

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Barbara KOCINA

**MOŽNOSTI ZA PRIDOBIVANJE BIOPLINA V
KOBILARNI LIPICA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Barbara KOCINA

MOŽNOSTI ZA PRIDOBIVANJE BIOPLINA V KOBILARNI LIPICA

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**POSSIBILTIES FOR BIOGAS PRODUCTION IN THE STUD FARM
LIPICA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

Z diplomskim delom končujem Univerzitetni študij kmetijstvo-zootehnika. Opravljeno je bilo na Katedri za kmetijsko mehanizacijo, Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Podatki za analizo so bili pridobljeni v Kobilarni Lipica.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko, je odobrila naslov diplomskega dela in za mentorja imenovala prof. dr. Rajka BERNIKA.

Recenzent: prof. dr. Romana MARINŠEK LOGAR

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Ivan ŠTUHEC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: prof. dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Romana MARINŠEK LOGAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Barbara KOCINA

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 631(043.2)=163.6
KG	obnovljivi viri energije/bioplina/konji/konjski gnoj/pomije/travna silaža/koruzna silaža/Slovenija
KK	AGRIS No1
AV	KOCINA, Barbara
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI	2012
IN	MOŽNOSTI ZA PRIDOBIVANJE BIOPLINA V KOBILARNI LIPICA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 37 str., 8 pregl., 9 sl., 1 pril., 55 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<p>Glede na dejavnosti Kobilarne Lipica in odpadkov dejavnosti, bi bilo smotrno poiskati čimboljše rešitev ravnanja z odpadki. Razpoložljivi substrat (konjski gnoj in pomije) v procesu pridobivanja bioplina ne zagotavlja samooskrbe z električno in toplotno energijo, zato je ena izmed rešitev dokup. V našem raziskovalnem delu smo naredili možen plan zagotavljanja samooskrbe. Namen dela je bil prikazati možnosti za pridobivanje bioplina v Kobilarni Lipica. To smo prikazali na primeru predpostavljene bioplinarne, v katero skupno vstopi 10000 t substratne mešanice ter 11000 m³ tehnološke vode letno. Največji delež vhodnega substrata predstavlja konjski gnoj, ki ga je 35 % in je razpoložljiv substrat v Kobilarni Lipica. Dokupljene travne silaže je 30 %, 25 % je dokupljene koruzne silaže, najmanjši je delež pomij in sicer 10 %. Mesečna proizvodnja bioplina, ki znaša povprečno 125417 m³ in iz katere pridobimo 4126710 kWh toplotne energije, zadovoljuje zahtevam bioplinske naprave po procesni toploti. Višek toplote, ki ostane po pokritju teh zahtev, izkoristimo za ogrevanje poslovnih prostorov Kobilarne Lipica ali jo namenimo prodaji v toplotno omrežje. Konstanten in enakomeren vnos substratne mešanice in s tem enakomerna proizvodnja bioplina, nam po izračunih omogoča proizvodnjo 316050 kWh električne energije na mesec oziroma 3792600 kWh električne energije na leto. Nastalo električno energijo bi Kobilarna Lipica v celoti prodajala podjetjem za distribucijo električne energije. Bioplinska naprava v Kobilarni Lipica bi bila vzoren primer, kako bi lahko na najbolj učinkovit in smiseln način uporabili razpoložljive odpadke Kobilarne Lipica in s premišljenim dokupom substrata pripomogli k preprečevanju zaraščanja kraške pokrajine.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 631(043.2)=163.6

CX renewable energy sources/biogas/horses/horse manure/foodwaste/maize
silage/grass silage/Slovenia

CC AGRIS No1

AU KOCINA, Barbara

AA BERNIK, Rajko (supervisor)

PP SI-1230 Domžale, Groblje 3

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science

PY 2012

TI POSSIBILITIES FOR BIOGAS PRODUCTION IN THE STUD FARM LIPICA

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 37 p., 8 tab., 9 fig., 1 ann., 55 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The main purpose of our study was to show the potential of biogas production at Stud farm Lipica. The stud farm's sphere of activities produces a good deal of wastes and it is reasonable to look at the possibilities on how to efficiently turn them into energy. However, harvesting biogas from the currently available in-house wastes would not guarantee the energy self-sufficiency (for electricity and heat). One of the possible solutions to achieve self-sufficiency for energy from biogas would be purchasing substrate, available and acquired in the area. Our study shows such solution on a fictitious biogas plant, which annually requires a total of 10000 t of suitable substrate and 11000 m³ of technological water (or wastewater). A large portion of required substrate are in-house wastes such as horse manure (35 %) and swill (10 %), while additionally purchased grass and corn silage represent 30 % and 25 % respectively. Average monthly production of biogas plant is 125417 m³ of biogas, which is equivalent to 4126710 kWh of thermal energy. This would satisfy the requirements of process heating, while the surplus heat could be used for heating the premises of the stud farm and sold to the heat network. According to our calculations, constant and steady introduction of substrate and steady production of biogas could produce 316050 kWh of electricity per month or 3792600 kWh of electricity per year, which could be sold directly to electricity companies. Such biogas plant at Stud farm Lipica is an example of what may be the most effective and meaningful way of turning already available wastes into energy. Nonetheless, thoughtful purchase of substrate such as for example undergrowth, grass, shrubs,.. would also help preventing the overgrowth of the Karst landscape.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA DIPLOMSKO DELO	2
1.2 NAMEN RAZISKAVE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 BIOPLIN	4
2.2 SESTAVA BIOPLINA	5
2.3 SUBSTRAT	5
2.4 ANAEROBNA RAZGRADNJA	7
2.5 MIKROBNI PROCESI ANAEROBNE RAZGRADNJE	8
2.5.1 Hidroliza	9
2.5.2 Acidogeneza	9
2.5.3 Acetogeneza	9
2.5.4 Metanogeneza	9
2.6 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA ANAEROBNO RAZGRADNJO ORGANSKE SNOVI	10
2.6.1 C/N razmerje	10
2.6.2 Temperatura	10
2.6.3 Vrednost pH	10
2.6.4 Velikost delcev substrata	11
2.6.5 Hidravlični zadrževalni čas	11
2.6.6 Inhibitorji	11

2.7	BIOPLINSKA NAPRAVA	12
2.7.1	Reaktorji.....	14
2.7.2	Izvedbe bioplinskih reaktorjev glede na vsebnost suhe snovi	15
2.7.3	Izvedbe bioplinskih reaktorjev glede na postopek	15
2.7.3.1	Saržni postopek	15
2.7.3.2	Kontinuirni postopek	16
2.7.4	Temperatura anaerobne razgradnje	17
2.7.5	Izvedbe bioplinskih reaktorjev glede na sestavljenost procesa.....	18
3	MATERIAL IN METODE	19
3.1	KOBILARNA LIPICA.....	19
3.2	RAZPOLOŽLJIVI SUBSTRAT V KOBILARNI LIPICA	20
3.2.1	Konjski gnoj	20
3.2.2	Gospodinjski odpadki hotela - pomije	20
3.3	DOKUPLJENI SUBSTRAT V KOBILARNI LIPICA	21
3.4	IZRAČUN KOLIČINE SUHE SNOVI, SUHE ORGANSKE SNOVI TER VOLUMNA BIOPLINA	21
3.5	PREDPOSTAVLJENA (NAČRTOVANA) BIOPLINSKA NAPRAVA	22
3.6	PRETVORBA BIOPLINA V ELEKTRIČNO IN TOPLOTNO ENERGIJO	23
4	REZULTATI.....	25
4.1	PREDPOSTAVLJENA BIOPLINSKA NAPRAVA	27
4.2	IZBIRA PRETVORNIKA ENERGIJE.....	28
4.3	ENERGETSKA BILANCA NAPRAVE	29
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	33
6	POVZETEK	36
7	VIRI	37
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Povzetek sestave bioplina po različnih avtorjih.....	5
Preglednica 2: Tipi reaktorjev (Al Seadi in sod., 2010)	17
Preglednica 3: Količina razpoložljivega in dokupljenega substrata (t), vsebnost suhe snovi (t) in vsebnost suhe organske snovi (t)	25
Preglednica 4: Izplen bioplina (m ³ /leto) iz različnih substratnih mešanic	26
Preglednica 5: Izplen bioplina (m ³) iz posameznega substrata mesečno čez celo leto	28
Preglednica 6: Tehnični podatki pretvornikov energije proizvajalca Deutz (Deutz ..., 2011)	29
Preglednica 7: Mesečne obratovalne ure (h), proizvedena količina toplotne in električne energije (kWh) po mesecih čez celo leto	30
Preglednica 8: Mesečna poraba električne energije v Kobilarni Lipica (kWh) ter mesečna proizvedena električna energija z bioplinsko tehnologijo (kWh)	32

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Trajnostni krog bioplina pri anaerobni razgradnji (Al Seadi in sod., 2003)	4
Slika 2: Anaerobna razgradnja polimerov v metan (Grepmeier, 2002).....	8
Slika 3: Proizvodnja in izraba bioplina (Energetska izraba ..., 2003)	14
Slika 4: Vrste anaerobne razgradnje (Chaudhary, 2008).....	16
Slika 5: Anaerobni reaktor (Papler in Juričič, 2010)	23
Slika 6: Delež posameznih substratov (%) v skupni substratni mešanici.....	26
Slika 7: Letni izplen bioplina (m ³) za posamezen sestav substrata	27
Slika 8: Prikaz proizvedene toplotne in električne energije (kWh) čez celo leto	31
Slika 9: Prikaz proizvedene električne energije (kWh) iz bioplina ter poraba električne energije (kWh) v Kobilarni Lipica čez celo leto	32

KAZALO PRILOG

Priloga A: Lista substratov in njihove lastnosti (KIS, 2010)

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BPN	bioplinska naprava
EU	Evropska unija
H_i	kurilna vrednost bioplina [kWh/m^3]
HRT	hidravlični zadrževalni čas
KMK	kratkoverižne maščobne kisline
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control (Celovito preprečevanje in nadzor onesnaževanja)
kWe	kilovat električne energije
kWh	kilovatna ura
Mtoe	milion ton naftnega ekvivalenta
MW	mega Watt
MWe	mega Watt električne energije
OVE	obnovljivi viri energije
OSS	organska suha snov
$Q_{\text{električna}}$	električna energija [kWh]
Q_{toplotna}	toplotna energija [kWh]
Pa	pascal, enota za tlak
SPTE	soproizvodnja toplote in električne energije
SS	suha snov
URE	učinkovita raba energije
V_B	teoretična količina bioplina pridobljena iz vstopne substratne mešanice [m^3/leto]
η_t	toplotni izkoristek pretvornika energije [%]
η_e	električni izkoristek pretvornika energije [%]

1 UVOD

Sodobni človek mora biti pripravljen živeti z naravo, se od nje ponovno učiti in skrbno uporabljati naravne vire. Sonce je vir, narava pa je naš zbiralnik energije, ki jo v energetskem ciklu skrbno uporablja. Obnovljivi viri energije so naravni viri, ki se v naravi nenehno obnovljajo. Uporabljali smo jih že pred stoletji, preden smo sploh začeli izrabljati neobnovljive vire energije. Obnovljivi viri energije (OVE) vključujejo sončno sevanje, energijo vetra, geotermalne vire, biomaso, vodno energijo in energijo morja in oceanov. Zajemanje OVE iz stalnih naravnih procesov ne izčrpa vira, medtem ko se zaloge fosilnih goriv, ki so se shranjevale tisoče ali milijone let, porabijo veliko hitreje kot nastajajo nove. Fosilnih goriv: premoga, naftnih derivatov, zemeljskega plina in drugih virov, zato ne štejemo med OVE. Zadostna oskrba z energijo je včasih pomenila preživetje. Tako je tudi danes, ampak žal na to pozabljamo. Že kar nekaj časa smo priča intenzivnemu ozaveščanju javnosti o globalnih klimatskih spremembah, naraščanju cen fosilnih goriv in naraščanju potreb po energiji. Globalno segrevanje in večanje potreb po energiji predstavlja problem. Še pred nekaj leti se je o obnovljivih virih energije (OVE) in učinkoviti rabi energije (URE) le govorilo. Izkoriščanje in pravilno ravnanje z energijo, pa je danes prava rešitev za energetska in okoljska kriza.

Kot navajata Bernik in Zver (2005) se zgodovina ponavlja. Ob naraščajočem onesnaževanju pitne vode in okolja z izpušnimi plini, ter vse večji porabi fosilnih goriv, katerih zaloge se za naslednje generacije zmanjšujejo, vedno bolj proučujemo možnosti uporabe različnih alternativnih virov goriv ter obnovljivih virov energij. Ponovno se srečujemo s soncem, z vetrom, z divjo močjo vode, z biomaso in skrito energijo olj iz semen.

Gospodarjenje z odpadki je v zadnjih tridesetih letih dobilo zelo velik pomen po vsem svetu. Recikliranje in recirkulacija hranil iz odpadkov s povratkom v zemljo, ima največjo korist za okolje (Lema in Omil, 2001). Anaerobna razgradnja organskih odpadkov pripomore k tehnološki rasti, katera vključuje stabilizacijo odpadkov s povratnimi viri (Capela in sod., 2000).

Pridobivanje bioplina je poznana in dokaj dovršena tehnologija. Na osnovi razgradnje organsko razgradljive snovi zaradi delovanja mikroorganizmov nastaja bioplin. Osnova za nastajanje bioplina so nekoč bili izločki živali in ljudi. V osnovnem substratu je bilo premalo hranil, energije, zato so začeli ta substrat bogatiti z dodajanjem različnih drugih organskih ostankov, človeške hrane ter živalske krme. V glavni meri je to koruza, ki je energetsko bogata rastlina z velikim pridelkom. Že pred rabo koruze v energetske namene je zaradi kakovostnega in velikega pridelka predstavljala pogost posevek na njivah. Energetska kriza, je površine posejane s koruzo, še povečala. Pojavlja se kot monokultura, kar zmanjšuje biotsko raznovrstnost in sonaravnost (Zver, 2009).

1.1 POVOD ZA DIPLOMSKO DELO

Slovenija v primerjavi z drugimi državami zaostaja s stališča samooskrbe z energijo, saj je odvisna od uvoza več kot polovice svoje potrebne energije. Zadnja leta, pa je vendar opaziti razvoj in vedno večjo ozaveščenost na področju okoljevarstva. Ena izmed učinkovitih rešitev bi bila ravno izkoriščanje obnovljivih virov, kar bi močno prispevalo k varovanju okolja in k pridobivanju energije.

Kot osnovni substrat na kmetijah običajno uporabljajo gnojevko ali gnoj, ki omogoča stabilen proces produkcije bioplina, za večji bioplinski izplen pa dodajajo energetske rastline.

