



Dr. sc. Nusret Imamović, dipl.ing.maš.

ENERGIJSKA EFIKASNOST KAO ELEMENT IZVRSNOSTI U ISKORIŠTAVANJU POTENCIJALA BIOMASE





Potrošnja energije u EU i BiH



Svijet se danas suočava sa dva velika energetska problema:

1. Nedostatak energije i nesigurnost u njenoj opskrbi;
2. Zagađenje okoliša i klimatske promjene uzrokovane prevelikom i neracionalnom potrošnjom energije.

Evropa, iako danas energetski najefikasniji kontinet, još uvijek troši oko 20 % više energije nego što to može ekonomski opravdati.

Ovaj podatak je jasan pokazatelj da u EU postoje značajni tehnički i ekonomski potencijali za uštede energije, koji se ne ispunjavaju zbog brojnih postojećih barijera koje sprečavaju pomak tržišta prema energetski učinkovitijim tehničkim rješenjima i ponašanjima.





Potrošnja energije u EU i BiH



- BiH je uprkos niskoj potrošnji energije po stanovniku veliki rasipnik energije.
- BiH troši veliku količinu energije po jedinici društvenog proizvoda, gotovo 5 puta više od zemalja EU i 2,5 puta više od svjetskog prosjeka.





Terminološka analiza



- Na našem govornom području upotrebljava se termin ***energetska efikasnost***.
- Engl. riječ ***Energy efficiency*** koja se prevodi kao ***energijska efikasnost***.
- ***Energijska efikasnost*** - pokazuje koliki se dio ulazne energije u sistemu može pretvoriti u korisni izlaz
- ***Energetska efikasnost*** - smatra se proces smanjivanja potrošnje energije uz zadovoljavanje istih potreba za energijom, tj. proces racionalnog korištenja energije.





Energetska oznaka



Evropska unija tako definira sedam kategorija (klasa) uređaja:

- Vrlo efikasni (A,B),
- Dobri (C),
- Prosječni (D,E),
- Neefikasni uređaji (F,G).



Potrošnja u odnosu na referentni uređaj	Kategorija
<55%	A
55-75%	B
75-90%	C
90-100%	D
100-110%	E
110-125%	F
>125%	G



Energy star - Uređaji koji zadovoljavaju određene specifikacije u potrošnji energije ili imaju dodatne funkcije koje omogućuju uštedu energije, oko četvrtina najboljih uređaja, dobivaju oznaku





- **Energetska efikasnost** (učinkovitost) je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije, tako da nivo udobnosti i stopa proizvodnje ostanu očuvane.
- Jednostavnije rečeno, energetska efikasnost jeste upotreba manje količine energije (energenta) za obavljanje istog posla, tj. funkcije (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjeta, proizvodnja različitih proizvoda, pogon vozila, i dr.).





Energijska efikasnost kao mjere izvrsnosti industrijskog pogona



- Bitno je napomenuti da se **energetska efikasnost** nikako ne smije posmatrati kao **štednja energije**, jer štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok efikasna upotreba energije nikada ne narušava uslove rada i življenja (a donosi novčane uštede).
- Takav pristup (promišljanje) se može primijeniti i **na anaerobnu digestiju (AD) otpada iz industrije**-govoreći o izvrsnosti pogona kroz energijsku efikasnost (indeks) u nastojanju što veće primjene **biomase (bioenergije)**.





