



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jaka KAPŠ

ANALIZA DELOVANJA BIOPLINSKE NAPRAVE

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jaka KAPŠ

ANALIZA DELOVANJA BIOPLINSKE NAPRAVE

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij - 1. stopnja

ANALYSIS OF BIOGAS PLANT FUNCTIONING

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2010

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovalaizr. prof. dr. Rajka BERNIKA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Borut BOHANEČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

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

Član: doc. dr. Rok MIHELIC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 24. 9. 2010

Diplomski projekt je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Jaka KAPŠ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 620.925:621.311.24:620.336.6(043.2)
KG	alternativni viri energije/bioplín/metán/bioplinske naprave/analiza delovanja
AV	KAPŠ, Jaka
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2010
IN	ANALIZA DELOVANJA BIOPLINSKE NAPRAVE
TD	Diplomski projekt (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
OP	VIII, 20 str., 7 pregl., 8 sl., 14 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Bioplín postaja v zadnjem času vse pomembnejši na področju izkoriščanja alternativne energije v svetu in pri nas. Bioplín je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju v bioplinski napravi. Razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih mikroorganizmov – bakterij. Bioplín lahko proizvedemo skoraj iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadovoljivo razmerje med ogljikom in dušikom. Bioplín nastane s postopkom anaerobnega vrenja v posebni posodi, ki jo imenujemo reaktor. Anaerobno vrenje je biološki proces, v katerem bakterije razgradijo organske odpadke brez prisotnosti kisika. Produkti, ki nastanejo, so nevarni za okolico, ker vsebujejo pline, ki povzročajo »efekt tople grede«. Največji delež plinov pri anaerobnem vrenju ima metán, ki ga sežigamo (proizvodnja energije), pri tem pa dobimo ogljikov dioksid in vodo. Trenutno bioplín največ uporabljajo v kogeneratorskih enotah (sočasna proizvodnja električne in toplotne energije) na družinskih kmetijah, smetiščih, napravah za čiščenje odpadnih voda itd. V nekaterih evropskih državah bioplín uporabljajo za pogon motornih vozil, bioplín pa uvajajo tudi v javno plinsko mrežo. Bioplín so začeli bolj masovno izkoriščati ob koncu sedemdesetih let prejšnjega stoletja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDC 620.925:621.311.24:620.336.6(043.2)
- CX alternative energy sources/biogas/methan/biogas plants/anaalysis
- AU KAPŠ, Jaka
- AA BERNIK, Rajko (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2010
- TY ANALYSIS OF BIOGAS PLANT FUNCTIONING
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO VII, 20 p., 7 tab., 8 fig., 14 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB Nowadays biogas is getting very important in the area of exploiting alternative energy in Slovenia and in the world. Biogas is a gas, produced by biological breakdown of organic matter in the absence of oxygen in a process called anaerobic digestion, which happens in a biogas plant. Anaerobic digestion of the biomass and manure is caused by microorganisms - bacteria. Biogas can be produced from almost every organic material, which contains adequate proportion of carbon and nitrogen. Biogas is produced by an aerobic digestion of biodegradable materials utilizing aerobic digesters. Anaerobic digestion is a series of biological processes in which microorganisms break down biodegradable material in the absence of oxygen. Products that we get with an aerobic digestion are dangerous for the environment, because of the gasses that cause the green house effect. Methane has the biggest share of gasses that we get from anaerobic digestion. For energy production we use methane for burning and we get carbon dioxide and water out of it. Biogas is mostly used in cogeneration (simultaneously generating electricity and useful heat) on family farms, landfills, devices for cleaning sewage etc. In some European countries biogas is used to power motor vehicles and is getting introduced in public gas services. The massive exploitation of biogas began in the late seventies of the past century.

KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	II
	KEY WORDS DOCUMENTATION.....	III
	KAZALO VSEBINE.....	IV
	KAZALO PREGLEDIC.....	V
	KAZALO SLIK.....	VI
	OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	VII
1	UVOD	1
1.1	ANAEROBNA FERMENTACIJA	1
1.2	BIOPLINSKA NAPRAVA	2
1.3	BIOPLINSKE NAPRAVE NA KMETIJAH	2
2	BIOPLIN V SLOVENIJI	5
2.1	MOŽNOST UPORABE BIOPLINA V SLOVENIJI	6
2.2	RAZPOLOŽLJIVOST SUROVINE V SLOVENIJI	7
2.2.1	Kmetijske surovine	7
2.2.2	Komunalni odpadki	8
2.2.3	Komunalne odplake	8
2.3	TEHNOLOŠKI POSTOPEK ZA PROIZVODNJO	9
2.3.1	Diskontinuirni postopek (postopek z enkratno polnitvijo reaktorja)	9
2.3.2	Kontinuirani postopek dovajanja organske mase v reaktor	10
3	ANALIZA DELOVANJA BIOPLINSKE NAPRAVE	11
3.1	OPIS KMETIJE	11
3.2	VZREJA ŽIVALI	11
3.3	VRSTA VNESENE ORGANSKE MASE	12
3.4	VNOS ORGANSKE MASE	13
3.5	VNOS ORGANSKIH SUHIH SNOVI (SESTAVINA ORGANSKE MASE)	14
3.6	PREOSTALA ORGANSKA MASA	15
3.7	IZPLEN PLINA	15
3.7.1	Pretvorba bioplina v električno in toplotno energijo	16
3.8	ENERGETSKA BILANCA NAPRAVE	17
3.8.1	Splošna energetska bilanca bioplinske naprave	17
4	SKLEPI	19
5	VIRI	19
	ZAHVALA	
	PRILOGA	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Vrsta živali, količina vnesene organske mase ter izplen plina v reaktorju in drugem reaktorju ter skupni vnos substratov in skupni izplen plina iz vzreje živali (Analiza ..., 2010).....	11
Preglednica 2: Vrsta vnesenih organskih mas (t oz. m ³ /leto), način vnosa ter izplen plina v reaktorju (m ³) in drugem reaktorju (m ³) za organsko maso rastlinskega izvora (Analiza ..., 2010).....	12
Preglednica 3: Količina vnesenega posamezne organske mase (m ³) mesečno skozi leto (Analiza ..., 2010).....	13
Preglednica 4: Količina vnesene OSS (organske suhe snovi) (kg) v reaktor skozi celo leto glede na vrsto organske mase (Analiza ..., 2010).....	14
Preglednica 5: Količina preostale organske mase (m ³) v posameznih mesecih za vsako vrsto vnesene organske mase(Analiza ..., 2010).....	15
Preglednica 6: Izplen plina (m ³) iz posamezne organske mase mesečno skozi celo leto (Analiza ..., 2010).....	16
Preglednica 7: Prikaz količine vnosa energije, obratovalnega časa, lastne porabe ter količino nastale energije za posamezen mesec skozi celo leto (Analiza ..., 2010).....	18

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Naprava za pridobivanje in izrabo bioplina iz živinoreje (Obnovljivi viri energije, 2000).....	4
Slika 2: Lokacija obstoječih bioplinarn; stanje leta 2010 (Poje, 2010).....	6
Slika 3: Razporeditev organskih komunalnih odpadkov (tone) v Sloveniji (Potencial bioplina v Sloveniji, 2009).....	8
Slika 4: Reaktor s plinohramom (Analiza ...; 2010).....	10
Slika 5: Prikaz števila živali, količino vnosa organske mase ter količino izplenjenega plina (Analiza ..., 2010).....	12
Slika 6: Prikaz količine vnesenega substrata za posamezno vrsto substrata skozi celo leto	13
Slika 7: Prikaz količine vnesene organske suhe snovi (kg) s posamezno vrsto substrata skozi celo leto (Analiza ..., 2010).....	14
Slika 8: Prikaz količine izplenjenega plina (m ³) za posamezno vrsto organske mase skozi celo leto (Analiza ..., 2010).....	17

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

(a)	E bruto (dnevno proizvedena energija iz substrata (kWh/d) (vhod substrata)
(b)	E bruto (dnevno proizvedena energija iz substrata (kWh/d) (izhod iz reaktorja)
ARSKTRP	Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja
C_{TS}	suha snov v substratu (%)
d	dan
$E_{bruto (max)}$	maksimalna možna energija iz organske substance (kWh/d)
E_{bruto}	dnevno proizvedena energija iz substrata (kWh/d)
GVŽ	glava velike živali
h	ura
Ha	hektar
in sod.	in sodelavci
kg	kilogram
kW	kilovat
kWh	kilovatna ura
l	liter
L_R	moč reaktorja
m^3	kubični meter
m_S	dnevni (dotok, odtok) substrata (m^3/d)
OSS	organska suha snov
Q el.	električna energija [kWh]
Q topl.	toplotna energija [kJ]
SPTE	soproizvodnja toplote in električne energije
SS	suha snov
t	tona
t_V	teoretični zadrževalni čas substrata v reaktorju (d)
V_G	dnevno proizvedeni bioplin (m^3/d)
V_{Gmax}	maksimalna možna dnevna proizvodnja bioplina (m^3/d)
V_{REA}	volumen reaktorja (m^3)
η_e	skupni inducirani in mehanski izkoristek motorja
η_R	izkoristek reaktorja (%)
η_t	toplotni izkoristek pretvornika

1 UVOD

Bioplin je univerzalni in obnovljivi nosilec energije. Bakterije proizvajajo v kontroliranih postopkih iz biogenih surovin visokoenergetski bioplin in dragoceno organsko gnojilo. Bioplin je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju v napravi, ki jo imenujemo digester oziroma fermentor. Razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih organizmov, kot so bakterije in plesni. Bioplin, ki nastaja tekom procesa, ali anaerobne fermentacije, je podoben zemeljskemu plinu in je primeren za uporabo v motorjih z notranjim izgorevanjem za proizvodnjo toplote in elektrike. Količina proizvedenega metana je odvisna od vrste živalskih ekskrementov, konstrukcije bioplinske naprave in vodenja procesa fermentacije ter obratovanja. Bioplin lahko pridobimo iz organske biomase (koruza, travniška trava, detelja, krmna pesa ...) (Bitenc in Srt, 2010).