Javni zavod Kobilarna Lipica upravlja območje v obsegu 311 ha, ki vključuje tudi večje število objektov, namenjenih konjereji, konjeništvu, turističnim in gostinjskim programom, kulturi, športu in rekreaciji, upravi, stanovanjem itd. V Kobilarni Lipica je bilo ob zadnjem letnem pregledu novembra 2009 skupaj 360 konj (Načrt upravljanja ..., 2010). Kobilarna Lipica letno proizvede 3000 – 4000 m³ konjskega gnoja ter 20 ton gospodinjskih odpadkov oziroma odpadkov iz restavracije.

Iz omenjenih podatkov o količini konjskega gnoja in gospodinjskih odpadkov ter s pomočjo preglednic o izplenu bioplina za posamezne ostanke, lahko ocenimo, kolikšen energetski potencial se skriva v njih. Glede na to, da je biometanski potencial omenjenih

odpadkov Kobilarne Lipica visok, bi bilo smotno poiskati rešitev za pokritje njenih energetskih potreb.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

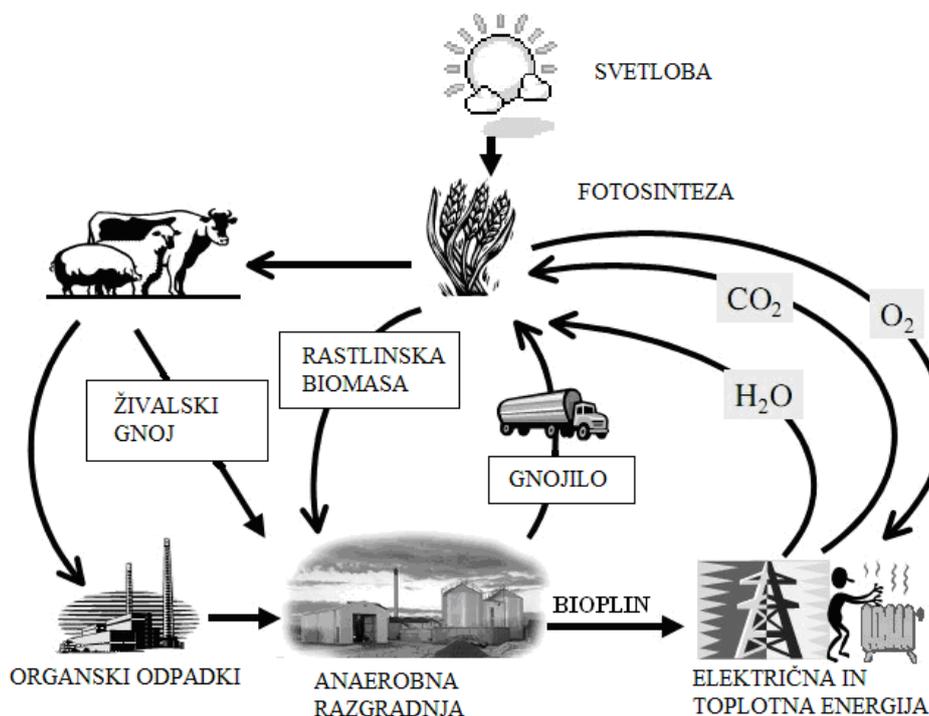
Namen diplomskega dela je ugotoviti, kakšne so možnosti in potencial za pridobivanje bioplina iz organskih odpadkov v Kobilarni Lipica ter poiskati smiselno rešitev, za čim boljši izkoristek konjskega gnoja in gospodinjskih ostankov hotela. Ocenili bomo bioplinski potencial teh odpadkov in s tem količino obnovljive energije iz pridobljenega bioplina. Naloga bo vsebovala tudi določitev velikosti in vrste bioplinskega reaktorja. Obenem, bomo ob pomoči podatkov iz literature, skušali poiskati takšno rešitev, da bodo lahko dosedanje raziskave na laboratorijskem nivoju uporabne ter stroškovno realne. Kobilarna Lipica, bi v primeru izgradnje BPN, dobila nove možnosti za učinkovito in zanesljivo izkoriščanje hlevskega gnoja ter gospodinjskih ostankov hotela.

Glede na to, da Kobilarna Lipica proizvede velik delež organskih odpadkov, obstaja možnost izrabe z bioplinsko tehnologijo. V kolikor bi zgradili in uporabljali BPN, bi bil del energetskih potreb nadomeščen s proizvodnjo bioplina. V diplomski nalogi bomo skušali dokazati, da je v Kobilarni Lipica možno nadomestiti del potreb po energiji z izrabo konjskega gnoja in gospodinjskih odpadkov hotela z bioplinsko tehnologijo.

2 PREGLED OBJAV

2.1 BIOPLIN

Produkcija bioplina je posledica razgradnje organske snovi s pestro mikrobnó populacijo (Lastella in sod., 2002). Bioplin je zmes različnih plinov, sestavljen v glavnem iz metana (CH_4), ki ga je približno 55 - 70 % in 30 – 45 % ogljikovega dioksida (CO_2). Proizvodnja bioplina poteka tekom anaerobne razgradnje organske snovi. Proces anaerobne razgradnje organske snovi vršijo mikroorganizmi v odsotnosti kisika (Deublein in Steinhauser, 2008). Proizvodnja bioplina ponuja zelo pomembne prednosti pred drugimi oblikami proizvodnje bioenergije. Ocenjena je bila kot ena izmed najučinkovitejših in okolju najbolj prijaznih tehnologij (Fehrenbach in sod., 2008). Kroženje snovi pri proizvodnji bioplina je prikazano na sliki 1.



Slika 1: Trajnostni krog bioplina pri anaerobni razgradnji (Al Seadi in sod., 2003)

V evropski uniji (EU) se lahko vsako leto anaerobno razgradi več kot 1500 milijonov ton organske biomase, od tega več kot polovica pripada energetskim rastlinam (Amon in sod., 2002).

2.2 SESTAVA BIOPLINA

Bioplin je plinski produkt procesa anaerobne razgradnje organskih snovi. Sestava bioplina je zelo odvisna od sestave organskih snovi v substratu in razmer v katerih poteka proces njihove anaerobne razgradnje. Vse vrste biomase, ki vsebujejo ogljikove hidrate, beljakovine, maščobe, celulozo in hemiceluloze kot glavne sestavine, lahko uporabljajo v procesu anaerobne razgradnje. Sestava bioplina je odvisna predvsem od samega substrata, učinkovitosti anaerobne razgradnje in od zadrževalnega časa (Braun, 2007). V preglednici 1 je prikazana sestava bioplina.

Preglednica 1: Povzetek sestave bioplina po različnih avtorjih

Komponenta	Delež (%)							
	Gorljive sestavine bioplina			Negorljive sestavine bioplina				
	CH ₄	H ₂	H ₂ S	CO ₂	H ₂ O	O ₂	NH ₃	N ₂
Polprasert, 1996	55 - 65	-	-	35 - 45	-	-	malo	0 - 3
Tillamook, 1999	55 - 70	-	-	30 - 45	-	-	-	-
Medved in Novak, 2000	50 - 90	1 - 3	0,1 - 0,5	10 - 40	-	-	-	0,1 - 2
Bajželj, 2007	55 - 90	0 - 1	1 - 3	10 - 45	-	-	-	-

2.3 SUBSTRAT

Na učinkovit proces produkcije bioplina vpliva veliko dejavnikov. Eden izmed dejavnikov, je tudi pravilna izbira substrata. Fizične in kemijske lastnosti posameznega substrata so izrednega pomena pri načrtovanju in delovanju anaerobne tehnologije. Prav tako je pomembna kombinacija različnih substratov, saj vpliva na stabilnost procesa anaerobne razgradnje (Cho in Park, 1995).

Danes v procesu anaerobne razgradnje uporabljajo zelo velik spekter različnih substratov, kamor vključujejo komunalne, kmetijske in industrijske odpadke ter rastlinske ostanke (Chen in sod., 2008).

V zadnjih letih za proizvodnjo bioplina vse bolj uporabljajo številne pridelke (žita, koruza, repica itn.), posebej pridelane za proizvodnjo energije. Poleg tega, lahko za proizvodnjo bioplina in za gnojilo uporabimo še različne kmetijske ostanke, pokvarjene pridelke, neprimerne za uživanje, na primer zaradi slabe letine ali vremenskih razmer. V bioplinski napravi lahko prav tako uporabimo številne stranske živalske proizvode, neprimerne za ljudi (Al Seadi in sod., 2010).

Zelo dragocen vir predstavljajo trdni komunalni odpadki (Lesteur in sod., 2010). Da so komunalni odpadki ustrezen substrat v procesu produkcije bioplina, so dokazali tudi Angelidaki in sod. (2006). Velikokrat jih uporabljajo v kombinaciji z drugimi substrati, Cuetosa in sod. (2008), so komunalnim odpadkom dodali klavniške odpadke.

Ostanki in odpadki iz kmetijstva, kakor tudi klavniški odpadki in odpadki iz prehranske industrije, ostanki iz kuhinj in drugi organski odpadki gospodinjstev, se odlično razgradijo v postopku razgradnje (Šumenjak Sabol, 2007). Gospodinjski odpadki imajo relativno visoko vsebnost beljakovin, zato so lahko uporabljeni kot substrat za anaerobno razgradnjo (Liao in sod., 2007).

Papler in Juričič poudarjata pomen uporabe gnojevke v procesu produkcije bioplina. Gnojevko so do sedaj trosili le po poljih in je tako bila nepopolno izkoriščena. Konjski gnoj je bogat z celulozo, hemicelulozo, beljakovinami in je potencialna surovina za komercialno proizvodnjo bioetanol in anaerobno razgradnjo (Liao in sod., 2007).

Študije Oleiszkiewicza in Poggivalda (1997) prikazujejo industrijske odpadke z visoko vsebnostjo celuloze (papir) ter vpliv majhne vsebnosti amoniaka na povečano produkcijo metana.

Vse pogosteje se v namene proizvodnje bioplina uporablja tudi gojena biomasa. Đulbić (1986) navaja predvsem naslednje vodno rastlinje: vodna solata, vodna lilija, različne vrste sladkovodnih alg ipd. Na avstrijskem (Energy from grass ..., 2001) pa v te namene

uporabljajo tudi travo (tako svežo, kot tudi silirano), sudansko travo ipd. ter pri tem dosegajo zelo dobre rezultate. Medved in Novak (2000) omenjata tudi vodno krešo in vodni bršljan.

Opravljenе in v teku so številne raziskave z namenom povečati donos in raznolikost energetskih pridelkov ter določiti potencial različnih rastlin za proizvodnjo bioplina. Razviti so bili novi kmetijski postopki, novi sistemi kolobarjenja, mešani posevki dveh ali več rastlinskih vrst in kombinirano gojenje pridelkov, pa so predmet intenzivnih raziskav in razvoja (Al Seadi in sod., 2010).

2.4 ANAEROBNA RAZGRADNJA

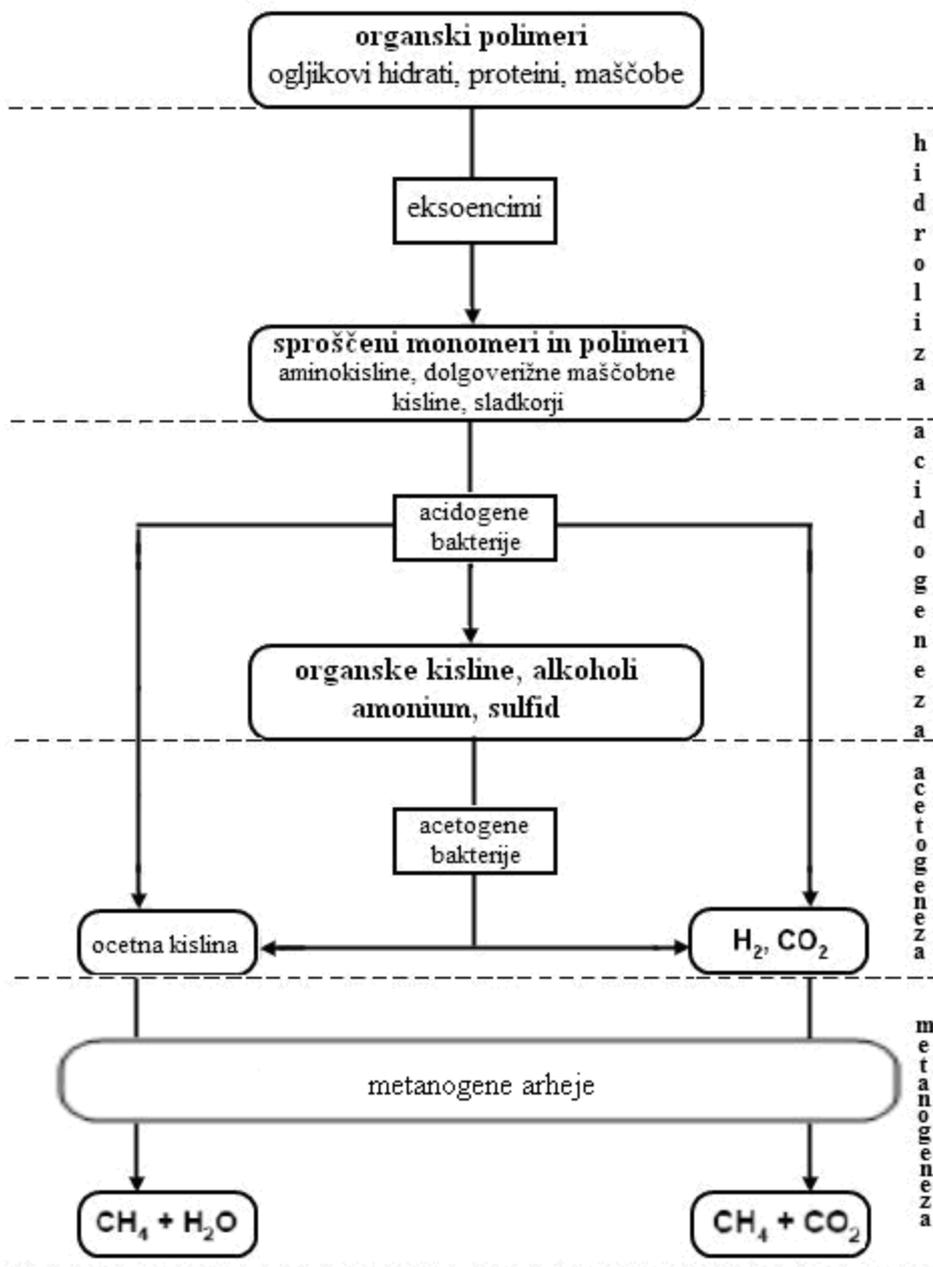
Anaerobna razgradnja je proces razgradnje organske snovi z mikrobno združbo v okolju brez prisotnosti kisika (Burke in Dennis, 2001). Je naraven proces, kjer se biomasa pretvori v energijo. Biomasa je katerikoli biološki odpadki prihajajoč iz rastlin, živali ali njihovih odpadkov. Uporabljajo jo že več kot sto let za stabilizacijo mestnih in industrijskih odpadkov. Anaerobni proces pripomore tudi k preprečevanju neprijetnih vonjav, ki nastajajo pri razgradnji bioloških odpadkov (Wilkie, 2000). Osnovno enačbo anaerobne razgradnje biomase lahko zapišemo takole (Medved in Arkar, 2009):



Zadnjih 25 let se je anaerobna tehnika razgradnje odpadkov v veliki meri razvila in zavzela pomembno mesto v industriji in kmetijstvu (Ghosh, 1997). Anaerobna razgradnja je tudi okoljsko uporabna tehnologija. Ward in sod. (2008) so v študiji opisali prednost procesa pri zmanjševanju onesnaževanja okolja, kajti zaprt sistem onemogoča izhajanje metana v atmosfero, s tem pa se izognemo nastajanju toplogrednih plinov. Anaerobna razgradnja je izraz, ki ga v literaturi zasledimo tudi kot anaerobna presnova, anaerobno vrenje, anaerobno gnitje, anaerobno razkrajanje ter anaerobna digestija.

