Slika 2 Vrste biorazgradivog otpada u Gradu u Zagrebu	6
Slika 3 Procijenjena količina prikupljenog biorazgradivog otpada (2014 - 2020)	6
Slika 4 Potrošnja energenata u finalnoj potrošnji Grada Zagreba	11
Slika 5 Proces proizvodnje biometana iz otpada.....	12
Slika 6 Obrada organske frakcije komunalnog otpada.....	12
Slika 7 Procesni tijek jednostupanjskog mokrog sustava.....	13
Slika 8 Procesni tijek višestupanjske anaerobne digestije	13
Slika 9 Vrste serijskih digestora.....	14
Slika 10 Proizvodnja biometana – pregled tehnologija.....	14
Slika 11 Proizvodnja biometana – pregled potrošnje energije u procesu	15
Slika 12 Proizvodnja biometana – pregled ključnih parametara	15
Slika 13 Usporedba osjetljivosti parametara procesa proizvodnje biometana – scenarij 1	19
Slika 14 Shema “industrijske simbioze”	22
Slika 15 “Industrijska simbioza” u slučaju proizvodnje biometana iz otpada u Zagrebu	22