Primjena anaerobne digestije



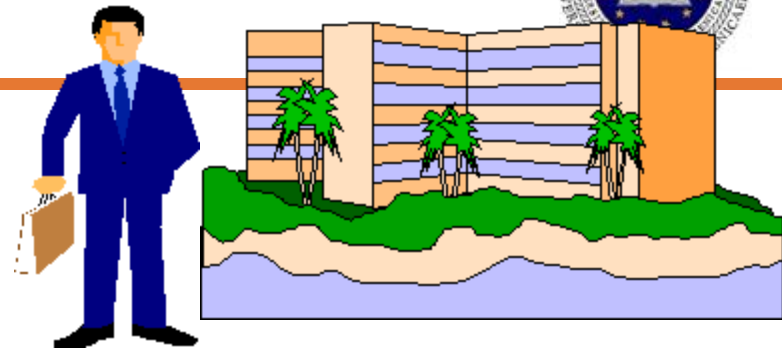
- smanjenje ovisnosti od fosilnim goriva,
- jača borbu protiv globalnog zatopljenja,
- smanjenje emisija plinova sa efektom staklene bašte,
- snaži održivo upravljanje otpadom ,
- čuvanje primarnih izvora energije,
- ublažavanje klimatskih promjena i poboljšanje kvaliteta zraka.





Mesna industrija

Čovjekove aktivnosti i industrija
produkuju otpadne materije
(tečene, čvrste i plinovite)



Mesna industrija



Vrste otpada	Feeding	Spaljivanje	Kompostiranje	Fermentacija
tečno dubirivo	stajnjak	-	riječi	+
kanalizacijski otpad	krv	0	gradska deponija	0
biootpad	glave, rogovi, papci	-	gradska deponija	+
trava s livada	jestivi klaonički proizvodi	-	procesuiranje za tržište	-
kanalizacijski otpad, biološki kontaminiran	crijeva	-	procesuiranje za tržište	-
otpadne masti	stomačni sadržaj	-	kompostiranje	+
	nejestivi klaonički proizvodi	-	gradska deponija	+
otpad iz klaonica i mesne industrije	-	-	0	+
drvo i šumski otpad	kosti	+	gradska deponija	-
izmet	masti	-	kao efluent i onda u rijeku	-
slama	čišćenje	0	površinska voda (npr. rijeke)	0



Prinos bioplina



Spoj	Udio (% volumski)	Spoj	Udio (% volumski)
metan (biometan, CH ₄)	50-70	dušik (N ₂)	< 2
ugljen dioksid (CO ₂)	25-45	amonijak (NH ₃)	< 1
vodena para (H ₂ O)	2 (20°C) – 7 (40°C)	vodik (H ₂)	< 1
kisik (O ₂)	< 2	sumporvodik (H ₂ S)	< 1

Supstrat	Litra plina/kg suhe tvari	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
bjelančevine	700	70-71	29-30
masti	1200-1250	67-68	32-33
ugljikohidrati	790-800	50	50

Supstrat	Udio metana (%)	Ukupno bioplina (m ³ /t svježeg supstrata)
tekuća gnojnica (krava i goveda)	60	25
tekuća gnojnica (svinje)	65	28
gnoj goveda	60	45
gnoj svinja	60	60
gnoj peradi	60	80



Prinos bioplina



WBCInno

Supstrat	Prinos bioplina (m ³ /t)
prirodno goveđe đubrivo (85-88% vlage)	54
prirodno svinjsko đubrivo (85% vlage)	62
svinjsko đubrivo (94% vlage)	25
ptičji stanično đubrivo (75% vlage)	103
ptičji izmet (60% vlage)	90
kukuruzna silaža	180
svježa trava	200
mliječan sirutka	50
žito, brašno, kruh	538
ostaci jela od voća i povrća (80% vlage)	108
šećerna repa (78% vlage)	119
šećerni sirup	633
digestirana zrna žitarica (93% vlage)	40
digestirana zrna šećernog sirupa (90% vlage)	50
brewery spent grains (82% vlage)	99
kukuruzna pulpa (80% vlage)	85
krompirska pulpa (91% vlage)	32
masti(čiste, 0% vlage)	1300
masne pulpe (nakupine nakon čišćenja)	250
klaonički otpad (samo krv, stomačni sadržaj, meka tkiva)	300
tehnički glicerol	500
riblji ostatak	300

Modernization of WBC universities through strengthening of structures
and services for knowledge transfer, research and innovation