2.5 MIKROBNI PROCESI ANAEROBNE RAZGRADNJE

Anaerobna razgradnja je sestavljena iz štirih korakov (slika 2): hidroliza, acidogeneza, acetogeneza in metanogeneza (Grepmeier, 2002).



Slika 2: Anaerobna razgradnja polimerov v metan (Grepmeier, 2002)

2.5.1 Hidroliza

V prvi stopnji anaerobne razgradnje se visoko molekularni polimerni substrati (polisaharidi, lipidi, proteini) razgrajujejo v nizko molekularne (preprosti sladkorji, oligosaharidi, glicerin, dolgoverižne maščobne kisline, aminokisline, di- in oligopeptide), ki prehajajo celično membrano (Deublein in Steinhauser, 2008). V procesu hidrolize so najpomembnejše hidrolitične in fermentativne bakterije (Mohana in sod., 2008).

2.5.2 Acidogeneza

Monomeri, ki so nastali s pomočjo hidrolitičnih bakterij v prvi stopnji, se v drugi stopnji fermentirajo do intermediatov, kot so acetat, propionat, butirat, HMK (hlapne maščobne kisline) in H_2 ter CO_2 . Piruvat, ki nastane iz heksoz ali ostalih spojin, je glavni intermediat anaerobne razgradnje (Anderson in sod., 2003).

2.5.3 Acetogeneza

Acetogene bakterije so vezni člen med acidogeno in metanogeno stopnjo. Substrat acidogenih bakterij so kratkoverižne maščobne kisline (propionska, maslena, izomaslena, valerenska in heksanojska kislina), mlečna kislina, alkoholi in glicerin, ki jih pretvorijo v očetno kislino, vodikov karbonat, vodik in ogljikov dioksid (Grepmeier, 2002).

2.5.4 Metanogeneza

Zadnja stopnja anaerobne razgradnje organskih snovi v metan in ogljikov dioksid poteka s pomočjo metanogenih arhej. Metanogene arheje koristno uporabijo samo določene spojine, vključno acetat ali H_2/CO_2 , metanol, metilamine in CO. Glede na spojino, ki jo metanogene arheje uporabljajo, ločimo dve skupini in sicer acetoklastične metanogene in hidrogenotrofne arheje. Približno 70 % vsega metana nastane iz metilne skupine acetata, 30 % pa iz H_2/CO_2 (Anderson in sod., 2003).

2.6 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA ANAEROBNO RAZGRADNJO ORGANSKE SNOVI

Delež proizvedenega bioplina je odvisen od vstopnih organskih snovi, vrednosti pH, temperature, zadrževalnega časa v reaktorju, izvedbe bioplinske naprave in vrste procesa. Vsak substrat vpliva na proces glede na njegovo sestavo, suhost, vrednost pH, delež organske snovi. Za pravilen potek procesa je potrebno upoštevati vse dejavnike, ki vplivajo na stabilno delovanje bioplinske naprave: optimalna mešanica substrata, zadosten delež vode, ustrezna temperatura, čas zadrževanja,... (Aber, 2007).

2.6.1 C/N razmerje

Substrat z ozkim razmerjem C/N privede do naraščanja koncentracije amoniaka in zmanjšanja produkcije metana. Preširoko razmerje, pa povzroči pomanjkanje dušika, kar negativno vpliva na formacijo proteinov ter posledično na pomanjkanje energije pri metabolizmu mikroorganizmov. C/N razmerje substrata, naj bi bilo v območju 16:1 – 25:1 (Deublein in Steinhauser, 2008).

2.6.2 Temperatura

Med zelo pomembne okoljske dejavnike spada tudi temperatura (Chaudhary, 2008). Poznamo dve optimalni temperaturni območji. Mezofilno območje, kjer se temperatura giblje od 32 °C do 45 °C ter termofilno območje s temperaturo od 48 °C do 55 °C (Deublein in Steinhauser, 2008).

2.6.3 Vrednost pH

Glede na pH lahko anaerobne mikroorganizme razdelimo v dve skupini: acidogeni in metanogeni mikroorganizmi. Za acidogene bakterije je optimalna vrednost pH med 5,5 in 6,5, za metanogene arheje od 7,8 do 8,2, za kombinirano kulturo pa nevtralen pH od 6,8 do 7,4 (Khanal, 2008).

Vrednost pH se lahko zniža pod 5 zaradi akumulacije maščobnih kislin, ki nastanejo med acidogenezo, kar zavira delovanje občutljivih metanogenih arhej. Poveča pa ga lahko amoniak, ki nastane med degradacijo proteinov (Chaudhary, 2008).

2.6.4 Velikost delcev substrata

Hansen in sod. (2007), so predstavili vpliv lastnosti substrata na razgradnjo ter s predobdelavo na tri različne velikosti delcev dokazali vpliv na razgradnjo. Manjša kot je velikost delcev, bolj je ugodno za mikroorganizme, saj jim omogoča boljši dostop. Sezun in sod. (2009) so potrdili vpliv velikosti delcev pri komunalnih odpadkih ter tako dokazali, da je predobdelava eden izmed pomembnih korakov učinkovite anaerobne razgradnje.

2.6.5 Hidravlični zadrževalni čas

Hidravlični zadrževalni čas je povprečen časovni interval, ko se substrat nahaja v reaktorju. Na čas zadrževanja organske snovi v reaktorju oziroma hidravlični zadrževalni čas vplivajo temperatura v reaktorju, stopnja razgradnje organske snovi, ki jo želimo doseči, konstrukcijska izvedba reaktorja (kislinska in metanska faza skupna ali deljena) ter vrste bakterij v reaktorju (Đulbić, 1986).

2.6.6 Inhibitorji

Anaerobni proces se odvija v okolju brez kisika, zato v sistemu ne sme biti prisoten raztopljen kisik, saj ta že v majhni koncentraciji inhibira delovanje anaerobnih mikroorganizmov. Velja, da je celoten proces odvisen od počasi rastočih metanogenih arhej, zato se proces inhibicije najprej pokaže na teh. Kot najbolj pogoste inhibitorne snovi v literaturi navajajo: kratkoverižne maščobne kisline, amonij, sulfid, lahke in težke kovine, ioni kot so Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} in Al^{3+} , mikrobne produkte, antibiotike in druge. (Al Seadi in sod., 2010; Anderson in sod., 2003; Chen in sod. 2008).

Metanogene arheje so še posebej občutljive na inhibicijo zaradi amonija. Velika koncentracija amonija zavira produkcijo metana (Nakakubo in sod., 2008).

Elementi v sledih (železo, nikelj, kobalt, selen, molbiden in volfram) so enako pomembni za rast in preživetje bakterij anaerobne razgradnje kot makrohranila (ogljik, dušik, fosfor, žveplo). Ne zadostna preskrba s hranilnimi snovmi in elementi v sledih, kot tudi prevelika presnovljivost, lahko povzročajo zaviranje in motnje v procesu anaerobne razgradnje. Dodaten dejavnik, ki vpliva na anaerobne bakterije, je prisotnost toksičnih zmesi (Al Seadi in sod., 2010).

2.7 BIOPLINSKA NAPRAVA

Glede na vstopni substrat poznamo: kmetijske bioplinarne, ki uporabljajo za delovanje zeleno biomaso (svežo ali silažno), gnojevko, gnojnico in gnoj; bioplinarne z združeno razgradnjo, ki dodajajo k procesu kosubstrate kot so: ostanki hrane, tropine, klavniški odpadki, maščobe in ostali bio odpad; industrijske bioplinarne, ki za delovanje uporabljajo najrazličnejše organske odpadke (Aber, 2007).

Zlasti pri organskih kuhinjskih odpadkih lahko pričakujemo, da bodo vsebovali razne vrste primesi, kot so papir, plastične mase, razni anorganski material, kovine. Zato je kosubstrate potrebno pred doziranjem ustrezno predobdelati. Prva faza je izločanje nezaželenih primesi, priprava fine, homogene suspenzije (Medved in sod., 2005).

Odpadna voda, blato čistilnih naprav in kosubstrati lahko vsebujejo patogene bakterije, glive, viruse in parazite, zato je potrebno v okviru obdelave izvajati preventivne higienske ukrepe, ki jih delimo na ukrepe za varovanje okolja, ukrepe znotraj obrata, ukrepe za zagotavljanje zdravstvene zaščite in varstva pri delu ter ukrepe za procesni nadzor (Medved in sod., 2005).

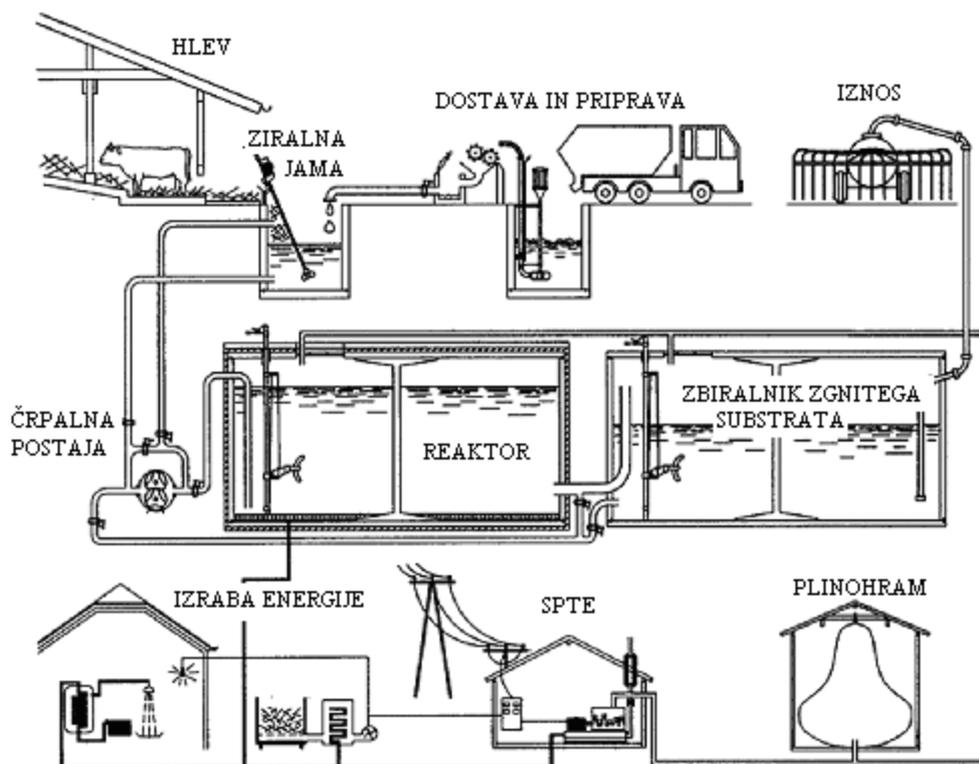
Klavniški ostanki, ostanki hrane – pomije in odpadno jedilno olje se morajo pred dovodom v bioplinsko napravo higienizirati, kar pomeni drobljenje in pasterizacijo oziroma sterilizacijo teh ostankov, ki jo izvajajo pod veterinarsko sanitarnim nadzorom. Uredba EU o higienizaciji zahteva za odpadno hrano, večino klavniških ostankov in odpadno olje, segrevanje (pasterizacijo) na več kot 70 °C za eno uro in pred tem drobljenje na delce s premerom manj kot 12 mm. Za nekatere vrste klavniških ostankov, pa celo sterilizacijo.

Investitor v bioplinarno se lahko sam odloči za zbiranje, odvoz in predelavo tovrstnih ostankov in postavitev lastne naprave za higienizacijo (Bioplin – zeleni vir ..., 2005).

Komponente bioplinske naprave (Energetska izraba ..., 2003):

- **Zbirna jama** za gnoj, gnojevko in druge biološke odpadke, kot substrat za bioplinsko napravo.
- **Potopni rezalnik** celotno maso zmelje in premeša.
- **Črpalna postaja**, ki dobljeno maso prečrpa v reaktor
- **Reaktor** je toplotno izoliran, plinotesen rezervoar, opremljen s stenskim ogrevanjem. Polnjenje reaktorja izvajamo praviloma dvakrat dnevno. Pri temperaturi od 35 °C do 55 °C poteka proces razgradnje. Čas razgradnje je različen in je odvisen od sestave substrata.
- Sveže dodana gnojevka nato potiska maso iz prvega v drugi reaktor, iz njega pa se skozi drugi črpalni jašek prečrpava v končni zbiralnik za gnojevko. Gnojevka po razgradnji ne vsebuje nitratov, zato je dragoceno biološko gnojilo, ki ne povzroča ožigov zelenih listov in je skoraj brez vonja.
- **Postreaktor** je najpogosteje enako velik rezervoar kot reaktor, plinotesen ter opremljen z mešalno napravo. Praviloma ga ni potrebno ne ogrevati, ne toplotno izolirati. Tu v procesu razžvepljevanja s kontroliranim dotokom zraka že poteka priprava bioplina.
- Bioplin se zbira v **zbiralniku plina (plinohram)**, ki je namenjen njegovemu skladiščenju, saj proizvodnja in raba bioplina ne poteka sočasno. Od tu ga vodimo v **plinski motor**, ki poganja **pretvornik za proizvodnjo električne energije**. Pri večjih sistemih (nekaj 100 kWe) uporabimo plinsko turbino (Medved in Arkar, 2009).
- V **sistemu za soproizvodnjo toplote in električne energije (SPTE)** se energija iz plina pretvori v električno in toplotno energijo za lastno in tujo uporabo. Približno 20 % pridobljene energije, je potrebne za lastno ogrevanje reaktorja, preostanek je na voljo za ogrevanje bivalnih in drugih prostorov (npr. hlevi, rastlinjaki, sanitarne vode itd.). Presežek toplotne energije prodajo sosedom, presežek električne energije pa v javno električno omrežje.