Bioplin nastane pri anaerobnem vrenju organskih snovi, kot so hlevski gnoj, gnojnica, energetske rastline, organski odpadki, odpadki klavnic. V primeru, da proces gnitja opravljamo pri točno določenih pogojih, se začne sproščati bioplin. V bioplinskih napravah je možno uporabljati vse organsko-biološke snovi, katerih sestava se pod delovanjem mikroorganizmov spreminja (Bitenc in Srt, 2010).

V bioplinu so prisotne gorljive in negorljive snovi. Sestava je močno odvisna od organskih snovi, ki nastopajo pri procesu fermentacije. Kvaliteto bioplina podaja koncentracija metana, kar pa lahko izboljšujemo z zmanjševanjem deleža negorljivih snovi. Ponavadi gre tu za odstranjevanje ogljikovega dioksida in žveplovodika, ki pri izgorevanju tvori žveplov dioksid, ta pa v povezavi z vodo tvori korozivno žveplovo kislino. Koncentracija metana v bioplinu je med 50 in 75 odstotkov, koncentracija ogljikovega dioksida med 25 in 50 odstotkov, ostalo pa je vodna para, dušik, amoniak, vodik, žveplovodik, kisik ter vodikov sulfid (Bitenc in Srt, 2010).

1.1 ANAEROBNA FERMENTACIJA

V splošnem je najbolj pogost način pridobivanja bioplina z biološko razgradnjo v obliki anaerobnega vretja. Pri tem načinu simuliramo predelavo organskega materiala, kot se na primer dogaja v trebuhu prežvekovalcev. Kemijski proces pridelave bioplina z biološko razgradnjo poteka po sledečem postopku. Biomasa, kot so maščobe, ogljikovi hidrati in proteini, se v postopku hidrolize razgradijo v kisline (maščobne kisline, aminokisline, enostavni sladkorji). Nato sledi postopek acidifikacije, pri katerem se tvorijo kratko verižne organske kisline in alkohol, iz katerih nato nastane očetna kislina, ki se pretvori v bioplin, torej metan in ogljikov dioksid. Ta kemični proces se vrši v reaktorju, ki je glavni sestavi del celotnega sistema za pridelavo bioplina. Sestava bioplina je v glavnem odvisna od vrste surovine za bioplin (Bitenc in Srt, 2010).

1.2 BIOPLINSKA NAPRAVA

Bioplinska naprava (bioplinarna) je kompleksna naprava, sestavljena iz številnih elementov. Njena zasnova je v veliki meri odvisna od vrste in količine uporabljenega vhodnega substrata. Glede na to, da obstaja veliko vrst vhodnih substratov, ki so primerni za presnovo v bioplinski napravi, obstaja tudi veliko različnih tehnik in metod za obdelavo teh substratov ter različne vrste reaktorjev in sistemov delovanja. Poleg tega in glede na vrsto, velikost in delovanje bioplinske naprave, je proizvodnjo bioplina možno dopolniti z različnimi tehnologijami kondicioniranja, skladiščenja in rabe presnovljenega substrata. Skladiščenje in raba substrata sta naravnana predvsem na uporabo kot gnojilo in s tem povezane potrebe okoljevarstvene ukrepe (Priročnik o bioplinu, 2010).

Ključni element bioplinske naprave je reaktor (reaktor za anaerobno razgradnjo), spremljajo pa ga še številni drugi sestavni deli.

Bioplinski sistem je sestavljen iz več komponent. V zbirni jami se zbira substrat (gnoj, gnojevka in drugi biološki odpadki). Potopni rezalnik celotno maso zmelje in premeša. Dobljena masa s sistemom prečrpavanja (črpalna postaja) preide do osrednjega dela naprave – reaktor, ki je toplotno izoliran, plinotesen ter opremljen s stenskim ogrevanjem. Polnjenje reaktorja izvajamo praviloma dvakrat dnevno. Pri temperaturi od 35 do 55°C poteka proces fermentacije. Čas fermentacije je različen in je odvisen od sestave substrata. Sveže dodana gnojevka nato potiska maso iz prvega v drugi reaktor, iz njega pa se skozi drug črpalni jašek prečrpava v končni zbiralnik za gnojevko (Bitenc in Srt, 2010).

Drugi reaktor je najpogosteje enako velik kot prvi 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 iz drugega reaktorja skladišči v plinohramu, ki je namenjen njegovemu skladiščenju, saj proizvodnja in raba bioplina ne potekata sočasno. V sistemu za soproizvodnjo toplote in električne energije (SPE) se energija iz plina pretvori v električno in toplotno energijo za lastno in tujo uporabo (Možnosti ..., 2010).

1.3 BIOPLINSKE NAPRAVE NA KMETIJAH

Bioplinske naprave na kmetijah navadno sestavljajo (Al - Manson, 2010):

- zbiralne jame za gnojevko, v kateri se gnojevka homogenizira
- en ali več reaktorjev
- en ali več končnih rezervoarjev za shranjevanje predelane gnojevke
- oprema za čiščenje in obdelavo bioplina
- ena ali več združenih toplotnih in električnih enot, v kateri se bioplin pretvarja v električno in toplotno energijo
- oprema, potrebna za dovajanje električne energije v javno omrežje in izkoriščanje proizvedene toplotne energije.

Jama za zbiranje gnojevke

Gnojevka se zbira in homogenizira v jami, da se pridobi substrat za bioplinsko napravo. Velikost in tehnična oprema jame (mešalnik, drobilnik, črpalke) so odvisne od vrste substrata (Al - Manson, 2010).

Reaktor

Je lahko navpične ali vodoravne izvedbe. Narejen je iz armiranega betona, jekla ali umetne mase. Njegova velikost je odvisna od količine substrata, ki ga je treba predelati, in od zahtevanega časa zadrževanja substrata v reaktorju. Reaktor je zaradi konstantne proizvodnje bioplina ogrevan in opremljen z mešalnikom in opremo, potrebno za odstranitev bioplina (Al - Manson, 2010).

Rezervoar za naknadno fermentacijo in shranjevanje gnoja

V njem so shranjeni fermentacijski ostanki, dokler jih ne raztrosijo po poljih. Skladišče fermentacijskih ostankov je lahko plinotesen fermentacijski rezervoar, v katerem se zbira bioplina, pridobljen po glavnem fermentacijskem procesu (Al - Manson, 2010).

Rezervoar za plin (plinohram)

Namenjen je za zbiranje plina. Služi kot rezervoar za hrambo plina do nadaljnje predelave. Zbiralnik plina je lahko sestavni del reaktorja ali rezervoarja za naknadno fermentacijo ali pa je lahko ločena enota. Tam, kjer plin hranijo nad reaktorjem ali rezervoarjem za naknadno fermentacijo, sta oba pokrita s plastično prevleko, pod katero se zbira plin. Plin, ki nastaja nad reaktorjem, je vlažen zaradi direktnega stika s tekočim substratom, ima pa isto temperaturo kot substrat (Al - Manson, 2010).

Kogeneracijska enota

Predstavlja združeno toplotno in električno enoto. Bioplina, ki mu odstranijo žveplov sulfid in vodo, sežigajo v kogeneracijski enoti in pri tem nastaja toplotna in električna energija. Bioplina zgoreva v plinskem motorju. Plinski motor poganja generator električne energije. Približno ena tretjina energije, ki jo vsebuje bioplina, se spremeni v električno energijo in okoli dve tretjini energije se spremenita v toplotno energijo (Al - Manson, 2010).