Tempus



Faze procesa anaerobne digestije



WBCIn

Složeni polimeri: ugljikohidrati,
proteini, masti

hidroliza

se razgrađuju u monosaharide,
masne kiseline i aminokiseline

monomeri

acidogeneza

monomere preuzimaju bakterije i
pretvaraju ih u H_2 , CO_2 , hlapljive
masne kiseline i alkohole kroz
proces fermentacije

$H_2 + CO_2$

propionska/ maslačna
kiselina

acetogeneza

hlapljive masne kiseline, H_2 i
 CO_2 se djelomično metaboliziraju
u octenu kiselinu

Octena kiselina

$H_2 + CO_2$

metanogeneza

octena kiselina, H_2 i CO_2 se
pretvaraju u CH_4 and CO_2

Bioplin ($CH_4 + CO_2$) i ostatak

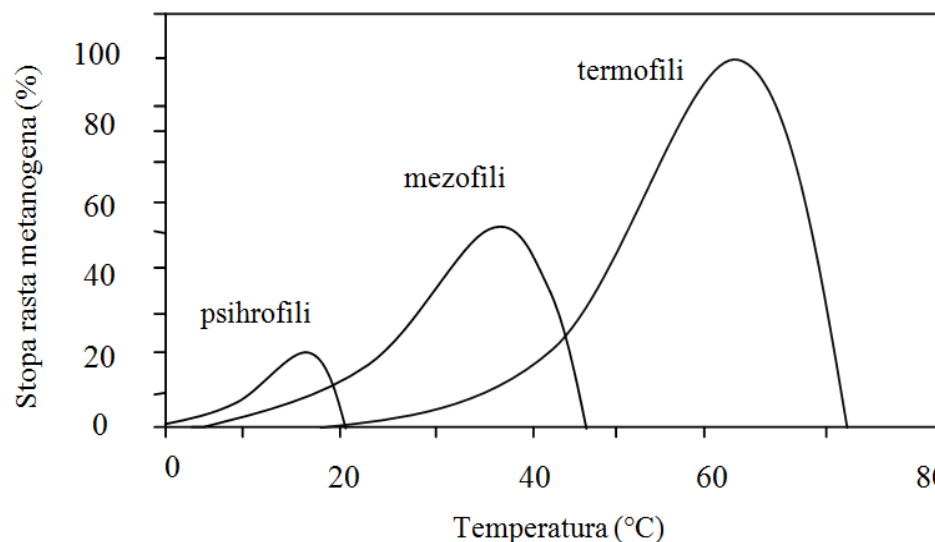


Uticajni parametri procesa anaerobne digestije

$$OLR = \frac{Q \cdot S}{V}$$

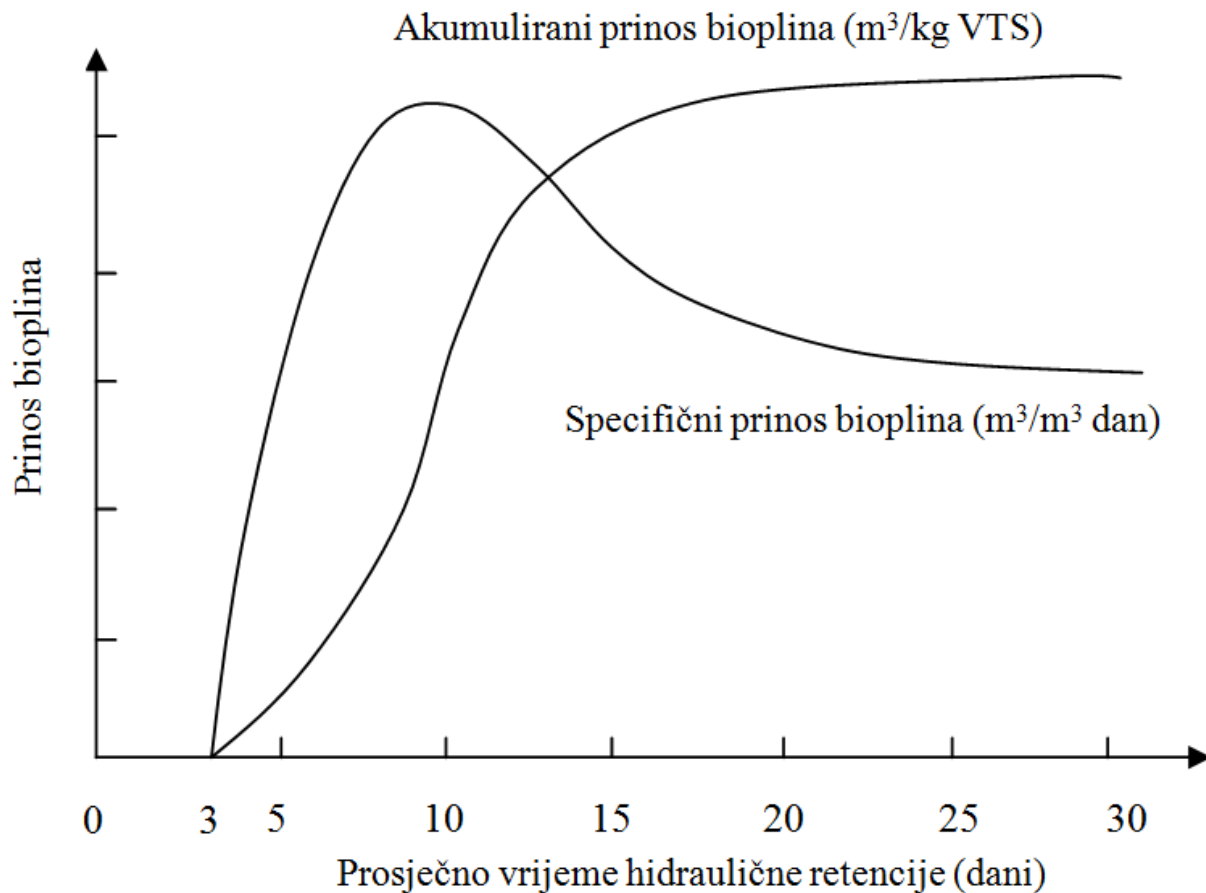
Na uspješnost metanogeneze utiče niz faktora kao što su:
sastav sirovine (koncentracije),
intenzitet doziranja supstrata,
temperatura i pH vrijednost supstrata,
miješanje i dr.

- ukupna čvrsta tvar (TS),
- ukupna isparljiva tvar (VTS),
- **vrijednost pH,**
- hemijska potrošnja kisika (HPK),
- volatilne masne kiseline (VFA),
- amonijak,
- ukupni azot,
- ukupni fosfor,
- alkalitet, i
- sulfide.