- Kurilna vrednost m^3 bioplina znaša približno 6 kW/h. Ta količina zadošča za 1,8 kW/h električne energije in približno dvakrat toliko toplotne energije.



Slika 3: Proizvodnja in izraba bioplina (Energetska izraba ..., 2003)

2.7.1 Reaktorji

Reaktor je vrelna posoda, fermentor, digestor, rezervoar v katerem se vrši mikrobiološka razgradnja organske snovi.

Zrakotesen reaktor je jedro bioplinske naprave, kjer se odvija razgradnja substrata ob odsotnosti kisika in proizvaja bioplin. Obstaja več vrst bioplinskih reaktorjev. Zgrajeni so lahko iz betona, jekla, opeke ali plastike, oblikovani kot silosi, korita, kotanje ali lagune in postavljeni so lahko na površini ali pod zemljo. Velikost reaktorja določa obseg bioplinske naprave in variira, od nekaj kubičnih metrov v primeru manjših hišnih postavitvev, do nekaj

tisoč kubičnih metrov, kot je to v primeru velikih komercialnih naprav, ki imajo pogosto več reaktorjev (Al Seadi in sod., 2010).

2.7.2 Izvedbe bioplinskih reaktorjev glede na vsebnost suhe snovi

O mokri razgradnji govorimo, ko lahko biomaso pomešano z vodo črpamo (Aber, 2007). Povprečna vsebnost suhe snovi v substratu je pod 15 %. Takšen substrat sta gnojevka in kanalizacijska odplaka (Al Seadi in sod., 2010).

O suhi razgradnji govorimo, ko je vsebnost suhe snovi nad 15 %, običajno med 20 in 40 %. Prednost te je, da porabi manj vode, vendar pa ima znatno slabši izplen in je zato v praksi manj pogosta (Aber, 2007). Suha razgradnja pride v poštev v proizvodnji bioplina iz trdnega živinskega gnoja z visoko vsebnostjo slame, gospodinjskih odpadkov in trdih mestnih organskih odpadkov, ostankov košnje trave ali žetve energetskih rastlin (Al Seadi in sod., 2010).

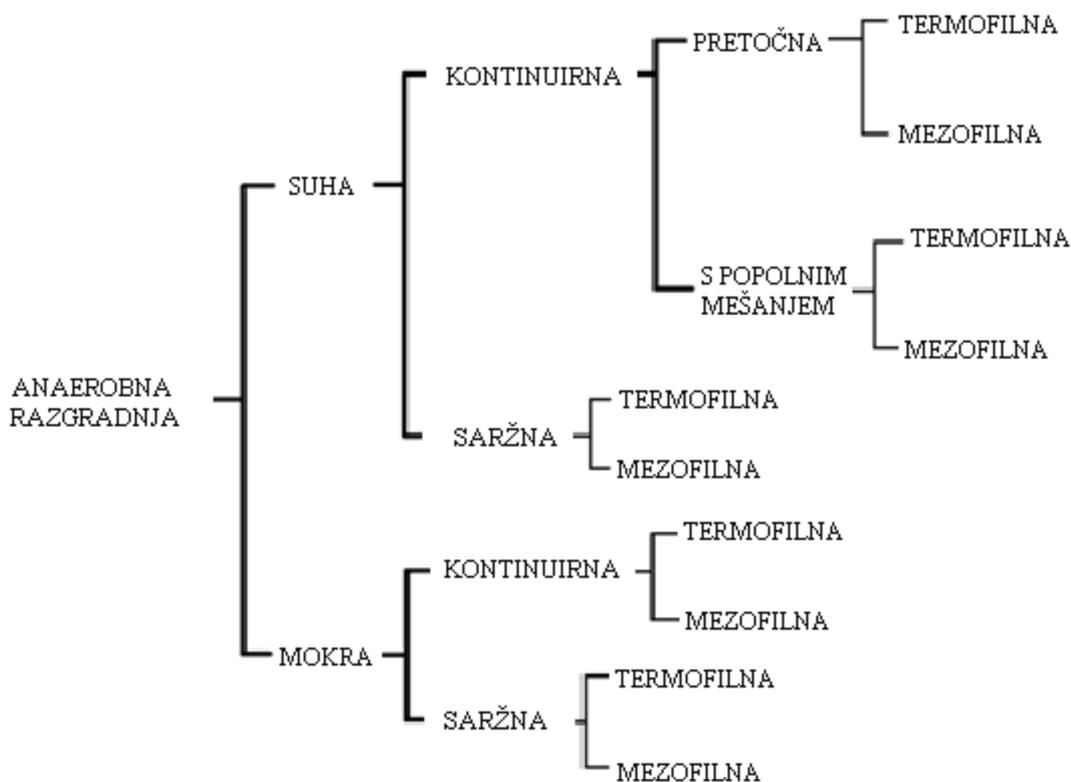
2.7.3 Izvedbe bioplinskih reaktorjev glede na postopek

2.7.3.1 Saržni postopek

Saržni reaktor je reaktor z enkratnim polnjenjem in praznjenjem, kar pomeni, da polnimo celotno količino substrata obenem ali pa jo dodajamo postopno, vendar ves čas brez odzemanja. Reaktor je enostavno zgraditi in ga običajno uporabljajo za suho presnovo, pri čemer mešanje substrata ni potrebno. Temperaturo procesa in filtrirne tekočine uravnavamo z vgrajenim sistemom talnega ogrevanja ter s prenosnikom toplote, ki ima vlogo rezervoarja za filtrirno tekočino (Nekrep, 1992 in Al Seadi in sod., 2010). Proces je končan, ko količina izločenega bioplina znatno upade. Temu sledi praznjenje reaktorja in ponovno polnjenje s svežo maso ob predpostavki, da ob vsaki menjavi ostane v reaktorju 10-20 % prevrele vsebine (Polprasert, 1996).

V primerjavi z drugimi sistemi, je prednost saržnih reaktorjev neproblematičnost, enostavnost, zmožnost obdelave velike količine mase, majhni stroški delovanja in poceni tehnologija (Nekrep, 1992 in Al Seadi in sod., 2010). Slabost tega sistema je predvsem v

tem, da proces ni kontinuirni, zato tudi količina plina močno niha, velika je poraba energije, veliki so stroški vzdrževanja (Al Seadi in sod., 2010) ter dolgotrajnost (Nekrep, 1992). Le redko ga uporabljamo za produkcijo bioplina iz odpadne ali gojene mase iz kmetijske pridelave (Nekrep, 1992).



Slika 4: Vrste anaerobne razgradnje (Chaudhary, 2008)

2.7.3.2 Kontinuirni postopek

V nasprotju s saržnimi reaktorji, pri reaktorjih s kontinuirnim polnjenjem in praznjenjem, proizvodnje bioplina ni potrebno prekinjati z dovajanjem novega substrata in odnašanjem presnovljenega materiala. Proizvodnja bioplina je neprekinjena in predvidljiva. Kontinuirni

reaktor je lahko vertikalni, horizontalni ali sistem z več rezervoarji. Glede na mešanje jih razdelimo v dva tipa (Preglednica 2):

Preglednica 2: Tipi reaktorjev (Al Seadi in sod., 2010)

Reaktorji s popolnim mešanjem	Pretočni reaktorji
Okrogla, enostavna konstrukcija reaktorja, vertikalni	Podolgovati horizontalni rezervoarji
Popolnoma mešani	Vertikalno mešani
Primeren za enostavni substrat (gnojevka)	Primerni za težavni substrat (trden gnoj)
Delčki nepresnovljenega substrata lahko pridejo v iztok	Običajno nobenih bližnjic med pritokom in iztokom, zanesljiva higienizacija
Procesna temperatura 20 – 37°C	Procesna temperatura 35 – 55°C
Zadrževalni čas 30 – 90 dni	Zadrževalni čas 15 – 30 dni

Nekrep (1992) loči različne reaktorje s kontinuirnim postopkom. **Reaktor s popolnim premešanjem** za klasično anaerobno razgradnjo, ki temelji na teoriji bioreaktorja s popolnim premešanjem (CSTR). **Cevni reaktor** (plug flow) je manj zahteven za vzdrževanje in manj učinkovit. Ker potuje masa nepremešana vzdolž reaktorske posode, jo na vstopu cepimo z delom pregnite mase iz izstopa. **Reaktorji z bogatenjem aktivne biomase**, pravimo jim tudi hitri reaktorji (high rate reactors), temeljijo na teoretičnem modelu bioreaktorja z vračanjem oz. zadrževanjem aktivne biomase. Sem spada kontaktni reaktor ter reaktor z muljno posteljico (UASB – upflow anaerobic sludge blanket). Sledi še **reaktor s pritrjeno biomaso** (Anaerobni filter, anaerobni precejalnik) in **reaktor z razširjeno plastjo mulja**.

2.7.4 Temperatura anaerobne razgradnje:

Termofilni proces poteka v temperaturnem območju med 50 °C in 58 °C. Najbolj razširjen med bioplinarnami in najstabilnejši je mezofilni proces, ki poteka v območju med 32 °C in 42 °C, zadrževalni čas substrata pa je 30 do 80 dni. Psihofilni proces poteka pri nižji temperaturi 15 °C do 20 °C in ga zaradi dolgega zadrževalnega časa v praksi ne uporabljajo (Aber, 2007).

2.7.5 Izvedbe bioplinskih reaktorjev glede na sestavljenost procesa

Glede na število stopenj obdelave substrata poznamo 1., 2. ali 3. stopenjske procese. To pomeni, da so posamezne stopnje pretvorbe substratov (hidroliza, razgradnja, nastanek očetne kisline, nastanek oz. sinteza bioplina) lahko združene ali ločene, kar vpliva na izkoristek oz. izplen bioplina in velikost investicije (Aber, 2007).

Enostopenjski sistemi so bolj praktične narave. Razgradnja organskih odpadkov poteka v seriji biokemičnih pretvorb. V grobem jih ločimo na prvo stopnjo, kjer se odvijajo procesi hidrolize, zakisanja ter utekočinjenja in drugo stopnjo, v kateri se acetat, vodik in ogljikov dioksid pretvorijo v metan. V enostopenjskih sistemih se vse našteje reakcije odvijajo istočasno v enem reaktorju, medtem ko v dvo ali večstopenjskih sistemih reakcije potekajo zaporedno v najmanj dveh reaktorjih. V Evropi je okoli 90 % bioplinskih naprav za obdelavo organskih odpadkov (Vandevivere in sod., 2002).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 KOBILARNA LIPICA

Kobilarna Lipica obsega celotno zavarovano območje Kobilarne Lipica s kultivirano kraško krajino, čredo konj lipicanske pasme ter stavbno in umetnostno dediščino (Načrt upravljanja ..., 2010). Vse to so z zakonom varovane vrednote, celotno območje lipiškega posestva pa je razglašeno za kulturni spomenik izjemnega pomena za Slovenijo (Kozamernik, 2006). Imenujejo jo tudi zelena oaza na Krasu.

S spomeniškim območjem Kobilarne Lipica upravlja Javni zavod Kobilarna Lipica. Upravlja območje v obsegu 311 ha, ki vključuje tudi večje število objektov, namenjenih konjereji, konjeništvu, turističnim in gostinskim programom, kulturi, športu in rekreaciji, upravi, stanovanjem itd. (Načrt upravljanja ..., 2010).

Javni zavod Kobilarna Lipica, poleg osrednjega dela posestva, upravlja tudi z delom parcel v njegovem vplivnem območju in z dislociranim posestvom Ravne, ki vključuje hlevske objekte in pripadajoče pašne in druge površine. Posestvo Ravne je bilo v zadnjih letih obnovljeno in urejeno tako, da omogoča pogoje za rejo mladih žrebcev do 4. leta starosti (Načrt upravljanja ..., 2010).

V prvem delu diplomske naloge smo preverili, kakšne so možnosti nadomestitve dela konvencionalnih potreb po energiji s proizvodnjo bioplina v Kobilarni Lipica. Ugotovili smo, da bi največjo produkcijo bioplina dosegli iz živinorejskih odpadkov, gospodinjskih odpadkov hotela ter dokupljenega substrata (pomije, travna in koruzna silaža).

V nadaljevanju smo izdelali energetske bilanco in ugotovili možnost pokritosti energetskih potreb Kobilarne Lipica z anaerobno razgradnjo razpoložljivih in dokupljenih substratov v bioplin.

3.2 RAZPOLOŽLJIVI SUBSTRAT V KOBILARNI LIPICA

Glede na dejavnosti Kobilarne Lipica, bi bilo smotrno poiskati rešitev ravnanja z odpadki. Konjski gnoj in organski odpadki iz gostinske dejavnosti so bogata organska masa za pridobivanje bioplina, zato bi bilo smiselno načrtovati bioplinsko napravo za lastne potrebe Kobilarne Lipica.

3.2.1 Konjski gnoj

Pašna površina znotraj lipiškega posestva in posestva Ravne, je glede na stalež konj, premajhna. Kobilarna Lipica potrebuje za pašo dodatno površino v skladu z normativi, predpisano sonaravno rejo in v skladu z etološkimi standardi (Načrt upravljanja ..., 2010).

Razpoložljiva travna površina, namenjena košnji v Lipici, predstavlja podlago za pridelavo približno polovice potrebnega sena. Manjkajoče seno Kobilarna Lipica dobavlja od zunanjih pridelovalcev. Potrebno močno krmo pa v celoti nabavlja pri zunanjih ponudnikih, ker lastna pridelava na Krasu ni mogoča (Načrt upravljanja ..., 2010).

Podatke o staležu konj, količini konjskega gnoja ter količini gospodinjskih odpadkov hotela, smo pridobili v Kobilarni Lipica. Gospodar kobilarne gospod Mitja Mahorčič in gospod Damjan Grmek, sta nam podrobno razkazala hlevske objekte, kjer smo skupaj pregledali stalež konj, podala sta nam tudi podatke o količini konjskega gnoja.