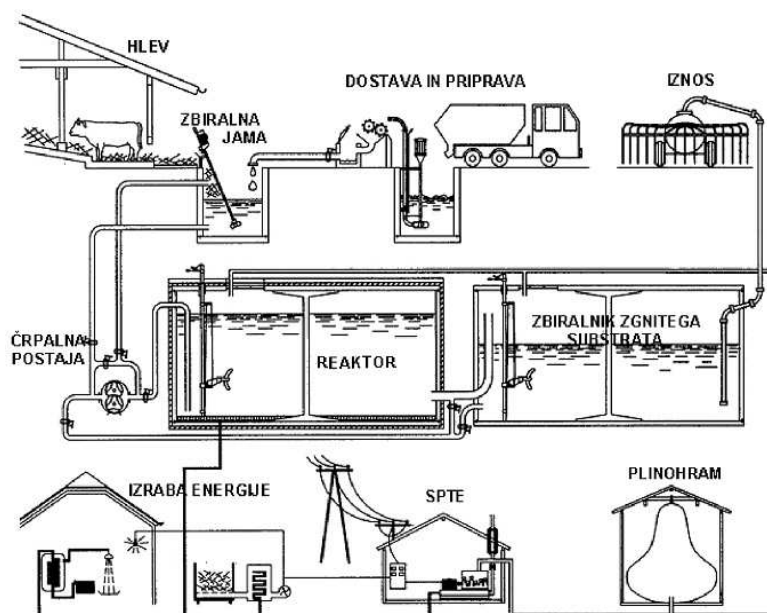
Plinski motorji

Razviti so za uporabo bioplina po načinu delovanja Otto motorjev (vžig goriva s pomočjo iskre). Delujejo s presežkom zraka, kar povzroči, da se zmanjšajo emisije ogljikovega monoksida. To vodi v nižjo porabo plina in nekoliko slabše lastnosti motorja. Slabše motorne lastnosti se kompenzirajo z uporabo turbinskih polnilnikov (poganjajo jih izpušni plini). Plinski motorji, ki delujejo po Otto načinu delovanja, potrebujejo bioplina z minimalnimi 45 % vsebnosti metana. Manjši plinski motorji do 100 kW so običajno Otto motorji. Za boljše električne lastnosti se uporabljajo preurejeni motorji z načinom delovanja kot diesel motorji za vžig plinske zmesi, opremljeni z vžigalnimi svečkami. Eni in drugi se imenujejo plinski »Otto motorji«, ker je njihov osnovni princip delovanja zasnovan na principu delovanja motorja na vžig z električno iskro. Plinski motorji lahko

delujejo na bioplin ali zemeljski plin. To je zelo dobra lastnost, na primer pri zagonu bioplinske naprave, ko se toplota motorja uporablja za dogrevanje organske mase v reaktorju (Al - Manson, 2010).

Motorji na dve vrsti goriva

Zasnovani so po načinu delovanja dizelskega motorja (vžig goriva se opravi s samovžigom plinske zmesi). Bioplin se meša v mešalniku plina skupaj z zrakom za zgorevanje. Ta mešanica gre skozi napravo za vbrizg goriva v zgorevalno komoro, kjer se vžge z vbrizganim plinskim oljem (za pogon se lahko uporabi tudi biodizel ali rastlinsko olje. Običajno je do 10 % goriva plinsko olje, pridobljeno v rafinerijah, ki se avtomatsko vbrizga in potem s samovžigom vžge. Ti motorji delujejo z velikim presežkom zraka. Njihova prednost je, da lahko delujejo popolnoma na mineralno dizelsko gorivo oziroma biodizel ali rastlinsko olje. Zamenjava bioplina z mineralnim dizelskim gorivom je nujna v času zagonskega postopka bioplinske naprave za proizvodnjo procesne toplote v reaktorju. Druga prednost je možnost uporabe že prej omenjenega biodizla ali rastlinskega olja. Ta goriva nimajo žvepla in aromatskih ogljikovodikov, pri njihovem izgorevanju pa nastanejo manjše količine ogljikovega monoksida. Poleg tega imajo zaprt krog ogljikovega dioksida ter so biološko razgradljiva. Slaba lastnost teh goriv je, da je potrebno nekoliko pogosteje menjavati mazalno olje v motorju in da se nekoliko povečajo emisije dušikovih oksidov (Al - Manson, 2010).



Slika 1: Naprava za pridobivanje in izrabo bioplina iz živinoreje
(Obnovljivi viri energije, 2000)

2 BIOPLIN V SLOVENIJI

Proizvodnja bioplina v Sloveniji se je začela proti koncu 80 let 20. stoletja. Prvi dve bioplinski napravi sta bili za anaerobno fermentacijo na komunalnih napravah – čiščenje odpadnih voda in velika prašičja farma (Priročnik o bioplinu, 2010).

Pridobivanje bioplina z anaerobno fermentacijo v Sloveniji v preteklem obdobju (pred letom 2002) je bilo omejeno na bioplin iz naprav za čiščenje odplak (čistilne naprave) in zajetje deponijskega plina na deponijah za komunalne odpadke. Bioplin so pridobivali na osmih centralnih čistilnih napravah. V polovici naprav je zajet bioplin zgorel na baklah. Skupna instalirana električna moč v vseh napravah na bioplin je znašala manj kot 1 MW. V istem obdobju so deponijski plin zajemali na petih odlagališčih odpadkov: v Ljubljani, Mariboru, Velenju, Celju in Izoli. Izkoriščanje deponijskega plina v energetske namene je bilo omejeno na deponijo Barje v Ljubljani, medtem ko so ga na ostalih deponijah sežigali na baklah. Instalirana električna moč naprave za izkoriščanje deponijskega plina je bila 1,2 MW (Priročnik o bioplinu, 2010).

Po sprejetju Uredbe o odkupu električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije v letu 2007, ki je omogočala proizvajalcem električne energije višjo odkupno ceno oziroma premijo, se je zanimanje za postavitev bioplinskih naprav izrazito povečalo (Priročnik o bioplinu, 2010).

Pridobivanje bioplina po podatkih iz leta 2008, poteka na šestih centralnih čistilnih napravah: Domžale-Kamnik, Ptuj, Škofja Loka, Velenje in Jesenice. V gradnji so še naprave na nekaterih novih centralnih čistilnih napravah. Skupna električna moč vseh šestih naprav za soproizvodnjo toplote in električne energije na bioplin iz odplak je 2,1 MW. Po podatkih iz leta 2007 energetsko izkoriščanje deponijskega plina poteka na treh odlagališčih komunalnih odpadkov: Ljubljana, Maribor in Celje. Pridobljen deponijski plin uporabljajo za proizvodnjo toplote in električne energije v plinskih sistemih SPTE. Skupna instalirana moč vseh naprav je 3,5 MW (Priročnik o bioplinu, 2010).

Pridobivanje bioplina iz odpadkov v kmetijstvu je bilo pred letom 2002 omejeno na eno napravo za pridobivanje bioplina na živinorejski farmi Ihan skupaj (na isti lokaciji) z napravo CČN Domžale-Kamnik iz gnojnice. Po sprejeti uredbi in sklepu o odkupu električne energije iz kvalificiranih proizvajalcev se je povečal interes za izgradnjo bioplinske naprave na velikih živinorejskih farmah na zelene odpadke iz kmetijstva (Bitenc in Srt, 2010).

Pridobivanje bioplina iz drugih odpadkov, kot so kuhinjski in odpadki iz restavracij, in ločeno zbiranje biorazgradljivih odpadkov v gospodinjstvu, poteka na 4 instaliranih bioplinskih napravah s skupno instalirano električno močjo 4,0 MW (Bitenc in Srt, 2010).



Slika 2: Lokacija obstoječih bioplina; stanje leta 2010 (Poje, 2010)

2.1 MOŽNOST UPORABE BIOPLINA V SLOVENIJI

Količina proizvedenega bioplina v Sloveniji narekuje njegovo uporabo v bolj učinkovitih napravah, kot so sistemi za sočasno proizvodnjo toplote in električne energije (SPTE). Tako poteka izkoriščanje bioplina v celoti v plinskih motorjih za soproizvodnjo toplote in električne energije. Opaziti je tudi, da je koristno uporabljena toplota v sistemih SPTE na bioplin samo za ogrevanje reaktorja in v nekaterih primerih tudi delno za ogrevanje prostorov. Druga možnost uporabe bioplina pa je v kotlih za ogrevanje vode za uporabo sanitarne vode ali ogrevanje stanovanjskih, poslovnih prostorov, rastlinjakov, hlevov kakor tudi za potrebe predelave v kmetijstvu (Bitenc in Srt, 2010).

Uporaba bioplina v javnem plinskem sistemu pa v večini primerov ni primerna, saj je proizvedena količina na lokaciji majhna. Za priključitev na plinsko omrežje je potrebna predelava bioplina (odstranitev žvepla), to pa ekonomsko ni upravičeno pri majhnih količinah. To velja tudi za uporabo bioplina kot pogonskega goriva za traktorje (Bitenc in Srt, 2010).

2.2 RAZPOLOŽLJIVOST SUROVINE V SLOVENIJI

Realna razpoložljivost surovine je težko določiti zaradi pomanjkljivih podatkov, ki so na voljo. Možne so določene ocene, ki so razvidne iz nekaterih študij, izvedenih o možni organski masi za uporabo v bioplinskih reaktorjih. Večina teh študij je izvedenih s strani privatnih institucij (Keter Organica, Biotera, Zorg Biogas AG) in zato niso neposredno na voljo (Potencial bioplina v Sloveniji, 2009).