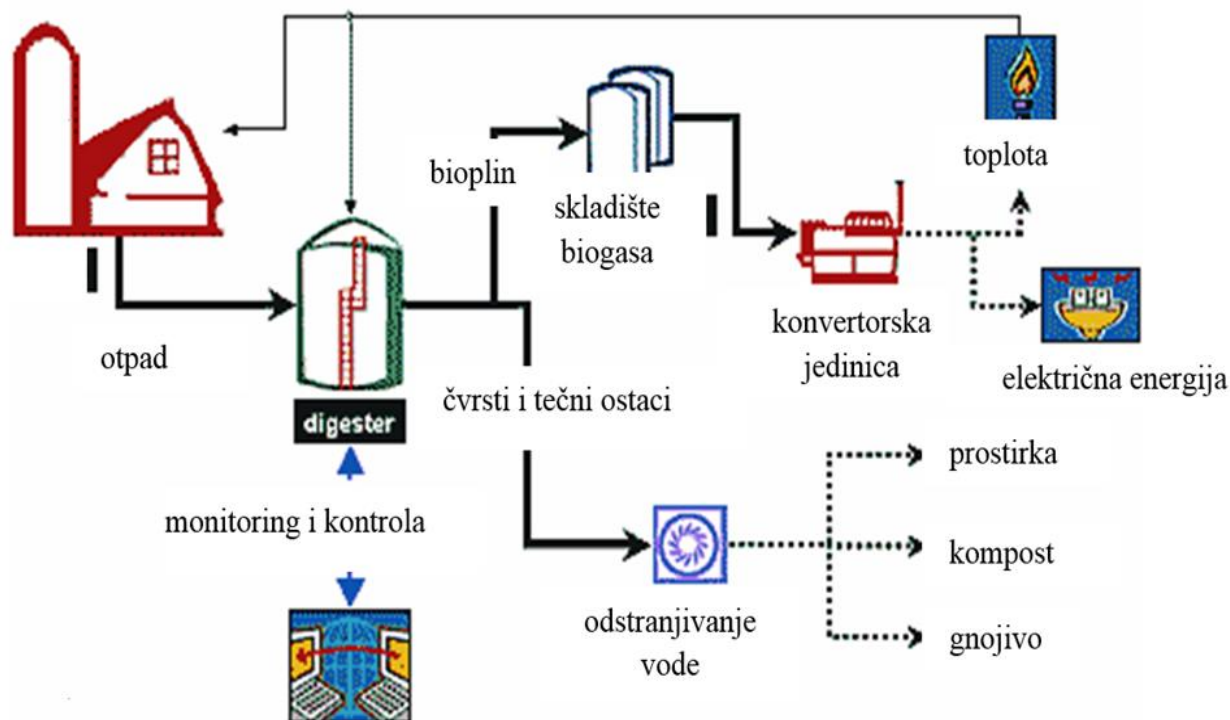
Prinos bioplina i vrijeme





Monitoring procesa

Prosta shema tipskog postrojenja sa osnovnim tehnološkim postupcima



Važno je izraziti efikasnost rada bioreaktora preko energijskog indeksa.



Faze istraživanja



WBCInno

Eksperimentalna istraživanja su podijeljena u dvije faze:

- prva faza eksperimentalnog istraživanja obuhvatila je određivanje potencijala prinosa biometana putem BMP testa, i
- druga faza eksperimentalnog istraživanja predstavlja anaerobno digestiranje odabranog otpada (pogodne mješavine uspostavljene BMP testom) na modelima anaerobnih bioreaktora (CSTR i PF).





Modeli bioreaktora



Za ovo istraživanje prinosa biometana odabrana su dva laboratorijska modela bioreaktora:

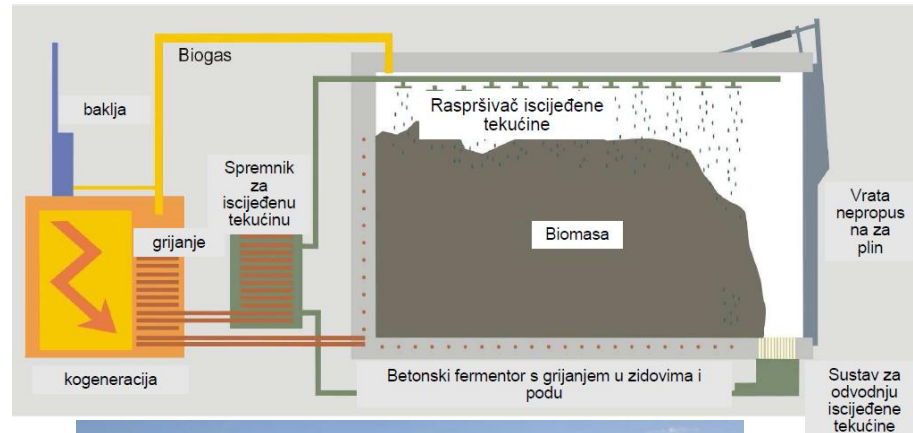
- standardni protočni bioreaktor sa kontinuiranim miješanjem **(CSTR)** gdje su kao uticajni faktori procesa odabrani **temperatura (t) i broj okretaja mješača (n)**, i
- bioreaktor sa klipnim (čepolikim) kretanjem sadržaja **(PF)** uz povremeno miješanje, gdje su uticajne varijable procesa bili **temperatura i ugao nagiba bioreaktora** u odnosu na horizontalnu površinu.