3.2.2 Gospodinjski odpadki hotela - pomije

Poleg konjskega gnoja imajo v Kobilarni Lipica tudi veliko količino gospodinjskih odpadkov iz hotelske kuhinje. Podatke o količini le teh smo dobili od gospoda Damjana Grmeka.

3.3 DOKUPLJENI SUBSTRAT V KOBILARNI LIPICA

Lastnemu substratu, bi v Kobilarni Lipica za proizvodnjo bioplina dodajali dokupljeni substrat (pomije, travno in koruzno silažo). Za omenjene substrate smo se odločili zaradi primernosti kombiniranja z že razpoložljivimi substrati, energetske bogatosti, lahke razpoložljivosti ter na podlagi ocene energetskih potreb Kobilarne Lipica.

3.4 IZRAČUN KOLIČINE SUHE SNOVI, SUHE ORGANSKE SNOVI TER VOLUMNA BIOPLINA

V preglednici 3 so prikazani podatki o količini posameznega substrata, substratne mešanice ter vsebnosti suhe snovi in suhe organske snovi. Za računanje smo uporabili vrednosti za vsebnost suhe snovi in suhe organske snovi iz Priloge A (KIS, 2010). Predviden čas obratovanja reaktorja bi bil 335 dni. Preostanek pa bi bil namenjen vzdrževanju, rednemu servisiranju ter za slučaj izrednih okvar oziroma odpravljenju nepravilnosti delovanja reaktorja.

Suha organska snov v substratni mešanici v enem letu:

$$\text{masa suhe organske snovi (t/leto)} = \frac{\text{delež suhe organske snovi (\%)} \times \text{masa substrata (t)}}{100\%} \quad \dots(2)$$

Suha snov v substratni mešanici v enem letu:

$$\text{masa suhe snovi (t/leto)} = \frac{\text{delež suhe snovi (\%)} \times \text{masa substrata (t)}}{100\%} \quad \dots(3)$$

V preglednici 4 so prikazani podatki o izplenu bioplina za posamezen substrat ter substratno mešanico. Za računanje smo za bioplinski potencial posameznega substrata, uporabili vrednosti iz Priloge A (KIS, 2010).

Izplen bioplina, ki ga pridobimo iz substrata v enem letu:

$$Izplen\ bioplina\ (m^3/leto) = masa\ substrata\ (t) \times \frac{m^3\ bioplina}{t\ substrata} \quad \dots(4)$$

Izplen bioplina, ki ga pridobimo iz substrata v enem mesecu:

$$Izplen\ bioplina\ (m^3/mesec) = \frac{izplen\ bioplina\ (m^3/leto)}{12} \quad \dots(5)$$

Izplen bioplina, ki ga pridobimo iz substratne mešanice v enem letu:

$$Izplen\ bioplina\ iz\ substratne\ mešanic\ (m^3/leto) = izplen\ bioplina_1 + \dots + izplen\ bioplina_n \quad \dots(6)$$

3.5 PREDPOSTAVLJENA (NAČRTOVANA) BIOPLINSKA NAPRAVA

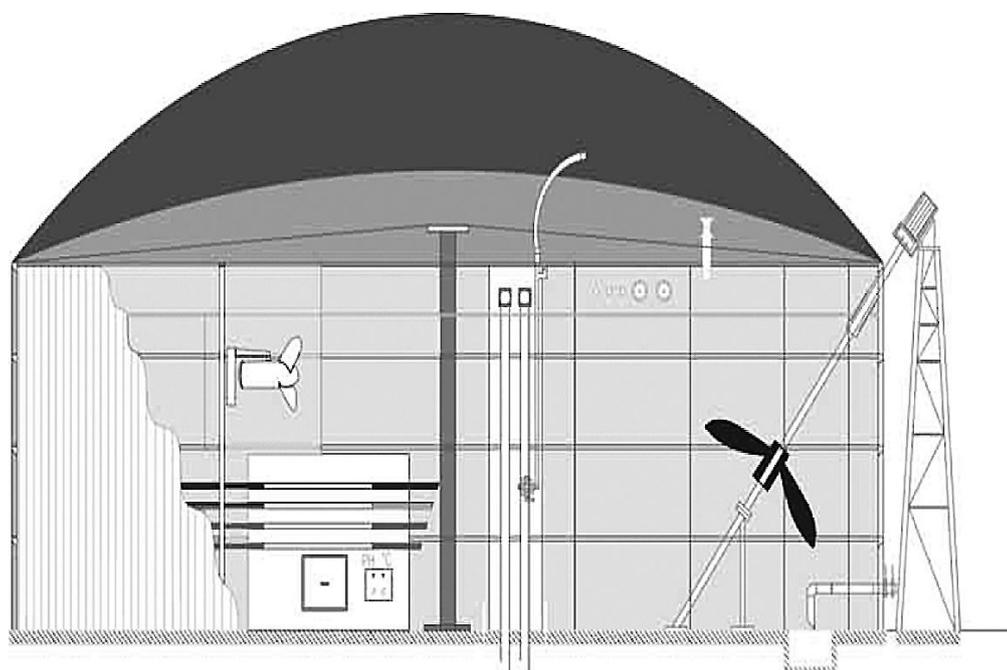
Bioplinska naprava bo anaerobno obdelovala predvideno substratno mešanico, sestavljeno iz razpoložljivih substartov v Kobilarni Lipica ter dokupljenih pomij, travne in koruzne silaže. Zaradi visoke vsebnosti suhe snovi substratne mešanice, bo potrebno dodajati tehnološko vodo. O mokri razgradnji govorimo, ko lahko biomaso pomešano z vodo črpamo in je povprečna vsebnost suhe snovi v substratu pod 15 % (Aber, 2007; Al Seadi in sod., 2010). Na podlagi navedenega in podatkov o vsebnosti suhe snovi, lahko izračunamo, koliko tehnološke vode je potrebno.

Izračun količine potrebne tehnološke vode po enačbi z eno neznanko:

$$Suha\ snov / (masa\ substratne\ mešanice + X) = 0,15 \quad \dots(7)$$

Ker bo substratna mešanica na voljo tekom celega leta, bo proces anaerobne razgradnje potekal v kontinuiranem postopku v bioreaktorju s popolnim premešanjem. Produkcija bioplina bo potekala v kontinuiranem postopku, kar pomeni, da se reaktor nenehno polni s svežo substratno mešanico, sočasno pa se iz reaktorja v rezervoar za zbiranje predelanega substrata, pretaka določena količina fermentirane brozge. Pomije bodo pred vstopom v reaktor ustrezno obdelane in higienizirane. Potrebna bo enota za termično in mehansko

obdelavo le teh. Duran in Speece (1997) poročata o boljših rezultatih pri mezofilnem procesu. V našem primeru smo se odločili za mezofilno območje med 32 – 45 °C, saj je iz predhodnih študij dokazano kot bolj učinkovito. Na podlagi karakteristik substrata (preglednica 3) ter na podlagi predhodnih študij smo poskušali poiskati najprimernejši tip bioplinske naprave. Ker je vsebnost suhe snovi in delež celuloze precej velik bi bilo smiselno, da bi bil zadrževalni čas nekoliko daljši, kot pri lažje razgradljivem substratu). Predvidevamo, da bo načrtovana naprava omogočila čimbolj učinkovito anaerobno razgradnjo, katere rezultat bo zadovoljiva produkcija bioplina.



Slika 5: Anaerobni reaktor (Papler in Juričič, 2010)

3.6 PRETVORBA BIOPLINA V ELEKTRIČNO IN TOPLOTNO ENERGIJO

Proizvedena toplotna energija:

$$Q_{toplotna} \text{ (kWh/leto) } = H_i \times V_B \times \eta_t \quad \dots(7)$$

Proizvedena električna energija:

$$Q_{električna} \text{ (kWh/leto)} = H_i \times V_B \times \eta_e \quad \dots(8)$$

H_i = kurilna vrednost bioplina = 6 kWh/m³ (Al Seadi in sod., 2010)

V_B = teoretična količina bioplina pridobljena iz substratne mešanice [m³/leto]

η_t = toplotni izkoristek pretvornika energije = 45,7 % (Deutz ..., 2011)

η_e = električni izkoristek pretvornika energije = 42,0 % (Deutz ..., 2011)

Predviden čas obratovanja reaktorja je 335 dni oziroma 8040 letnih obratovalnih ur.

Podatki o kurilni vrednosti bioplina, letni količini bioplina, letnih obratovalnih urah ter električnem izkoristku pretvornika energije, nam omogočajo izračun, na podlagi katerega lahko izberemo pretvornik energije. Proizvajalec pretvornikov energije Deutz, je eden izmed največjih. Po tehničnih karakteristikah sistemov sodi med vrhunske proizvajalce, prednost pred konkurenco zagotavljajo z visoko kvaliteto, dolgimi servisnimi intervali, majhnimi stroški obratovanja in razvejano servisno mrežo (Deutz, 2011).

S podatki o porabi električne energije v Kobilarni Lipica smo lahko izračunali pokritost potreb po električni energiji s proizvodnjo bioplina.

Moramo poudariti, da pri tem nismo upoštevali potreb sistema za pridobivanje bioplina po električni energiji, v katerega je vključenih veliko število porabnikov, mlin za pripravo organske mase, različne črpalke, mešal, itd. Razlog je v tem, da je vsak sistem individualen glede na preračune, kar pa je že delo strokovnjakov. Kar zadeva toplotne energije, pa se običajno del toplote porabi za ogrevanje reaktorja (procesna toplota), dve tretjini ostale toplotne energije pa lahko uporabimo za zunanje potrebe (Al Seadi in sod., 2010).

4 REZULTATI

V Kobilarni Lipica je bilo ob pregledu, izvedenem oktobra 2010, skupaj 360 konj. Po podatkih pridobljenih v Kobilarni Lipica, imajo tako 3000 – 4000 m³ gnoja letno.

Največ odpadnega materiala nastaja pri vzreji konj. Gospodinjskih odpadkov je znatno manj in sicer 20 ton na leto.

Poleg substrata, ki je na voljo, je potrebno v reaktor dodati tudi dokupljeni substrat. Odločili smo se, da bomo kot dokupljeni substrat dodajali pomije, travno in koruzno silažo. Največjo količino dokupljenega substrata bo predstavljala travna silaža, najmanjšo pa pomije. Količina lastnega ter dokupljenega substrata je prikazana v preglednici 3.

Preglednica 3: Količina razpoložljivega in dokupljenega substrata (t), vsebnost suhe snov (t) in vsebnost suhe organske snovi (t)

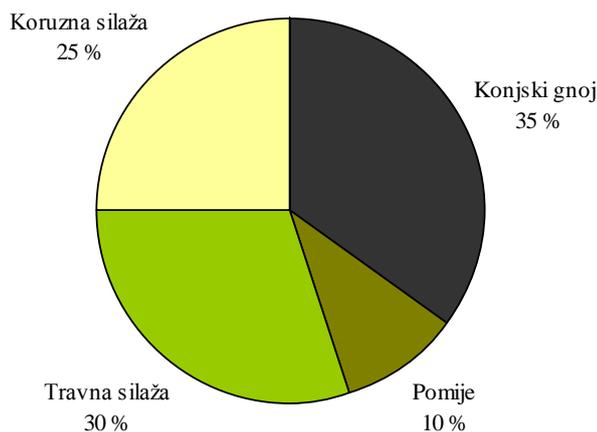
	Količina (t)	Suha snov (t)	Suha organska snov (t)
	leto	leto	leto
Konjski gnoj	3500	980	735
Pomije	20	3,6	3,3
Razpoložljivi substrat	3520	983,6	738,3
Pomije	980	176,4	162,7
Travna silaža	3000	1140	990
Koruzna silaža	2500	825	792,5
Dokupljeni substrat	6480	2141,4	1945,2
Skupaj	10000	3125	2683,5

Predpostavili smo pet različnih možnih mešanic substrata za pridobivanje bioplina. Poleg substrata, ki je na voljo v Kobilarni Lipica, smo dodali še dokupljene pomije, travno in koruzno silažo.

Preglednica 4: Izplen bioplina (m^3/leto) iz različnih substratnih mešanic

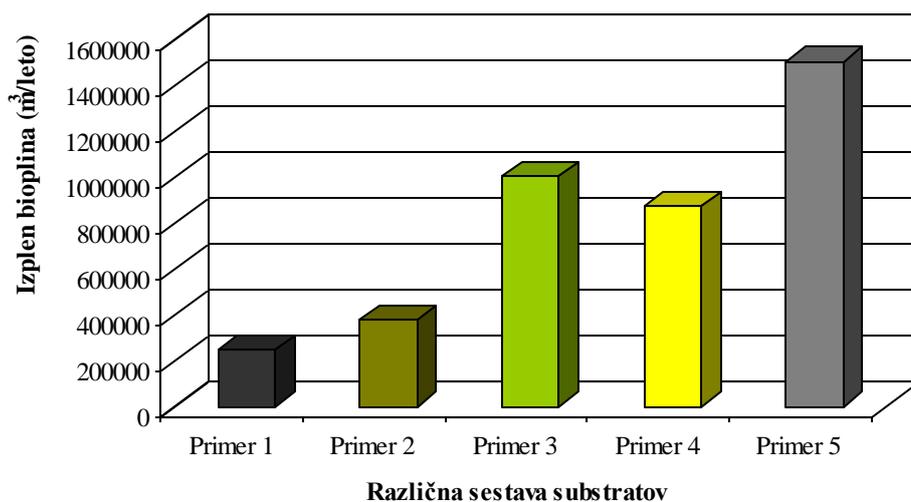
	Količina substrata (t/leto)	Izplen bioplina m^3/leto				
		Primer 1	Primer 2	Primer 3	Primer 4	Primer 5
Konjski gnoj	3500	245000	245000	245000	245000	245000
Pomije	1000	0	130000	130000	130000	130000
Travna silaža	3000	0	0	630000	0	630000
Koruzna silaža	2500	0	0	0	500000	500000
Skupaj	10000	245000	375000	1005000	875000	1505000

V prvem primeru, vnašamo v reaktor le odpadke pridobljene z vzrejo konj, zato je izplen bioplina tudi najmanjši. Pri vsaki nadaljni substratni mešanici dodamo nov substrat, s tem narašča tudi izplen bioplina. Največji izplen dobimo pri peti substratni mešanici, ki vključuje ves razpoložljivi in dokupljeni substrat. V tem primeru znaša skupni izplen bioplina $1505000 \text{ m}^3/\text{leto}$, kar je šestkrat več kot v prvem primeru, kjer je kot substrat vključen samo konjski gnoj. V peti substratni mešanici predstavlja največji delež konjski gnoj, ki ga je 35 %, dokupljene travne silaže je 30 %, 25 % je dokupljene koruzne silaže, najmanjši delež predstavljajo pomije in sicer 10 % (preglednica 4 in slika 6).