2.2.1 Kmetijske surovine

Za oceno kmetijskega potenciala za proizvodnjo bioplina v Sloveniji so na Kmetijsko gozdarski zbornici Slovenije uporabili podatke iz subvencijskih vlog, ki so jih obdelali za področje posameznih statističnih regij in občin znotraj regije. Z modeliranjem so ocenili možnost pridobivanja bioplina iz živinskih gnojil, predvsem gnojevke govedi, prašičev, kokošji gnoj in gnoj, ki nastaja pri pitanju piščancev in puranov na tistih kmetijskih gospodarstvih, ki imajo za slovenske razmere večji stalež živali (Kmetijski potencial ..., 2010).

Na osnovi kriterijev so v modelu zajeli 84144 GVŽ (glav velike živine, z živo maso 500 kg) govedi, kar predstavlja 27,2 % staleža govedi v Sloveniji (Kmetijski potencial ..., 2010).

Potencial za proizvodnjo bioplina predstavlja gnojevka, ki nastaja v prašičereji. Na osnovi kriterijev so v modelu izračuna možnega pridobivanja bioplina zajeli 29341 GVŽ prašičev, kar predstavlja 59,2 % vseh prašičev v Sloveniji (Kmetijski potencial ..., 2010).

Potencial za proizvodnjo bioplina predstavlja tudi kokošji gnoj, ki nastaja v proizvodnji konzumnih jajc in valilnih jajc. Na osnovi kriterijev v modelu zajeli 4445 GVŽ kokoši nesnic, kar predstavlja 93,3 % vseh kokoši nesnic v Sloveniji (Kmetijski potencial ..., 2010).

Prav tako potencial za proizvodnjo bioplina predstavlja hlevski gnoj, ki nastaja pri pitanju piščancev in puranov. V modelu so zajeli 3563 GVŽ pitanih piščancev, kar predstavlja za 133,5 % več, kot to izkazujejo evidence na ARSKTRP in 666 GVŽ puranov, kar prav tako pomeni 216 % več, kot to izkazujejo subvencijske vloge. Do teh razlik je prišlo, ker nekatera kmetijska gospodarstva, ki imajo v reji piščance in purane, nimajo v lasti kmetijskih površin, ki so osnova za vlaganje subvencij, v študijo pa so vključena kot potencial živinskih gnojil (Kmetijski potencial ..., 2010).

Količino rastlinske biomase so na njivskih površinah in travinju ocenili na osnovi kriterija o izboru kmetijskega gospodarstva in tako s pomočjo treh scenarijev dobili površine, primerne za pridelavo energetskih rastlin. Izbrali so večje poljedelske kmetije, ki prideluje poljščine izključno za trg in manjša kmetijska gospodarstva, ki se z rejo živali zaradi ekonomskih razlogov ne ukvarjajo več, površine pa še vedno obdelajo in pridelke prodajo na trgu (Kmetijski potencial ..., 2010).

Na osnovi kriterijev za izbor so v vseh regijah prepoznali 7.831 kmet. gospodarstev, kar predstavlja 12,6 % vseh kmetijskih gospodarstev.

Po predlogu-1 so ugotovili 9906 ha njivskih površin za pridelavo rastlinske biomase, kar predstavlja 5,9 % vseh njiv, 12959 ha strnišč, kar predstavlja 26,0 % vseh strnišč in 9047 ha trajnih travnikov, kar predstavlja 3,6 % vseh trajnih travnikov v Sloveniji po subvencijskih vlogah (Kmetijski potencial ..., 2010).

Po predlogu-2 so prepoznali 16447 ha njivskih površin, kar predstavlja 9,8 % vseh njiv, 13939 ha strnišč, kar predstavlja 28 % vseh strnišč in 13227 ha trajnih travnikov, kar predstavlja 5,2 % vseh trajnih travnikov v Sloveniji po subvencijskih vlogah (Kmetijski potencial ..., 2010).

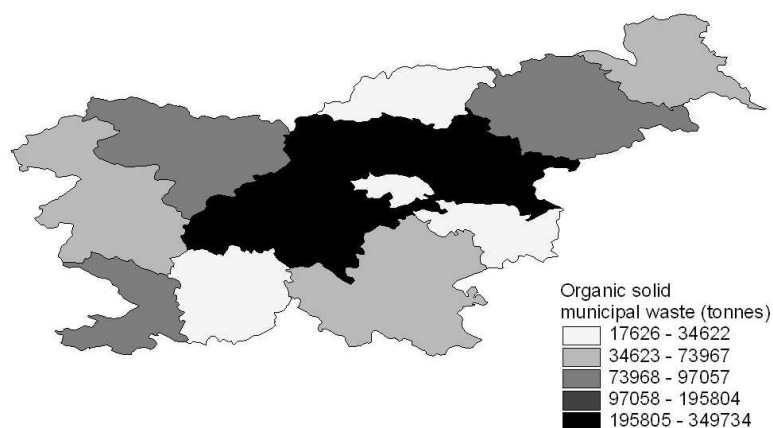
Po predlogu-3 so prepoznali 23457 ha njiv, kar predstavlja 13,9 % vseh njiv, 14917 ha strnišč, kar predstavlja 29,9 % vseh strnišč in 17150 ha trajnih travnikov, kar predstavlja 6,8 % vseh trajnih travnikov v Sloveniji po subvencijskih vlogah (Kmetijski potencial ..., 2010).

2.2.2 Komunalni odpadki

V primeru, da upoštevamo celotno prebivalstvo in število turistov, lahko določimo največjo količino odpadkov trdnih organskih, ki za osrednjo slovensko regijo znaša 350.000 ton na leto. Druge slovenske regije imajo tudi potencial za zagotavljanje trdnih komunalnih odpadkov (Potencial bioplina v Sloveniji, 2009).

2.2.3 Komunalne odplake

Podatki so bili vzeti iz čistilnih naprav za leto 2006 in upoštevajo število prebivalcev in turistov v regiji. Ugotovitve so predstavljene na spodnji sliki.



Slika 3: Razporeditev organskih komunalnih odpadkov (tone) v Sloveniji (Potencial bioplina v Sloveniji, 2009)

2.3 TEHNOLOŠKI POSTOPEK ZA PROIZVODNJO

Glede načina delovanja vhodne organske mase v reaktor razlikujemo dva tipa tehnoloških postopkov za pridobivanje bioplina: diskontinuirani ali šaržni, pri katerem substrat v reaktor vnesemo naenkrat, ter kontinuiran postopek, kjer substrat dovajamo večkrat (Al - Manson, 2010).

2.3.1 Diskontinuirni postopek (postopek z enkratno polnitvijo reaktorja)

Pri diskontinuirnem postopku ali postopku z enkratno polnitvijo z organsko maso vhodni substrat skupaj z določeno količino prevrele mase zapremo v reaktor. Pri segrevanju do izbrane delavne temperature začne nastajati bioplin, v katerem se postopoma povečuje vsebnost metana. Anaerobno vrenje v takšnih reaktorjih traja od 40 do 100 dni oziroma dokler ne pride do določene stopnje razkroja organskih sestavin. Po končanem anaerobnem vrenju se reaktor popolnoma izprazni. s tem je krog sklenjen. Tako polnimo in praznimo reaktor, ko proizvodnja bioplina pade pod ekonomsko upravičenostjo procesa. Za diskontinuirano proizvodnjo so namenjeni reaktor horizontalne ali vertikalne izvedbe, narejen iz kovine, armiranega betona ali plastike. Lahko so v nadzemni ali podzemni izvedbi (Al - Manson, 2010).

Prednosti diskontinuirnega postopka proizvodnje bioplina:

- majhni stroški,
- možnost uporabe substrata z večjo vsebnostjo suhe snovi,
- zaradi dolgotrajnega procesa in velike vsebnosti suhe snovi ni nevarnosti prehoda v kislinsko vrenje,
- možen je razkroj vlaknastih materialov brez vložka mehanskega dela.

Slabosti diskontinuiranega postopka proizvodnje bioplina:

- velika prostornina reaktorja,
- neizenačena količina in sestava bioplina,
- predelan substrat je težko transportirati s pomočjo črpalk, praznitev reaktorja predstavlja kompliciran postopek.

V primeru da postavimo več diskontinuiranih reaktorjev, ki delujejo z zamikom od enega do dveh tednov, se količina in sestava bioplina, ki ga dobimo, lahko stabilizira. Pri takem načinu delovanja se v enem od reaktorjev proces začenja, v drugem je metansko vrenje v teku, v tretjem pa je na primer, razkroj organskih snovi v zadnjem delu razkrojevanja mase (Al - Manson, 2010).

2.3.2 Kontinuirani postopek dovajanja organske mase v reaktor

Pri kontinuiranem postopku anaerobnega vrenja se reaktor nenehno polni s svežo organsko maso. Sočasno se iz njega prazni določena količina predelane organske mase. Predelan substrat odvajajo v rezervoar, jamo ali laguno za zbiranje predelanega substrata. Od tam ga periodično prečrpavajo v cisterne za razvoz substrata ter nanašajo na kmetijska zemljišča (stabilizirano gnojilo) (Al - Manson, 2010).