Slika 6: Delež posameznih substratov (%) v skupni substratni mešanici

Glede na to, da lahko največji izplen bioplina dobimo iz pete substratne mešanice (preglednica 4), smo pripravili načrt za delovanje bioplinarne, ki bi v Kobilarni Lipica uporabljala tako mešanico substratov.



Slika 7: Letni izplen bioplina (m³) za posamezen sestav substrata

4.1 PREDPOSTAVLJENA BIOPLINSKA NAPRAVA

Na letni ravni bi se v bioplinisko napravo dodalo 10000 ton substratne mešanice, ki vsebuje 3125 t suhe snovi (preglednica 3). Ker je delež suhe snovi kar 31,25 % bo potrebno dodati tehnološko vodo. Tako bo proces teklet nemoteno in bo tehnično izvedljiv, saj delež suhe snovi, zaradi črpalk, ne sme biti višji od 15 %. Potrebno količino tehnološke vode smo izračunali po enačbi 5. V našem primeru bo potrebno dodati 11000 m³ tehnološke vode. Tako vsebnost suhe snovi znižamo na 14,88 %. Zaradi substratne mešanice z visokim deležem celuloze in hemiceluloze (konjski gnoj, travna in koruzna silaža), bo predviden zadrževalni čas 40 dni (Sežun, 2011).

4.2 IZBIRA PRETVORNIKA ENERGIJE

Preglednica 5: Izplen bioplina (m³) iz posameznega substrata mesečno čez celo leto

Meseci v letu	Mesečni izplen bioplina (m ³)				Skupaj
	Konjski gnoj	Pomije	Travna silaža	Koruzna silaža	
Januar	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
Februar	18794,44	9972,48	48328,84	38356,08	115451,84
Marec	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
April	20136,9	10684,8	51780,9	41095,8	123698,4
Maj	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
Junij	20136,9	10684,8	51780,9	41095,8	123698,4
Julij	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
Avgust	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
September	20136,9	10684,8	51780,9	41095,8	123698,4
Oktober	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
November	20136,9	10684,8	51780,9	41095,8	123698,4
December	20808,13	11040,96	53506,93	42465,66	127821,68
	Letni izplen bioplina (m³)				1505000

Količina izplenjenega bioplina in njegova kakovost je odvisna od vhodnega substrata ter tehnološkega postopka proizvodnje bioplina. Največ bioplina bi lahko pridobili iz travne silaže, najmanj pa iz pomij. Skupna mesečna proizvodnja bioplina nikoli ne pade pod 115400 m³ in ne preseže 127830 m³. Povprečno znaša skupni izplen bioplina na mesec 125417 m³. Letno pa naj bi pridobili skupno 1505000 m³ bioplina.

Glavni produkt anaerobne razgradnje je bioplin, za katerega vemo, da ima kurilno vrednost 6 kWh/m³ (Al Seadi in sod., 2010). Pri izračunih se lahko uporablja tudi biometan, ki je očiščen bioplin in ima kurilno vrednost 10 kWh/m³ (Al Seadi in sod., 2010).

Na podlagi količine bioplina smo izbrali dva podobna, a po moči različna pretvornika energije (preglednica 6). Izbrani substratni mešanici bi najbolj ustrezal model motorja Deutz TCG 2016 V 12 C. Glavne značilnosti motorja obeh izbranih sistemov so navedene v preglednici 6, iz katere je razvidno, da imata navedena pretvornika energije proizvajalca

Deutz podobne značilnosti. Izbira pretvornika energije je temeljila na čim višjem skupnem izkoristku.

Preglednica 6: Tehnični podatki pretvornikov energije proizvajalca Deutz (Deutz ..., 2011)

		DEUTZ TCG 2016 V 08 C	DEUTZ TCG 2016 V 12 C
Tip motorja			
Moč motorja	kW	415	620
Vrtilna frekvenca (50 Hz)	min ⁻¹	1500	1500
Energijske lastnosti			
Električna moč	kW	400	600
Električni izkoristek	%	42,2	42
Termični izkoristek	%	45,0	45,7
Skupni izkoristek	%	87,2	87,7
Mere			
Dolžina	mm	3070	3700
Širina	mm	1480	1450
Višina	mm	2280	2200
Masa	kg	4500	5700

4.3 ENERGETSKA BILANCA NAPRAVE

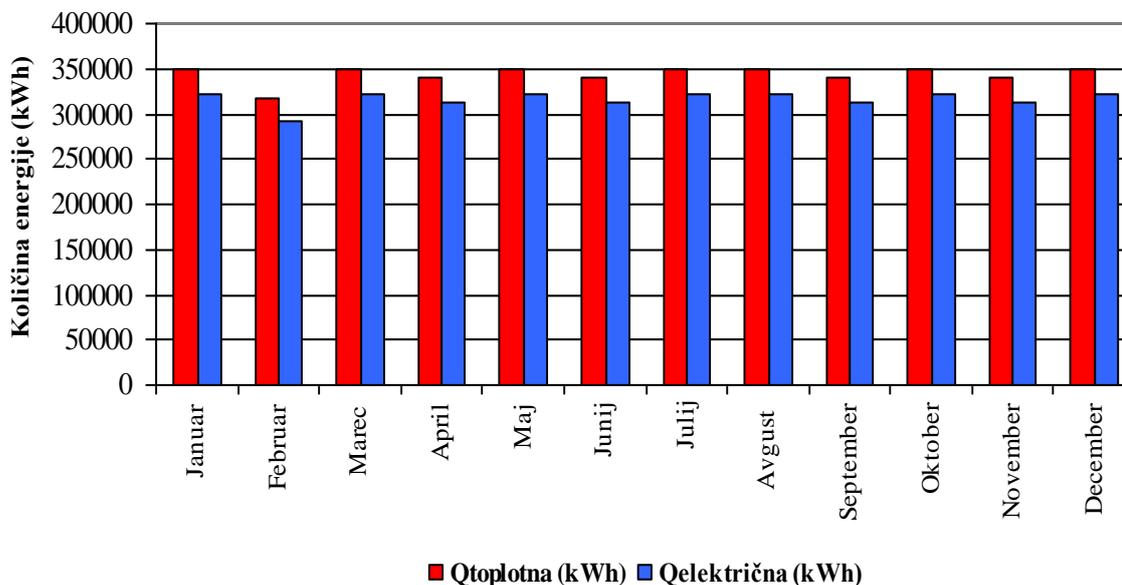
Bioplinska naprava v Kobilarni Lipica naj bi delovala 8040 ur na leto. Letno naj bi proizvedla kar 4126710 kWh toplotne energije in 3792600 kWh električne energije. Zaradi kontinuiranega postopka proizvodnje bioplina, je potrebno reaktor segreti. Približno 30 % pridobljene toplotne energije, naj bi se porabilo za vzdrževanje procesne temperature. Ostalo toplotno energijo bi lahko porabili za ogrevanje poslovnih prostorov Kobilarne Lipica ali za prodajo v toplotno omrežje. Nastalo električno energijo, pa bi Kobilarna Lipica v celoti prodajala Elektro Primorski oziroma podjetjem za transport električne energije.

Z izračuni smo ugotovili predvideno količino mesečno proizvedene toplotne in električne energije z bioplinsko tehnologijo v Kobilarni Lipica. Bioplinska naprava bi delovala v

povprečju 670 ur na mesec. Kot je razvidno iz preglednice 7, bi mesečno povprečno pridobili 343892 kWh toplotne energije in 316050 kWh električne energije.

Preglednica 7: Mesečne obratovalne ure (h), proizvedena količina toplotne in električne energije (kWh) po mesecih čez celo leto

Meseci v letu	Mesečne obratovalne ure (h)	Proizvedena količina energije	
		Q _{toplotna} (kWh)	Q _{električna} (kWh)
Januar	682,8	350488	322111
Februar	616,8	316570	290939
Marec	682,8	350488	322111
April	660,8	339181	311721
Maj	682,8	350488	322111
Junij	660,8	339181	311721
Julij	682,8	350488	322111
Avgust	682,8	350488	322111
September	660,8	339181	311721
Oktober	682,8	350488	322111
November	660,8	339181	311721
December	682,8	350488	322111
Povprečje	670	343892	316050
Skupaj	8040	4126710	3792600

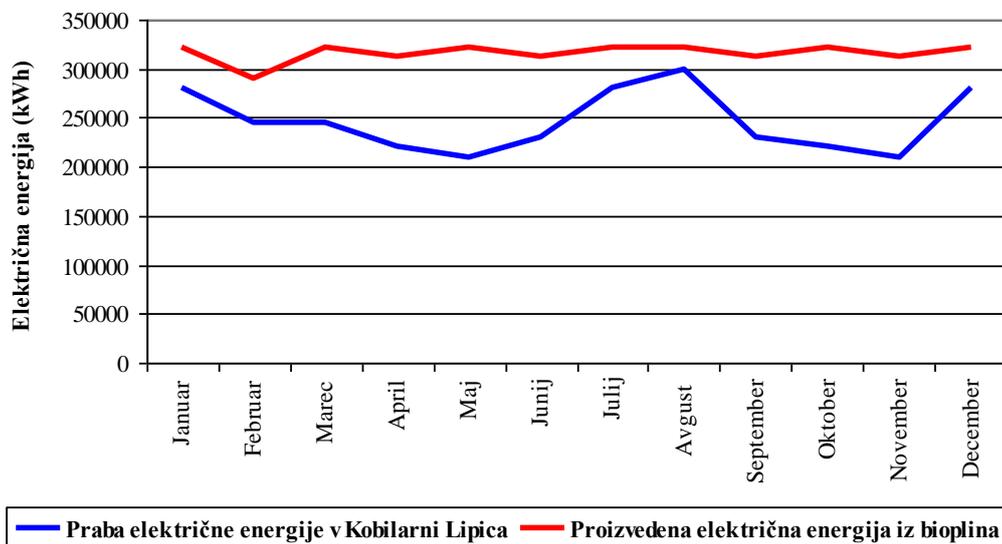


Slika 8: Prikaz proizvedene toplotne in električne energije (kWh) čez celo leto

V preglednici 8 vidimo, da je povprečna mesečna poraba električne energije v Kobilarni Lipica 250000 kWh, to je letno 3000000 kWh. Opaziti je večjo porabo v zimskih in poletnih mesecih. Z bioplinsko tehnologijo bi v Kobilarni Lipica proizvedli kar 3792600 kWh električne energije. Povprečna mesečna proizvodnja električne energije bi znašala 316050 kWh. Ugotovili smo, da bi količina električne energije proizvedene z bioplinsko tehnologijo, za 792600 kWh oziroma za 21 % preseгла potrebe po električni energiji v Kobilarni Lipica (slika 9).

Preglednica 8: Mesečna poraba električne energije v Kobilarni Lipica (kWh) ter mesečna proizvedena električna energija z bioplinsko tehnologijo (kWh)

Meseci v letu	Proizvodnja električne energije (kWh)	Poraba električne energije (kWh)	Razlika (kWh)	Razlika (%)
Januar	322111	280000	42111	13
Februar	290939	240000	50939	17,5
Marec	322111	240000	82111	25,5
April	311721	230000	81721	26
Maj	322111	230000	92111	28,5
Junij	311721	230000	81721	26
Julij	322111	300000	22111	7
Avgust	322111	300000	22111	7
September	311721	240000	73721	24
Oktober	322111	210000	112111	35
November	311721	210000	101721	33
December	322111	290000	32111	10
Povprečje	316050	250000	66050	20,9
Skupaj	3792600	3000000	792600	



Slika 9: Prikaz proizvedene električne energije (kWh) iz bioplina ter poraba električne energije (kWh) v Kobilarni Lipica čez celo leto

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Z bioplinsko napravo bi lahko Kobilarna Lipica pokrila svoje energetske potrebe. Glede na razpoložljivi substrat (konjski gnoj in gospodinjski odpadki hotela) smo ugotovili, da v procesu pridobivanja bioplina ne zadostuje energijskim potrebam (električna in toplotna energija) Kobilarne Lipica. Proizvodnjo bioplina bi lahko povečali z dokupljenim substratom. Združena substratna mešanica, bi tako povečala proizvodnjo bioplina in s tem možnost samooskrbe z energijo ali celo prodajo presežka energije.

Da bi se proces produkcije bioplina finančno izplačal, bi bilo letno potrebno dokupiti vsaj 980 ton pomij (skupaj 1000 ton), 3000 ton travne silaže ter 2500 ton koruzne silaže. Travno silažo bi odkupili od okoliških kmetov ter tako onemogočili zaraščanje kmetijskih površin. Za pomije, koruzno in travno silažo smo se odločili, ker so se nam zdeli medsebojno kompatibilni, poleg tega so lahko razpoložljivi, neproblematični in energetsko bogati.

V kolikor bi uporabili samo konjski gnoj, bi bila za povečanje produkcije bioplina najverjetneje potrebna predobdelava. Glede na dokaj visoko vsebnost lignina, ki znaša nad 15 % (Liao in sod., 2007), lahko sklepamo, da bo tovrsten substrat v procesu anaerobne razgradnje težko razgradljiv. Učinkovitost predobdelave so raziskovali Aslanzadeh in sod. (2011) ter ugotovili, da je bila produkcija bioplina po predobdelavi s pomočjo (N-methylmorpholine oxide) N- metilmorfolin oksida po 5 urah pri 120 °C za 25 % večja, po 15 urah pa za 51 %. S tem so dokazali, da predobdelava igra zelo veliko vlogo pri tovrstnem substratu v produkciji bioplina.

Številni znanstveniki so dokazali, da je izplen bioplina pri konjskem gnoju v primerjavi z drugimi vrstami substrata precej visok, vendar pa zaradi njegovih karakteristik spada med težje razgradljivi substrat. Študija Yusufa in sod. (2011) lepo prikazuje primerjavo goveje gnojevke in konjskega gnoja. Kar se tiče produkcije bioplina, so s pomočjo laboratorijskega testa v saržnem reaktorju, pri mezofilnih pogojih, boljši rezultat dosegli pri konjskem gnoju kot pri goveji gnojevki. Največjo produkcijo bioplina so dosegli pri mešanici goveje gnojevke (25 %) in konjskega gnoja (75 %). Da je produkcija bioplina pri konjskem gnoju večja kot pri goveji gnojevki, potrdijo tudi Kusch in sod. (2008).

V naši raziskavi smo navedli nekaj možnih kombinacij razpoložljivega in dokupljenega substrata. Izračunali smo, da je bila najboljša kombinacija substrata v primeru 5 (preglednica 4), z razpoložljivim kot dokupljenim substratom. Najslabši pa je bil primer 1 (preglednica 4), kjer je substrat predstavljal samo konjski gnoj.

Glede na fizikalne in kemične lastnosti substrata, bi se odločili za kontinuirni pretočni reaktor s popolnim premešanjem. Zaradi visoke vsebnosti suhe snovi, ki znaša 31 %, bi bilo potrebno substratni mešanici dodati vodo. Substratni mešanici, ki bi je bilo 10000 ton, bi dodali še 11000 m³ tehnološke vode, tako bi vsebnost suhe snovi znižali na 14,88 %. V Kobilarni Lipica letno porabijo 53000 m³ vode. Del te vode je odpadne, tako da bi jo lahko koristili kot tehnološko vodo pri proizvodnji bioplina.

Zelo pomemben dejavnik v procesu anaerobne razgradnje je izbira temperaturnega območja (Chaudhary, 2008). Duran in Speece (1997) poročata o boljših rezultatih pri mezofilni temperaturi. V našem primeru smo se odločili za mezofilno območje, saj je iz predhodnih študij dokazano kot bolj učinkovito.

Hidravlični zadrževalni čas je odvisen od fizikalnih in kemijskih lastnosti substrata. Glede na stopnjo razgradljivosti substrata smo se odločili, da bi bil najprimernejši zadrževalni čas 40 dni (Sežun, 2011).

Bioplinska naprava v Kobilarni Lipica naj bi delovala 8040 ur. Letno naj bi proizvedla skupno 1505000 m³ bioplina, iz katerega bi pridobili 4126710 kWh toplotne energije in 3792600 kWh električne energije na leto. 30 % pridobljene toplotne energije, je potrebnih za vzdrževanje procesne temperature. Ostalo toplotno energijo bi lahko porabili za ogrevanje poslovnih prostorov Kobilarne Lipica ali za prodajo v toplotno omrežje. Nastalo električno energijo, bi Kobilarna Lipica v celoti prodajala elektro podjetjem za transport električne energije.

Produkta energetskega izkoriščanja substrata nista samo električna in toplotna energija, ampak tudi organsko gnojilo, ki je primerno za nadaljnjo rabo v kmetijstvu. Z bioplinsko tehnologijo onemogočimo tudi izpust toplogrednih plinov v ozračje.

V zadnjem stoletju in pol se je podoba Krasa izredno spremenila. Iz nekdanj skoraj povsem gole planote, se je spremenil v eno od slovenskih regij z največjim deležem gozda oziroma površin v zaraščanju. Z opuščanjem živinoreje, so se začeli gozdovi nenadzorovano širiti. Predvsem v zadnjih dveh desetletjih smo priča opustitvi košnje travnikov, kar še pospešuje zaraščanje. Iz tega razloga smo se odločili za nakup travne silaže, saj bi to lahko bila možnost zaščite travnikov proti zaraščanju. Obenem je lahko to tudi priložnost za bližnje kmete, ki bi lahko silažo prodajali/oddajali v bližnjo bioplinarno, obenem pa bi koristno porabili ostanke bioplinskega procesa v namen gnojenja travnikov, polj in njiv. Na primorsko-kraškem območju je pridelek travne silaže 9,9 t/ha (Javni razpisi, 2010). V našem primeru, bi dokupili 3000 t travne silaže, kar pomeni, da bi lahko pripomogli k preprečitvi zaraščanja 300 ha površin. Glede na območje, kjer se nahaja Kobilarna Lipica in glede na razpoložljivi substrat za produkcijo bioplina, bi bilo smiselno opraviti še dodatne raziskave ter poiskati najprimernejšo mešanico substrata, ki bi omogočila največji izkoristek.

6 POVZETEK

Namen dela je bil prikazati možnosti za pridobivanje bioplina v Kobilarni Lipica. To smo prikazali na primeru predpostavljene bioplinarne, v katero skupno vstopi 10 000 t substratne mešanice ter 11000 m³ tehnološke vode letno. Največji delež vhodnega substrata predstavlja konjski gnoj, ki ga je 35 % in je razpoložljiv substrat v Kobilarni Lipica. Dokupljene travne silaže je 30 %, 25 % je dokupljene koruzne silaže, najmanjši je delež pomij in sicer 10 %. Mesečna proizvodnja bioplina, ki znaša povprečno 125417 m³ in iz katere pridobimo 4126710 kWh toplotne energije, zadovoljuje zahtevam bioplinske naprave po procesni toploti, višek toplote, bi lahko izkoristili za ogrevanje poslovnih prostorov Kobilarne Lipica ali jo namenili prodaji v toplotno omrežje. Konstanten in enakomeren vnos substratne mešanice in s tem enakomerna proizvodnja bioplina, omogoča proizvodnjo 316050 kWh električne energije na mesec oziroma 3792600 kWh električne energije na leto. Električno energijo bi Kobilarna Lipica v celoti prodajala elektro podjetjem za transport električne energije. Bioplinska naprava v Kobilarni Lipica bi bila vzoren primer, kako bi lahko na najbolj učinkovit in smiseln način uporabili razpoložljive odpadke Kobilarne Lipica in s premišljenim dokupom substrata pripomogli k preprečevanju zaraščanja kraške pokrajine.

7 VIRI

- Aber A. 2007. Vrste bioplinarn. Energetika.NET d.o.o. (22. maj 2007)
<http://www.energetika.net/si/novice/ekonomija/vrste-bioplinarn> (22. feb. 2011)
- Al Seadi T., Bo Holm N. J. 2003. The present and future of biogas in Europe. V: The future of biogas in Europe, II. European Biogas Workshop, University of Southern Denmark, Esbjerg, 2-4 okt. 2003. AL Seadi, T., Bo Holm N. J. (eds.). Odense, University of Southern Denmark: 104-110
- Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., Grmek M., Vertin K., Blaznik I., Jereb J., Domjan S. 2010. Priročnik o bioplinu. Ljubljana, Agencija za prestrukturiranje energetike: 142 str.
- Amon T., Hackl E., Jeremic D., Amon B., Boxberger J. 2002. Biogas production from animal wastes, energy plants and organic wastes. V: Anaerobic Conversion for Sustainability. Proceedings of 9th World Congress Anaerobic Digestion, Antwerpen, Belgium, 2-6 September, 2001. VanVelsen J.B., Lubberding H. (eds.). London, IWA Publishing: 381-386
- Anderson K., Sallis P., Uyanik S. 2003. Anaerobic treatment processes. V: The Handbook of Water and Wastewater Microbiology. Mara D., Horan N. (eds). London, Academic Press: 391-426
- Angelidaki I., Chen X., Cui J., Kaparaju P., Ellegaard L. 2006. Thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic fraction of household municipal solid waste: star procedure for continuously stirred tank reactor. *Water Research*, 40, 14: 2621-2628
- Aslanzadeh S., Taherzadeh M. J., Horváth I. S. 2011. Pretreatment of straw fraction of manure for improved biogas production. *BioResources*, 6, 4: 5193 - 5205
http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/viewFile/BioRes_06_4_5193_Aslanzadeh_TS_Pretreat_Traw_Manure_Biogas/1270 (20. jan. 2012)
- Bajželj B. 2007. Anaerobna razgradnja kot obnovljiv vir energije. V: Obnovljivi viri prihodnosti. Bled, 2007. Purgar M. (ur.). Kranj, Forum o obnovljivih virih in učinkoviti rabi energije: 23-29
- Bernik R., Zver A. 2005. Uporaba obnovljivih virov energije - OVE v Sloveniji. V: Obnovljivi viri energije : razvojne možnosti, njihov vpliv na okolje in vloga lokalnih skupnosti: javna predstavitev mnenj. Fon B. (ur.). Ljubljana, Državni zbor, Odbor za okolje in prostor: 187-200

- Bioplin-zeleni vir obnovljive energije. Uporaba sosubstatov za učinkovito proizvodnjo bioplina. 2005. Ljubljana, Društvo za energetska ekonomiko in ekologijo: 2 str. <http://www.aure.si/dokumenti/gef/novice/BIOPLIN-POSTOJNA.pdf> (26. okt. 2010)
- Braun R. 2007. Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. V: Improvement of crop plants for industrial end-uses. Ranalli P. (eds.). Berlin, Springer: 335-416
- Burke P.E., Dennis A. 2001. Dairy waste anaerobic digestion handbook. Environmental Energy Company. <http://www.makingenergy.com/Dairy%20Waste%20Handbook.pdf> (12. dec. 2010)
- Capela I.F., Azeiteiro, C., Arroja, L., Duarte, A.C. 2000. Effects of pre-treatment (composting) on the anaerobic digestion of primary sludges from a bleached kraft pulp mill. V: Anaerobic Digestion of Solid Waste II. 2nd International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste, Barcelona, 15-18 jun. 1999. Mata-Alvarez A. Tilche A., Cecchi F. (eds.). London, IWA Publishing: 113-120
- Chaudhary B.K. 2008. Dry continuous anaerobic digestion of municipal solid waste in thermophilic condition. Thailand, Asian Institut of Technology, School of Environment, Resources and Development: 139 str. <http://www.faculty.ait.ac.th/visu/Data/AIT-thesis/Master%20Thesis%20final/Binod.pdf> (9. mar. 2011)
- Chen Y., Cheng J.J., Creamer K.S. 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Tehnology*, 99, 10: 4044-4064
- Cho, J.K., Park, S.C., 1995. Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of Korean food wastes. *Bioresource Tehnology*, 52, 3: 245-253
- Cuetosa M. J., Gomez X., Oterob M., Morana A. 2008. Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste (SHW) at laboratory scale: Influence of co-digestion with the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). *Biochemical Engineering Journal*, 40, 1: 99-106
- Dulbić M. 1986. Biogas: dobijanje korišćenje i gradnja uređaja. Beograd, Tehnička knjiga: 172 str.
- Deublein D., Steinhauser A. 2008. Biogas from waste and renewable resources: an introduction. Weinheim, Wiley-VCH: 443 str.
- Deutz Power Systems. TCG 2016 K. 2011. <http://www.spnergy.com/assets/download/tcg-2016k.pdf> (24. feb. 2011)

- Duran M., Speece R.E. 1997. Temperature staged anaerobic processes. *Environmental Technology*, 18,7: 747-754
- Energetska izraba bioplina. 2003. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo. Agencija Republike Slovenije za učinkovito rabo energije (16. sep. 2003). <http://www.aure.si/dokumenti/Izraba%20bioplina.pdf> (25. okt. 2010)
- Energy from grass and other energycrops. Technical, economical and ecological aspect. 2001. Vienna, Vienna University of Tehnology: 11 str.
- Fehrenbach H., Giegrich J., Reinhardt G., Sayer U., Gretz M., Lanje K., Schmitz J. 2008. Kriterien einer nachhaltigen Bioenergienutzung im globalen Maßstab. UBA-Forschungsbericht, 206: 41–112
- Ghosh, S. 1997. Anaerobic digestion for renewable energy and environmental restoration. V: *Anaerobic Digestion VIII. The 8th IAWQ International Conference on Anaerobic Digestion*, Sendai, 25-29 maj 1997. Nioke T., Tilche A., Hanaki K. (eds.). London, IWA Publishing:
- Grepmeier M. 2002. Experimentelle Untersuchungen an einer zweistufigen fuzzy-geregelten anaeroben Abwasserreinigungsanlage mit neuartigem Festbettmaterial. Dissertation. München, Lehrstuhl für Energie – und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie der Technischen Universität München: 189 str. http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=967133629&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=967133629.pdf (27. okt. 2010)
- Hansen K. H., Angelidaki I., Ahring B. K. 1998. Anaerobic digestion of swine manure: inhibition by ammonia. *Water Research*, 32, 1: 5-12
- Javni razpisi. Katalog kalkulacij. Poljedelstvo in travinje. 2010. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije (4. jun. 2010). http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/JAVNI_Razpisi/JR_311_jun10/1Katalog_kalkulacij.pdf (25. mar. 2011)
- Khanal S.K.. 2008. Overview of Anaerobic Biotechnology. V: *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications*. Khanal S.K. (ed.). Ames, John Wiley & Sons, Inc.: 1-27
- KIS – kmetijski inštitut Slovenije. 2010. Lista substratov in njihove lastnosti. http://www.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biogas/substratna_lista_2008.pdf (20. apr. 2011)

- Kozamernik J. 2006 . Lipiška izjemna kulturna krajina. http://lipicanci.com/wp-content/uploads/2009/09/2_lipiska-izjemna-kulturna-krajina.pdf (25. mar. 2011)
- Kusch, S., Oechsner, H., Jungbluth, T. 2008. Biogas production with horse dung in solid-phase digestion systems. *Bioresource Technology*, 99, 5: 1280–1292
- Lastella G., Testa C., Cornacchia G., Notornicola M., Voltasio F., Sharma, V. K. 2002. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. *Energy Conversion and Management*, 43, 1: 63–75
- Lema J.M., Omil F. 2001 Anaerobic treatment: a key technology for sustainable management of wastes in Europe. *Water Science and Technology*, 44: 133-140
- Lesteur M., Bellon V. M., Gonzalez C., Latrille E., Roger J.M., Junqua G., Steyer J.P., 2010. Alternative methods for determining anaerobic biodegradability: a review. *Process Biochemistry*, 45, 4: 431–440
- Liao W., Frear C., Chen S. 2007. Biomass inventory technology and economics assessment. Report 1. Characteristics of Biomass. Washington, Washington State University, Center for Bioproducts and Bioenergy: 50 str.
- Medved S., Arkar C. 2009. Biomasa. V: Energija in okolje: obnovljivi viri energije. Ljubljana, Zdravstvena fakulteta, Projekt Concerto Remining-Lowex: 82-110
- Medved S., Novak P. 2000. Biomasa. V: Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 158–162
- Medved M., Rečnik Ž., Burica O., Cerar P. 2005. Anaerobna konfermentacija organskih kuhinjskih odpadkov iz hotelov in drugih obratov, maščob in floatov ter odvišnega blata v gniliščih CČN Domžale-Kamnik. V: Tehnologija ravnanja z biorazgradljivimi odpadki: zbornik 6. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo. Gospodarjenje z odpadki, Ljubljana, 22. sept. 2005. Kortnik J. (ur.). Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: 30-39
- Mohana S., Acharya B.K., Madamwar D. 2008. Distillery spent wash: Treatment technologies and potencial applications. *Journal of Hazardous Materials*, 163, 1: 12-23
- Načrt upravljanja Kobilarne Lipica. 2010. Lipica, Kobilarna Lipica: 80 str. <http://www.lipica.org/si/files/default/PravnaSluzba/NU%202010-2014.pdf> (22. feb. 2011)
- Nakakubo R., Moller H. B., Nielsen A. M., Matsuda J. 2008. Ammonia inhibition of methanogenesis and identification of process indicators during anaerobic digestion. *Environmental Engineering Science*, 25, 10: 1487-1496