Prednost kontinuiranega postopka pridelave bioplina:

- kratek čas zadrževanja substrata v reaktorju (10 – 30 dni),
- količina in sestava plina sta konstantni glede na proizveden plin (m^3 /dan in vsebnost metana) v določenem času,
- predelan substrat transportirajo s pomočjo črpalk,
- ni emisij smradu, ker proces poteka hermetično (proces vrenja poteka povsod v zaprtem prostoru).

Slabost kontinuiranega postopka pridelave bioplina:

- potrebno je segrevanje reaktorja zaradi boljšega razkroja organske mase,
- večja poraba energije (električna in toplotna) zaradi pogona črpalk in ogrevanja vstopne mase na temperaturo vrenja in razgradnje mase v reaktorju,
- potrebno je pogostejše mešanje organske mase v reaktorju zaradi preprečitve zaskorjitve in sedimentacije v reaktorju.



Slika 4: Reaktor s plinohramom (Analiza ...; 2010)

3 ANALIZA DELOVANJA BIOPLINSKE NAPRAVE

Za opis analize delovanja bioplinske naprave sem si izbral 250 kW bioplinsko napravo. Podatke o vzreji in vrsti živali, o substratih in letnih vnosih substratov sem dobil od ene izmed večjih kmetij v Beli krajini, na kateri razmišljajo o postavitvi bioplinske naprave. Analiza je bila izvedena zato, da bi videli, koliko bi bilo še potrebno postoriti in koliko bi dejansko bilo dobička oziroma kako bi bila bioplinska naprava donosna. Fermentacija naj bi potekala v primarnem fermentorju (digestor) in v sekundarnem fermentorju (postfermentor). Substrati se naj bi v primarnem fermentorju zadrževali 30 dni v mesofilnih razmerah (38°C), kjer bi pridobili večino skupnega bioplina. V sekundarnem fermentorju naj bi se substrat zadrževal 30 dni v mesofilnih razmerah (38°C), kjer bi pridobili manjšo količino bioplina. V odstotkih to pomeni, da v prvem fermentorju pridobimo 70 % bioplina od celotne proizvodnje, v drugem fermentorju pa le 30 % od celotne proizvodnje bioplina.

3.1 OPIS KMETIJE

Kmetija, za katero je bila narejena analiza, se ukvarja predvsem z govedorejo. Število živali na kmetiji je 185, od tega je 90 krav molznic, 45 govejih pitancev od enega do dveh let starosti, 30 telet od pol do enega leta ter 20 telet do enega leta starosti. Kmetija je zelo obsežna, saj obsega 120 ha površin, vendar sami nimajo zadostne količine pridelovalnih površin, zato morajo manjkajoče površine najeti. Da bi 250 kW bioplinska naprava delovala tako, kot je predvideno in da bi bili vneseni določeni substrati in določena količina, za pridelavo surovin potrebujejo kar 85,5 ha. Za potrebne dodatne organske surovine bi bilo tako potrebno posabiti 38,5 ha koruze za silažo, 34 ha trave za silažo ter 13 ha sirka za silažo (Pioneer, 2010; Zver, 2009). Kmetija se poslužuje 5 letnega kolobarja; 1. leto koruza, 2. leto pšenica, 3. leto koruza, 4. leto rž/ječmen/sončnica/tritikala, 5. leto dtm (navadno 3 leta). Pričakovani realni prideleki koruze so 55 t/ha, pšenice 4t/ha, ječmena 4,5 t/ha, sončnic 4 t/ha, tritikale 5 t/ha, rži 4 t/ha ter deteljno travna mešanica 40 t/ha.

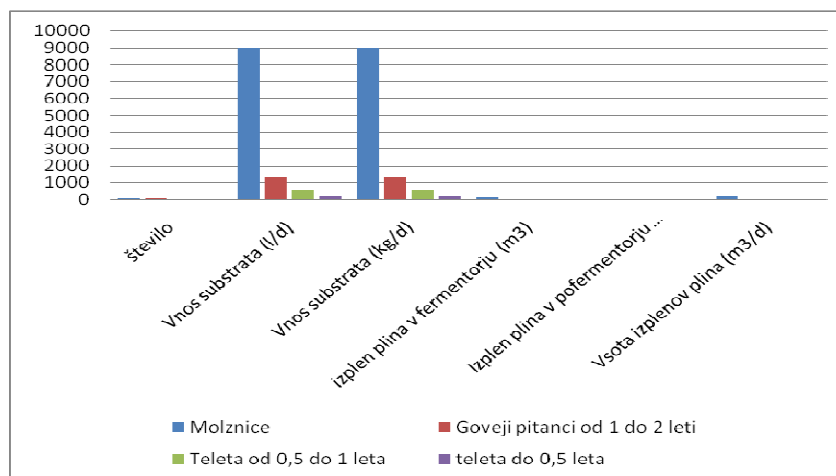
3.2 VZREJA ŽIVALI

Na kmetiji imajo 90 krav molznic, 45 govejih pitancev od enega do dveh let, 30 telet od pol do enega leta ter 20 telet do pol leta. Največ substrata oziroma odpadnega materiala bo nastalo pri vzreji krav molznic, posledično pa bo največji tudi izplen plina. Večji delež izpljenega plina bo nastalo v reaktorju, manjši delež pa še v drugem reaktorju.

Preglednica 1: Vrsta živali, količina vnesene organske mase ter izplen plina v reaktorju in drugem reaktorju ter skupni vnos substratov in skupni izplen plina iz vzreje živali (Analiza ..., 2010)

Vzreja živali		Vnos organske mase = 4037 m ³ /leto		Izplen plina = 110110 m ³ /leto		
Vrsta živali	Število	Vnos organske mase (l/d)	Vnos organske mase (kg/d)	Izplen plina v reaktorju (m ³)	Izplen plina v drugem reak. (m ³)	Količina plina (m ³ /d)
Molznice	90	9000	9000	176,40	75,60	252,00
Goveji pitanci od 1 do 2 let	45	1260	1260	22,23	9,53	31,75
Teleta od 0,5 do 1 leta	30	600	600	9,41	4,03	13,44
Teleta do 0,5 leta	20	200	200	3,14	1,34	4,48

Potrebno je določiti: dnevni dotok organske mase v reaktor, suho snov v masi in predviden izplen m^3 na kg/ss .



Slika 5: Prikaz števila živali, količino vnosa organske mase ter količino izpljenjenega plina (Analiza ..., 2010)

3.3 VRSTA VNESENE ORGANSKE MASE

Poleg odpadnega materiala je potrebno v reaktor dodati tudi druge organske mase, iz katerih bomo proizvajali bioplin. Na kmetiji so se odločili, da bodo kot organsko maso uporabljali koruzno silažo, silažo sirka ter travno silažo. Največjo količino organske mase bo predstavljala koruzna silaža, najmanjšo pa silaža sirka. Pri koruzni silaži je predviden tudi največji izplen plina, manjši izplen plina pa je pri travni silaži.

Da bi letno vnesli 2300 ton koruzne silaže v reaktor, jo bomo morali gojiti na 38,5 ha. 2300 ton je količina, pri kateri so že upoštevane izgube pri spravilu in skladiščenju (Pioneer, 2010). Za pridelavo silaže sirka, ga bomo morali gojiti na 13 ha, na 34 ha pa bomo pridelovali travno silažo. Pri obeh je pri količini vnosa že upoštevana izguba pri spravilu in skladiščenju (Zver, 2009).

Preglednica 2: Vrsta vnesenih organskih mas (t oz. m^3 /leto), način vnosa ter izplen plina v reaktorju (m^3) in drugem reaktorju (m^3) za organsko maso rastlinskega izvora (Analiza ..., 2010)

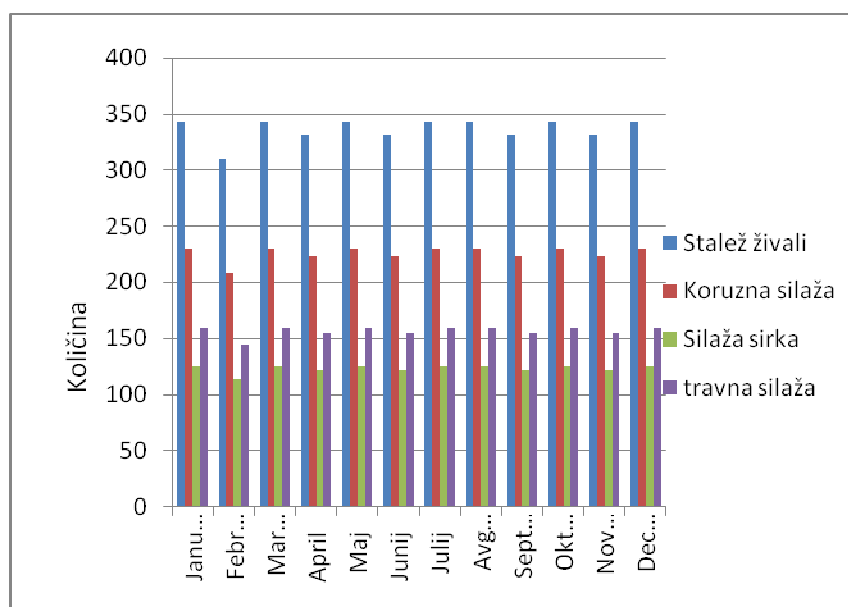
Obnovljivi viri in drugi kosubstrati	Vnos organske mase 6051 m^3 /leto		Izplen plina = 1011221 m^3 /leto		
	Način vnosa	Vnos (t m^3 /leto)	Izplen plina v reaktorju (m^3)	Izplen plina v drugem reaktorju (m^3)	Vsota izplenov plina (m^3 /leto)
Koruzna silaža	kontinuiran	2300 t	365856	156652	522652
Silaža sirka	kontinuiran	1250 t	185128	79340	264468
Travna silaža (ekstenzivni travnik)	kontinuiran	1500 t	156870	67230	224100