- Nekrep F. V. 1992. Anaerobna tehnologija čiščenja. V: Biotehnologija. Raspor R. (ur.). Ljubljana, Bia: 539-550
- Oleszkiewicz J.A., Poggivaraldo H.M. 1997. High-solids anaerobic-digestion of mixed municipal and industrial-waste. *Journal of Environmental Engineering*, 123, 11: 1087–1092
- Papler J., Juričič Đ. 2010. Izkoriščanje bioplina v goriški regiji (1. del). *EGES: energetika, gospodarstvo, ekologija Slovenije*, 5: 64-69
- Polprasert C. 1996. *Organic waste recycling: technology and management*. Chichester. J. Wiley & Sons: 357 str.
- Sežun M. 2011. Razvoj proizvodnje bioplina iz lignoceluloznih substratov. Doktorsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 115 str.
- Sežun M., Osojnik Črnivec I.G., Marinšek Logar R. 2009. Vpliv velikosti delcev organskih komunalnih odpadkov na proizvodnjo bioplina. *Acta Agriculturae Slovenica*, 94, 1: 1-7
- Šumenjak Sabol B. 2007. Biomasa – vir energije za Slovenijo. V: Zbornik predavanj. Mednarodni simpozij Bioplin, tehnologija in okolje, Rakičan, Murska Sobota, 29. nov. 2007. Lakota M., Tušar R. (ur.). Maribor, Fakulteta za kmetijstvo: 18-20
- Tillamook.1999. Anaerobic digester a success at dairy farm. *BioCycle*, 40, 3: 18
- Vandevivere P., De Baere L., Verstraete W. 2002. Types of anaerobic digesters for solid wastes. Adelaide, The University of Adelaide: 31 str. http://www.adelaide.edu.au/biogas/anaerobic_digestion/pvdv.pdf (25. mar. 2011)
- Wilkie, A. C. 2000. Reducing Dairy Manure Odor and Producing Energy. *BioCycle* 41, 9: 48-50
- Yusuf M. O. L., Debora A., Ogheneruona D. E. 2011. Ambient temperature kinetic assessment of biogas production from co-digestion of horse and cow dung. *Research in Agricultural Engineering*, 57, 3: 97-104 <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/47422.pdf> (20. jan. 2012)
- Zver A. 2009. Uporaba nekaterih vrst iz rodu sirkov (*Sorghum* (Moench)) in japonskega dresnika (*Fallopia japonica* (Hout) ronse decraene) za proizvodnjo bioplina v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 75 str.

ZAHVALA

Najprej bi se rada zahvalila svojemu mentorju prof. dr. Rajku Berniku za vse dragocene nasvete, potrpežljivost in pomoč pri nastanku mojega diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi recenzentki prof. dr. Romani Marinšek Logar in predsedniku komisije prof. dr. Ivanu Štuhcu za strokovni pregled in kritično presojo diplomske naloge.

Zahvaljujem se dr. Nataši Siard za pregled in pomoč pri oblikovanju naloge, ter gospe Karmeli Malinger za lektoriranje angleškega izvlečka.

Velika zahvala gre sošolki in prijateljici Miji Sežun za vso pomoč, nasvete, popravke, deljenje izkušenj in vsakodnevne doze optimizma ter za nepozabne trenutke v času študija.

Iz srca se zahvaljujem Jani Movija za vso pomoč pri iskanju literature ter lektoriranju in za vso njeno spodbudo, ki sem jo med nastajanjem diplomskega dela zelo potrebovala.

Alešu Zveru se zahvaljujem za njegove razlage in pojasnjevanja.

Dolores in Matjažu Kljun se zahvaljujem za prevod povzetka.

Hvala vsem, ki so kakorkoli pomagali pri nastajanju tega diplomskega dela.

Največjo zahvalo pa izrekam mojim najdražjim. Staršem ter sestri, ki so mi omogočali študij, mi vedno stali ob strani, mi vlivali novih moči, predvsem pa niso obupali nad mano. Franko, tebi pa hvala za pomoč in podporo ter vzpodbudo tudi med študijem, za dar tvojega optimizma in za tvoje potrpljenje ter tebi Martin za neizmerno ljubezen, veselje ter za čas, ko nisem bila s tabo. Brez vas mi ne bi uspelo priti do konca. HVALA VAM!

PRILOGE

Priloga A:

Lista substratov in njihove lastnosti (KIS, 2010)

Substrati	Enota	Substrat	Sušina - suha snov	Suha organska	m ³ CH ₄ / t suhe	Metan	(Nemški) stroški	N	P2O5	m ³ bioplina/t	Kategorija
		[t/enota]	[% od svežega]	snov [% od sveže]	organske snovi		[EUR/enota]	[kg/t]		substrata	substrata
Silaža lucerne	ha	30	35,0%	29,8%	290	55,5%	700,00 €	7	3	160	Silaža
Zivalska kri	t	1	18,0%	17,3%	440	71,0%		19	0,6	110	
Jabolčna kaša	t	1	2,5%	2,4%	330	60,0%		2	1	10	Odpad destil.
Jabolčna mezga	t	1	25,0%	21,5%	420	60,0%				150	Agroživilstvo
Pivska usedlina	t	1	25,0%	23,8%	320	59,0%		7	3	130	Agroživilstvo
Krmna moka	t	1	90,0%	86,4%	370	70,9%		95	3	450	Agroživilstvo
Kakavove luščine	t	1	95,0%	86,5%	420	60,0%				610	
Gnojevka	GVZ	20	10,0%	8,5%	220	55,0%		3,5	1,7	30	
Hlevski gnoj	GVZ	11	25,0%	22,0%	250	60,0%		7	2	90	
Mleti koruzni storži	ha	20	60,0%	59,0%	350	52,7%	750,00 €	7,2	4	390	Silaža
Zitno zrnje (splošno)	t	1	87,0%	84,4%	365	53,0%	100,00 €	12	7	580	Zrnje
Zitna kaša (drozga)	t	1	9,5%	8,4%	330	62,0%		2	1	40	Odpad destil.
Zitna silaža	ha	35	38,0%	35,3%	260	52,5%	900,00 €	4	2,5	180	Silaža
Perutninski gnoj z nastiljem	GVZ	15	32,0%	24,0%	350	65,0%				130	
Perutninski gnoj (suh)	GVZ	8	45,0%	33,0%	300	65,0%		30		150	
Perutninska gnojevka	GVZ	22	14,0%	11,0%	300	60,0%		12	8	60	
Silaža iz detelj	ha	25	35,0%	30,1%	300	56,0%	600,00 €	8	2,8	180	Silaža
Kavna usedlina	t	1	31,0%	30,5%	230	60,0%				120	
Ogrščična pogača (15 % maščob)	t	1	91,0%	84,6%	430	62,5%		38	25	580	Agroživilstvo
Koruzno zrnje (suh)	ha	11	87,0%	85,3%	365	52,8%	1.100,00 €	10	8	590	Zrnje
Koruzno zrnje (vlažno)	ha	15	60,0%	58,8%	372	53,0%	1.100,00 €	7	4	410	Zrnje
Koruzna silaža	ha	45	33,0%	31,7%	33,0	52,5%	1.100,00 €	3	1,5	200	Silaža
Koruznica	t	1	86,0%	61,9%	468	52,0%				560	
Račja gnojevka	GVZ	22	15,0%	12,0%	300	60,0%		12	8	60	
Siliran bob	ha	30	40,0%	37,6%	285	54,6%	700,00 €	9	3	200	Silaža
Silirana krmna pesa	ha	90	11,0%	10,0%	468	53,0%	800,00 €	1,7	0,3	90	Silaža
Siliran krmni grah	ha	30	35,0%	29,9%	294	55,8%	700,00 €			160	Silaža
Silirano listje sladkorne pese	t	1	18,0%	14,4%	330	54,4%	400,00 €	3,2	1	90	Silaža
Silirana sladkorna pesa	ha	50	21,0%	20,5%	400	53,0%	880,00 €	1,6	0,4	150	Silaža
Silirano listje repe	t	1	15,0%	11,9%	300	54,2%	400,00 €			70	Silaža
Maščoba od cvrtja	t	1	95,0%	87,4%	680	68,0%				870	
Plavajoča maščoba	t	1	15,0%	13,5%	680	68,0%		3	1,5	140	Biodpadki
Listje	t	1	85,0%	69,0%	250	60,0%				290	
Ostanki hrane	t	1	18,0%	16,6%	500	61,9%		6	1,5	130	
Sadna mezga	t	1	45,0%	41,9%	369	60,0%				260	Agroživilstvo
Ostanki čiščenja zrnja	t	1	85,0%	82,0%	461	54,0%		15	1,5	700	Agroživilstvo
Glicerin	t	1	100,0%	99,5%	900	65,0%				1380	Agroživilstvo
Grenivkina mezga	t	1	40,0%	34,0%	400	60,0%		3	2	230	Silaža
Travna silaža	ha	35	38,0%	33,8%	38,0	54,0%	800,00 €	7,5	3,4	210	Silaža
Mast iz zajetja odtokov	t	1	30,0%	27,0%	680	68,0%		1,5	0,4	27,0	Biodpadki
Ostanki zelene rezi	ha	15	60,0%	55,0%	80	53,0%				80	

Ržena silaža	ha	25	25,0%	22,3%	310	54,0%	700,00 €	4	2	130	Silaža
Konjski gnoj	GVZ	9	28,0%	21,0%	190	55,0%		4	1	70	
Odpadne vode iz gospodinjstva	t	1	3,0%	2,0%	200	65,0%				6	Biodpadki
Vmesni dosevki na splošno	ha	5	35,0%	32,0%	300	54,0%	300,00€	2,5		180	Silaža
Ostanki košnje zelenic	t	1	25,0%	20,5%	350	55,0%				130	
Zivalsko lepilo	t	1	42,0%	38,0%	60,0	60,0%		4	0,5	630	Biodpadki
Črevesna vsebina	t	1	20,0%	18,0%	500	60,0%				150	
Kaša, drozga (splošno)	t	1	6,0%	5,2%	360	56,3%		2	1	30	Agroživilstvo
Medicinske rastline (ekstrahirane)	t	1	53,0%	29,2%	390	60,0%				190	
Melasa	t	1	80,0%	76,0%	300	60,0%				380	
Zrna ovs	ha	6	87,0%	84,1%	320	54,1%	700,00 €	12	7	500	Energ.rastline
Ovsena silaža	ha	18	33,0%	29,7%	320	53,5%	500,00 €	4,2	3	180	Silaža
Star kruh	t	1	55,0%	53,0%	450	55,0%		11		430	
Oljne pogače	t	1	92,0%	89,2%	420	60,0%				620	Agroživilstvo
Čebulni olupki	t	1	82,0%	54,9%	320	65,0%				270	Biodpadki
Čebula	t	1	9,6%	9,0%	600	65,0%	500,00 €	0,8	0,6	80	
Organski odpadki	t	1	40,0%	20,0%	370	60,0%		4,5	2	120	Biodpadki
Krompirjevka	t	1	25,0%	19,8%	504	60,0%				170	
Krompirjeva pulpa	t	1	6,0%	5,2%	360	56,3%		2	1	30	Agroživilstvo
Krompirjevi olupki	t	1	10,8%	9,9%	300	51,7%		1,9	0,6	60	
Krompir	t	1	22,0%	20,7%	400	51,5%	500,00 €	2,4	1,2	160	
Deževnica in pronicajoča voda	t	1	0,0%	0,0%	0	0,0%	- €	0	0	0	
Ogrščične tropine	t	1	89,0%	81,9%	360	59,8%		41	24	490	Agroživilstvo
Ogrščično seme	ha	3,5	88,0%	83,6%	500	65,7%	840,00 €			640	Energ. rastline
Silaža iz ogrščice	ha	11	16,0%	13,1%	360	55,5%	800,00 €	3,2	1,5	90	Silaža
Silaža iz črne detelje	ha	30	30,0%	26,1%	3030	55,3%	700,00 €	5,8	2,2	140	Silaža
Vsebinska vampa (ne obdelana)	t	1	15,0%	12,6%	300	60,0%				60	Biodpadki
Rž v zrnju	ha	7	87,0%	85,3%	365	52,0%	700,00 €	11	6,5	600	Energ. rastline
Silirana ljujka (Lolium)	ha	35	35,0%	30,1%	320	54,6%	800,00 €	6,25	3,3	180	Silaža
Blato čistilnih naprav	t	1	4,0%	2,8%	315	60,0%				10	Biodpadki
Ovčji gnoj	GVŽ	11	30,0%	24,0%	250	55,0%				110	
Vsebinska prebavil (prašiči)	t	1	14,0%	11,5%	252	60,0%				50	
Zelena masa iz obcestnih robov	t	1	30,0%	28,0%	200	55,0%	30,00 €	8		100	
Slama (pšenična)	ha	6	86,0%	80,8%	200	51,0%		3,5	1,5	320	
Silaža iz sudanske trave	ha	50	22,0%	20,5%	254	52,0%	700,00 €	3	1	100	Silaža
Silirane sončnice	ha	9	22,5%	20,1%	230	55,0%	800,00 €	3,5	0,5	80	Silaža
Prašičja gnojevka	GVŽ	13	7,0%	6,0%	280	60,0%		3,5	2,5	30	Gnojilo
Tritikala v zrnju	ha	8	87,0%	85,3%	360	52,4%	800,00 €	12	6,5	590	Energ. rastline
Silirana tritikala	ha	20	34,3%	31,7%	300	53,0%	800,00 €	6,3	0,8	180	Silaža
Puranji gnoj	GVŽ	10	55,0%	46,0%	220	55,0%		18	3,5	180	
Silaža iz repe (splošno)	ha	60	15,0%	12,8%	365	54,0%	800,00 €	2,2	1,45	90	Silaža
Ostanki zelenjadnic	t	1	13,0%	10,8%	400	62,0%				70	
Usedlina pri destil. pesne melase	t	1	63,0%	33,4%	270	60,0%				150	
Voda	t	1	0,0%	0,0%	0	0,0%	- €	0	0	0	
Pšenična zrna	ha	7	87,0%	85,3%	370	52,8%	800,00 €	13,5	7,5	600	Energ. rastline
Pšenična kaša, drozga	t	1	6,0%	5,6%	350	58,9%				30	Agroživilstvo
Pšenična silaža	ha	32	38,3%	34,9%	300	53,0%	800,00 €	4,4	2,7	200	Silaža
Sirotk	t	1	5,5%	4,7%	510	60,0%				40	Agroživilstvo