3.4 VNOS ORGANSKE MASE

Proizvodnja bioplina na kmetiji bo potekala po kontinuirnem postopku, kar pomeni, da bodo organsko maso dodajali nenehno, poleg pa se bo določena količina že predelane organske mase izdvajala. Iz preglednice lahko vidimo, koliko organske mase naj bi se mesečno vneslo v reaktor. Na koncu pa je seštevek za vse vnesene organske mase in vidimo lahko, da je največ organske mase uporabljene iz odpadkov, ki jih dobimo pri vzreji živali, kot najmanj pa kot substrat uporabimo silažo sirka. V povprečju se mesečno v reaktor doda okoli 840 m^3 organske mase, na leto pa to znaša 10088 m^3 .

Preglednica 3: Količina vnesenega posamezne organske mase (m^3) mesečno skozi leto (Analiza ..., 2010)

Vrsta organske mase (m^3)	Meseci v letu											
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Gnojevka živali	342,9	309,7	342,9	331,8	342,9	331,8	342,9	342,9	331,8	342,9	331,8	342,9
Koruzna silaža	229,8	207,6	229,8	222,4	229,8	222,4	229,8	229,8	222,4	229,8	222,4	229,8
Silaža sirka	124,9	112,8	124,9	120,9	124,9	120,9	124,9	124,9	120,9	124,9	120,9	124,9
Travna silaža	159,2	143,8	159,2	154,1	159,2	154,1	159,2	159,2	154,1	159,2	154,1	159,2



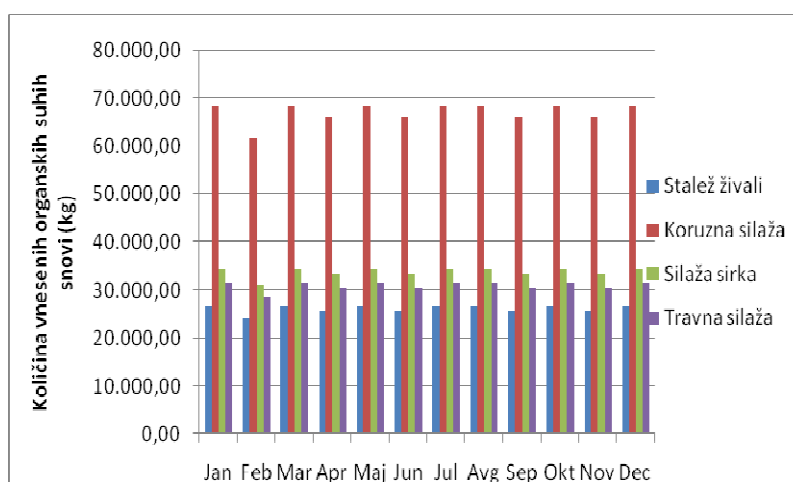
Slika 6: Prikaz količine vnesenega substrata za posamezno vrsto substrata skozi celo leto (Analiza ..., 2010)

3.5 VNOS ORGANSKIH SUHIH SNOVI (SESTAVINA ORGANSKE MASE)

Organska masa, ki jo dodajamo kontinuirano v reaktor, vsebuje tudi suho organsko snov. V preglednici lahko vidimo, da največ suhe organske snovi vsebuje koruzna silaža, s katero skozi celo leto dodamo v reaktor največ suhe organske snovi. Najmanj suhe organske snovi pa dodamo v reaktor s travno silažo. V povprečju se mesečno v reaktor dovaja okoli 158254 kg organske suhe snovi.

Preglednica 4: Količina vnesene OSS (organske suhe snovi) (kg) v reaktor skozi celo leto glede na vrsto organske mase (Analiza ..., 2010)

Vnos OSS (kg)	Meseci v letu					
	januar	februar	marec	april	maj	junij
Gnojevka živali	26717	24133	26717	25857	26717	25857
Koruzna silaža	68291	61682	68291	66088	68291	66088
Silaža sirka	34556	31212	34556	33441	34556	33441
Travna silaža	31721	28652	31721	30698	31721	30698
	julij	avgust	september	oktober	november	december
Gnojevka živali	26717	26717	25857	26717	25857	26717
Koruzna silaža	68291	68291	66088	68291	66088	68291
Silaža sirka	34556	34556	33441	34556	33441	34556
Travna silaža	31721	31721	30698	31721	30698	31721



Slika 7: Prikaz količine vnesene organske suhe snovi (kg) s posamezno vrsto substrata skozi celo leto (Analiza ..., 2010)

3.6 PREOSTALA ORGANSKA MASA

Vnesena organska masa se skozi proces fermentacije spremeni v gnojilo, katerega kontinuirano odvajamo iz reaktorja, vendar ne v celoti. Ta se lahko uporablja kot gnojilo za kmetijske površine. Največ gnojila dobimo iz gnojevke, najmanj pa pri silaži sirka. Mesečno v povprečju nastane 757 m³ gnojila, kar skozi celo leto nanese 9087 m³. Da porabimo nastalo gnojilo po nitratni direktivi, moramo pognojiti npr. 197 ha površin namenjeni pridelavi koruze za silažo pri odvzemu dušika 270 kg N/ha, ali 297 ha pšenice pri odvzemu dušika 180 kg N/ha, ali pa 222 ha deteljno travne mešanice pri odvzemu dušika 240 kg N/ha. Ker kmetija nima zadostnih površin za gnojenje z prevretim substratom (gnojevko), bo preostalo gnojevko prodajala drugim kmetom. Končni rezultati preostale organske mase so bili izračunani v podjetju, v katerem je bila analiza za ta primer bioplinske naprave narejena.

Preglednica 5: Količina preostale organske mase (m³) v posameznih mesecih za vsako vrsto vnesene organske mase (Analiza ..., 2010)

Preostala organska masa(m ³)	Meseci v letu					
	jan	feb	mar	apr	maj	jun
Gnojevka živali	331,8	342,9	342,9	309,7	342,9	331,8
Koruzna silaža	189,0	195,3	195,3	176,5	195,3	189,0
Silaža sirka	102,7	106,2	106,2	95,9	106,2	102,7
Travna silaža	123,3	127,4	127,4	115,1	127,4	123,3
	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Gnojevka živali	342,9	331,8	342,9	342,9	331,8	342,9
Koruzna silaža	195,3	189,0	195,3	195,3	189,0	195,3
Silaža sirka	106,2	102,7	106,2	106,2	102,7	106,2
Travna silaža	127,4	123,3	127,4	127,4	123,3	127,4

3.7 IZPLEN PLINA

Količino bioplina smo izračunali po enačbah:

$$V_{bioplina}/kg\ OSS = masa\ OSS \times faktor\ pretvorbe\ [m^3] \quad (1)$$

$$V_{bioplina}/ha = Q_{bioplina}/kg\ OSS \times masa\ OSS / ha\ [m^3] \quad (Zver, 2010) \quad (2)$$

Legenda:

$$Q_{bioplina} = V_{bioplina}/kg\ OSS$$

Faktor pretvorbe za koruzno silažo je 0,65. To pomeni 650 litrov plina iz tone organske suhe snovi. Faktor za pretvorbo sirka je isti kot faktor za pretvorbo koruzne silaže. Faktor za pretvorbo travne silaže je 0,6, kar pomeni 600 litrov plina iz tone organske suhe snovi. Faktor za gnojevko pa je 0,35, kar pomeni 350 litrov plina iz tone organske suhe snovi.

3.7.1 Pretvorba bioplina v električno in toplotno energijo

Kot modelni pretvornik energije bioplina smo izbrali motor z notranjim zgorevanjem (TCG 2016 V08 C) in električni generator z visokim skupnim izkoristkom. Pri pretvorniku energije smo posebno pozornost namenili uporabnosti odpadne toplote motorja in možnost njene uporabe za nadaljnje povečanje skupnega izkoristka dovedene energije bioplina. V izračunih nismo upoštevali izgub pri prenosu in akumuliranju pridobljene odpadne toplote motorja. Izkoristki, upoštevani v enačbah, so izračunani na osnovi podatkov o vstopni toplotni moči v motor in proizvedeni električni moči in odvedeni toplotni moči iz pretvornika. Bioplin smo tako teoretično spreminjali v električno in toplotno energijo, glede na tehnične karakteristike izbranega motorja (MWM, 2009).

$$Q_v = H_i \times V_B \times \eta_t \quad [\text{kWh/ha}] \quad [\text{odpadna toplota hlajenja in izpušnih plinov motorja}] \dots(3)$$

$$Q_e = H_i \times V_B \times \eta_e \quad [\text{kWh/ha}] \quad [\text{proizvedena električna energija}] \dots(4)$$

$$H_i = 22,1 \dots \text{MJ}/\text{m}^3 \text{ za bioplin z } 65 \% \text{ vsebnostjo } \text{CH}_4. \quad [\text{kurilnost bioplina}]$$

$$\eta_t = 0,423 \quad [\text{toplotni izkoristek pretvornika}]$$

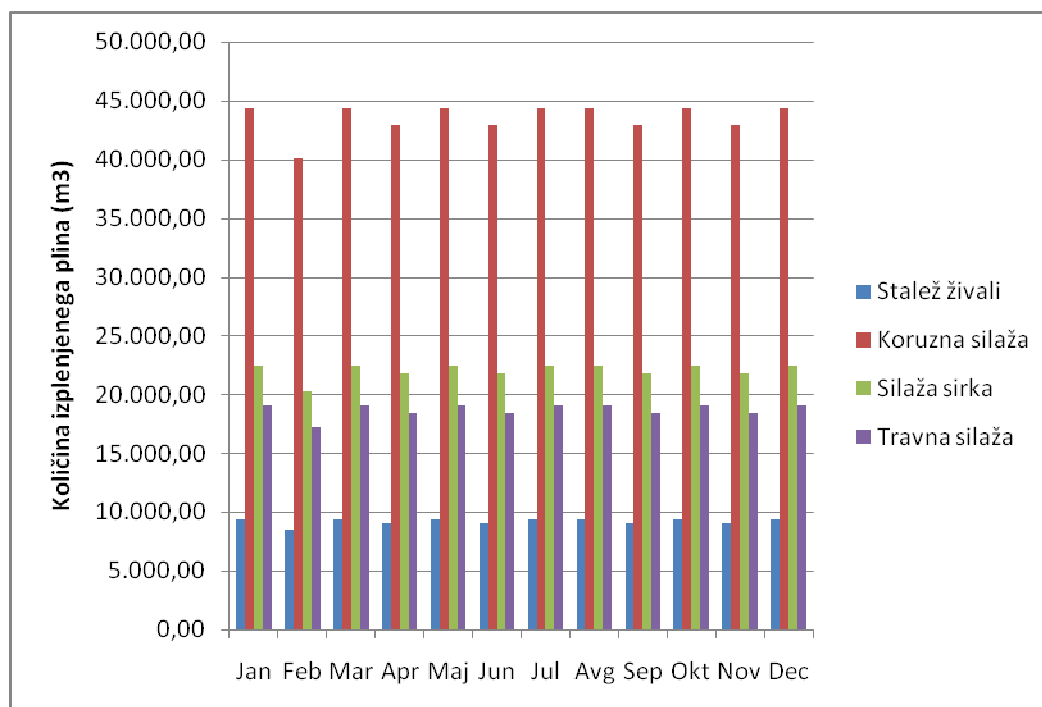
$$\eta_e = 0,425 \quad [\text{skupni inducirani in mehanski izkoristek motorja}]$$

$$V_{\text{bioplina}} = \text{teoretična količina bioplina pridobljena iz vstopne mase surovin} \quad [\text{m}^3]$$

Glavni produkt, ki nastane pri fermentaciji, je bioplin. Količina izplenjenega bioplina in njegova kakovost je odvisna od tehnološkega postopka proizvodnje bioplina ter vnesene organske mase. Največji izplen plina, ki bi ga dobili, bi bil iz organske mase silažne koruze, najmanjši pa iz organske mase, pridobljene z vzrejo živali. V povprečju znaša skupni izplen bioplina na mesec 93443 m³, letno pa naj bi nastalo skupaj 1121331 m³ bioplina.

Preglednica 6: Izplen plina (m³) iz posamezne organske mase mesečno skozi celo leto (Analiza ..., 2010)

Izplen plina (m ³)/leto	Meseci v letu					
	januar	februar	marec	april	maj	junij
Stalež živali	9351	8446	9351	9050	9351	9050
Koruzna silaža	44389	40093	44389	42957	44389	42957
Silaža sirka	22461	20288	22461	21737	22461	21737
Travna silaža	19033	17191	19033	18419	19033	18419
	julij	avgust	september	oktober	november	december
Stalež živali	9351	9351	9050	9351	9050	9351
Koruzna silaža	44389	44389	42957	44389	42957	44389
Silaža sirka	22461	22461	21737	22461	21737	22461
Travna silaža	19033	19033	18419	19033	18419	19033



Slika 8: Prikaz količine izplenjenega plina (m³) za posamezno vrsto organske mase skozi celo leto (Analiza ..., 2010)

3.8 ENERGETSKA BILANCA NAPRAVE

Bioplinska naprava naj bi delovala 8.200 ur na leto. Letno naj bi 250 kW bioplinska naprava na kmetiji, za katero se je izračun naredil, proizvedla 2.868.884 kW toplotne energije in 2.048.953 kW električne energije. Ker je tehnološki postopek proizvodnje bioplina kontinuiran, je potrebno reaktor segreti, zato naj bi 30 % pridobljene količine toplotne energije porabila kmetija za segrevanje reaktorja oziroma za ogrevanje ostalih prostorov na kmetiji. Ostalo toplotno energijo pa bi prodajali.

Nastala električna energija, ki jo pridobimo iz bioplina, naj bi kmetija v celoti prodajala.

3.8.1 Splošna energetska bilanca bioplinske naprave

S pomočjo spodnjih formul lahko maksimalno možno energijo iz organske substance ($E_{bruto (max)}$), dnevno proizvedeno energijo iz substrata (E_{bruto}) ter teoretični zadrževalni čas substrata v reaktorju (t_v) (Bernik, 1990).

$$E_{bruto (max)} = m_s \times C_{TS} \times V_{Gmax} \quad (a)$$

$$E_{bruto} = m_s \times C_{TS} = E_{bruto} \times \eta_R = L_R \quad (b)$$

t_v = volumen reaktorja / dnevna doličina substrata

Kapš J. Analiza delovanja bioplinske naprave.

Dipl. projekt (UN). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2010

$$m_s = V_{\text{REA.}} \times t_v \text{ (m}^3\text{/d)}$$

$$\eta_R = V_G / V_{G \text{ max}} \quad \text{izkoriščenost reaktorja}$$

Preglednica 7: Prikaz količine vnosa energije, obratovalnega časa, lastne porabe ter količino nastale energije za posamezen mesec skozi celo leto (Analiza ..., 2010)

	Meseci v letu						
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	
Energija zgorevanja							
Vnos (kWh)	494700	444003	494700	478084	494700	478084	
Obratovalne ure (h)	697	625	697	673	697	673	
Proizvedena količina energije							
Q topl. (kWh)	243887	218893	243887	235695	243887	235695	
Q el. (kWh)	174184	156333	174184	168333	174184	168333	
	jul	avg	sep	okt	nov	dec	SKUPAJ
Vnos (kWh)	494700	494700	478084	494700	478084	494700	5819237
Obratovalne ure (h)	697,3	697,3	673,3	697,3	673,3	697,3	8200
Proizvedena količina energije (kWh)							
Q topl. (kWh)	243887	243887	235695	243887	235695	243887	2868884
Q el. (kWh)	174184	174184	168333	174184	168333	174184	2048953

Država je z Uredbo o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije, omogočila tistim proizvajalcem zagotovljeno prodajo nastale energije.

Cene zagotovljenega odkupa električne energije iz proizvodnih naprav - bioplinarn

Če se letno koristno izrabi toplota v obsegu več kot 15 % vhodne energije bioplina, je proizvodna naprava OVE upravičena do izplačila dodatka v višini 10 % obratovalne podpore za to proizvodno napravo OVE (Uredba o podporah ..., 2009).

Toplota iz bioplinarne, ki se porabi za pridobivanje bioplina, se ne šteje za koristno toploto. Če gnoj in gnojevka letno pomenita prostorninsko več kot 30 % substrata za pridobivanje bioplina, je proizvodna naprava OVE upravičena do izplačila dodatka v višini 10 % obratovalne podpore za to proizvodno napravo OVE. Če gnoj in gnojevka letno pomenita prostorninsko več kot 70 % substrata za pridobivanje bioplina, je proizvodna naprava OVE z imensko električno močjo do 200 kW upravičena do izplačila dodatka v višini 20 % obratovalne podpore za to proizvodno napravo OVE (Uredba o podporah ..., 2009).

4 SKLEPI

Danes živimo v svetu, kjer se čedalje bolj povečuje količina nastalih odpadkov in posledično onesnaženost okolja in ozračja. Po vsem svetu so začeli razvijati tehnologije, katere bi bile okolju prijazne in bi hkrati proizvajale električno energijo. Ena izmed teh je bioplinska naprava, katera iz obnovljivih virov energije proizvede bioplin, iz katerega nastane toplotna in električna energija, hkrati pa je prijazna okolju.

Za postavitev bioplinske naprave je potrebna velika investicija, zato je Republika Slovenija skupaj z Evropo razpisala subvencije za take projekte, saj si vse želimo čim bolj ohraniti svet čist. V Sloveniji ni veliko bioplinskih naprav, vendar imamo vsa sredstva, da se v prihodnje to spremeni. Le tako bomo poskrbeli, da se planet ne bo zastrupljal z vsemi škodljivimi plini, hkrati pa bomo pridobivali čisto »zeleno« energijo.

Prednosti izrabe bioplina se kažejo predvsem v tem, da je to obnovljiv vir energije, da se zmanjšujejo emisije ogljikovega dioksida in metana. Poleg tega omogoča smotrno rabo opuščeni kmetijskih površin, povečuje dodano vrednost in s tem kupno moč podeželski regiji, zagotavlja dodatno delo domači industriji in obrti, omogoča zmanjšati uporabo umetnih gnojil ter pomembno prispeva k ohranjanju naše kulturne krajine.

V proizvodnji bioplina vidim prihodnost.. V določenih državah je proizvodnja bioplina že nekaj vsakdanjega, zato bi bil čas, da se tudi pri nas poveča število bioplinskih naprav in čas je, da začnemo tudi mi proizvajati »zeleno« energijo.

5 VIRI

Analiza delovanja BPE. 2010. Maribor, Keter Organica (interno neobjavljeno gradivo podjetja, izpis iz baze podatkov)

Al – Manson F. Regionalna strategija in akcijski plan za razvoj proizvodnje bioplina v Sloveniji. Ljubljana, Institut Jožef Štefan, Kmetijski inštitut: 15 str

http://www.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biogas/STRATEGIJA_RAZVOJA_BIOPLINSKIH_NAPRAV.pdf (maj, 2010)

Bernik R., 1990. Možnosti nadomestitve toplote z nekonvencionalnimi izviri v bioplinskem reaktorju za razkroj gnojevke. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD Agronomija: 113 str.

Bitenc P., Srt M. 2010. Pridobivanje in uporaba bioplina. Velenje, Šolski center Velenje: 28 str.

Kmetijski potencial za proizvodnjo bioplina v Sloveniji. 2010. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 131 str.

Možnosti rabe bioplina – kmetijstvo. 2009. Agencija RS za učinkovito rabo energije. <http://www.aure.si/dokumenti/Izraba%20bioplina.pdf> (maj, 2010)

MWM. Karakteristike motorja.

<http://www.mwm.com.br> (24. avg. 2010)

Obnovljivi viri energije. E-forum. Gradivo. Ljubljana

<http://www.se-f.si/sl/sola/gradiva> (24. Avg. 2010)

Pioneer. 2010.

<http://slovenia.pioneer.com/Proizvodi/Koruza/tabid/56/Default.aspx> (24. avg. 2010)

Poje T. 2010. "Stanje in potencial kmetijskih bioplinskih naprav v Sloveniji" Ljubljana, Kmetijski inštitut (osebni vir)

Potencial bioplina v Sloveniji. Zbirno poročilo. 2009. Ljubljana, Agencija za prestrukturiranje energetike: 14 str.

Priročnik o bioplinu. 2010. Ljubljana, Agencija za prestrukturiranje energetike: 142 str.

Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov 2009. 2009. Ur. l. R. S. št. 37/09

Zver A. 2009. Uporaba nekaterih vrst iz rodu sirkov (*Sorghum* (Moench)) in japonskega dresnika (*Fallopiajaponica* (Hout) *Ronsedecraene*) za proizvodnjo bioplina v Sloveniji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 76 str.

ZAHVALA

Za mentorstvo, strokovne nasvete in pomoč se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Rajku Berniku in recenzentu dr. Roku Miheliču. Posebna hvala gre tudi asistentu mag. Alešu Zveru ter podjetju Keter Organica, s pomočjo katerih sem pripravil analizo delovanja 250kW bioplinarne.

PRILOGA

Prikaz karakteristik motorja, ki je bil uporabljen pri analizi delovanja 250 kW bioplinske naprave (MWM, 2010).



Technische Daten 50 Hz TCG 2016 V08 C, Biogas, 500 NOx

Leistung : ISO-Standard-Leistung ICN	Brennstoff : Biogas (65% CH ₄ / 35% CO ₂ oder 60% CH ₄ / 32% CO ₂ , Rest N ₂ oder 50% CH ₄ / 27% CO ₂ , Rest N ₂)									
Drehzahl : 1500 min ⁻¹	Emission NOx : 500 mg/m ³ (Toleranz - 8%)									
Drehzahlregler : TEM EVO										
Motortyp	TCG 2016 V08 C trockene Abgasrohre									
Zylinderzahl / Anordnung	8 V									
Bohrung / Hub	mm	132,0 / 160,0								
Hubraum	dm ³	17,5								
Verdichtungsverhältnis	15,0 : 1									
Mittlere Kolbengeschwindigkeit	m/s	8,0								
Anlasser	kWel / V DC	5,4 / 24								
Schmierölinhalt Motor / Grundrahmen (optional)	dm ³	70 / 200								
Typischer mittlerer Schmierölverbrauch bei Volllast	g/kWh	0,20								
Kühlwasserinhalt Motor / Kvs Wert	dm ³ / m ³ /h	28 / 30,8	- mit Glykol							
Kühlwassertemperatur Motor Eintritt / Austritt max.	°C	84,0 / 91,0	(84,0 / 91,0)							
Kühlwasserumlaufmenge Motor min. / max.	m ³ /h	16 / 30								
Kühlwasserumlaufmenge Motor / Druckverlust	m ³ /h / bar	25,4 / 0,68	(27,3 / 0,79)							
Gemischkühlwasserinhalt Motor / Kvs Wert	dm ³ / m ³ /h	5,0 / 10,4								
Gemischkühlwassertemperatur Eintritt / Austritt	°C	50,0 / 52,3	(50,0 / 52,5)							
Gemischkühlwasserumlaufmenge / Druckverlust	m ³ /h / bar	8,0 / 0,59	(8,0 / 0,59)							
Generator	Marelli MJB 355 MB 4 oder gleichwertig									
Generatorfabrikat / Typ	V / Hz 400 / 50									
Spannung / Frequenz	min ⁻¹ 1500									
Drehzahl										
Generator Wirkungsgrad (bei cosphi = 1,00)	%	96,50	96,50 95,70							
Lastart	%	100	75 50							
Motorleistung nach ISO 3046/1	kW	415	311 209							
Mittlerer effektiver Druck	bar	19,0	14,2 9,6							
Abgastemperatur	ca. °C	442	483 503							
Abgasgewicht feucht	ca. kg/h	2147	1635 1137							
Verbrennungsluftmenge - ISO 3046/1	ca. kg/h	1979	1505 1044							
Energiebilanz	(Toleranz auf Wärmeleistungen ± 8%)									
Elektrische Klemmen Leistung (bei cosphi = 1,00)	kWel	400	300 200							
Kühlwasserwärme	kW	201	150 114							
Gemischwärme NT bei Wassereintrittstemperatur	50 °C kW	21	13 10							
Abgaswärme bei Kühlung bis	150 °C kW	197	171 128							
Strahlung Motor	kW	19	15 11							
Strahlung Generator	kW	15	11 9							
Brennstoff Einsatz (Toleranz + 5%)	kW	941	729 519							
Spezifischer Brennstoffeinsatz	kWh / kWh	2,27	2,34 2,48							
Mechanischer Wirkungsgrad	%	44,1	42,7 40,3							
Elektrischer Wirkungsgrad	%	42,5	41,2 38,5							
Thermischer Wirkungsgrad (Abgas gekühlt bis 150 °C)	%	42,3	44,0 46,6							
Gesamtwirkungsgrad	%	84,8	85,2 85,1							
Anlagenbedingungen	MWM " Aufbau von Energieanlagen " beachten									
Zuluftmenge bei ΔT = 15 K	ca. kg/h	11978 (einschließlich Verbrennungsluft)								
Ansaugtemperatur										
Minimum / Auslegung	Aufstellhöhe	°C	20 / 25 100 m							
Abgasgedrückt von / bis	mbar	30 / 50								
Maximaler Ansaugdruckverlust vor Filter	mbar	5,0								
Nulldruckregelstrecke: Gasfließdruck als Festwert, wählbar zwischen	mbar	20 / 200	(TR 0199-99-3017 beachten)							
Vordruckregelstrecke: Gasfließdruck als Festwert, wählbar zwischen	bar	0,5 / 10	(TR 0199-99-3017 beachten)							
Starterbatterie 24V, erforderliche Kapazität	Ah	143								
Leergewicht Motor	kg	1810								
Leergewicht Aggregat	kg	4500								
Schallemissionen (in 1m)										
TCG 2016 V08 C	Frequenzband	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Abgasschall	120 dB(A) ± 2,5	dB(lin)	108	125	123	116	114	112	107	103
Luftschall	97 dB(A) ± 1,0	dB(lin)	85	85	91	93	87	88	92	91