Izgrađena bioplinska postrojenja

UNIVERSITY OF ZENICA
CENTAR ZA INOVATIVNOST I PROJEKTOVANJE



universities to
knowledge

Tempus



Mesna industrija u FBiH



Nusproizvodi životinjskog porijekla iz sektora proizvodnje i prerade mesa, na temelju podataka proizvodnje mesa i količina otpada koje nastaju u pogonima za proizvodnju i preradu mesa, procijenjene godišnje količine nusproizvoda životinjskog porijekla **u FBiH iznose oko 11.000 t.**

U ovo entitetu **postoji 12 objekata za preradu mesa većeg kapaciteta** registriranih od strane Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva.

U Federaciji BiH je registrirano **oko 200 klaonica.**





Odabrani otpadi iz mesne industrije



- U većem dijelu eksperimenta, prevashodno u smislu početne karakterizacije otpada, korišten je otpad iz mesne industrije **„Bajra“ d.o.o. Dolac na Lašvi**, Travnik.
- U nastavku eksperimenta, u nekoliko navrata se snabdijevalo klaoničkim otpadom iz klaonice **„Mujanović“ d.o.o. Kobilja Glava iz Sarajeva**, koji potpuno odgovara predmetnom, odabranom (kategoriziranom) otpadu MI „Bajra“ d.o.o.



Vrste i procijenjene količine ulaznog otpada

Oznaka otpada	Vrsta otpada	Procijenjena količina na nivou MI „Bajra“ (t/god)
Otpad broj 1. (O1)	Stajnjak (stajski gnoj, stajsko đubre, slika 1.)	1.330
Otpad broj 2. (O2)	Nejestiva iznutrica, sadržaj iz želuca, mulj od ispiranja i čišćenja, te ostaci mesa (slika 2.)	350



Slika 1. Uzorak ispitivanog otpada O1



Slika 2. Uzorak ispitivanog otpada O2



Laboratorijska analiza izvršena je na 5 uzoraka animalnog otpada:



WBCInno

- osnovni otpad (O1): goveđi stajnjak;
- osnovni otpad (O2): nejestiva iznutrica, sadržaj iz želuca, mulj od ispiranja i čišćenja, te ostaci mesa;
- mješavina 1 (M1) - O1: O2=80:20;
- mješavina 2 (M2) - O1: O2=50:50;
- mješavina 3 (M3) - O1: O2=20:80.

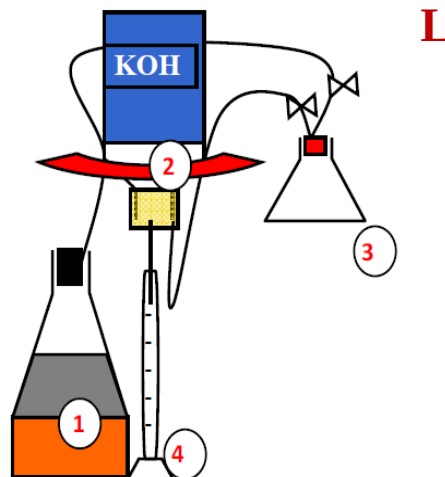
Urađen je eksperiment inokuluma (38 g) sa otpadima O1 i O2 iz MI sa po dva (2) ponavljanja za sljedeće kombinacije:

- inokulum + 1 g O1;
- inokulum + 2 g O1;
- inokulum + 1 g O2;
- inokulum + 2 g O2.





Određivanje potencijala biorazgradnje (BMP test)



Laboratorijska oprema i metode rada

- 1 Reakciona posuda napunjena mješavinom anaerobnog mulja i različitom količinom otpada koji se ispituje
- 2 Boca napunjena sa alkalnom otopinom (Mariottova boca) 3% rastvor KOH
- 3 Sigurnosna posuda za sprječavanje povrata alkalne otopine u reakcionu posudu
- 4 Mjerna posuda (menzura)

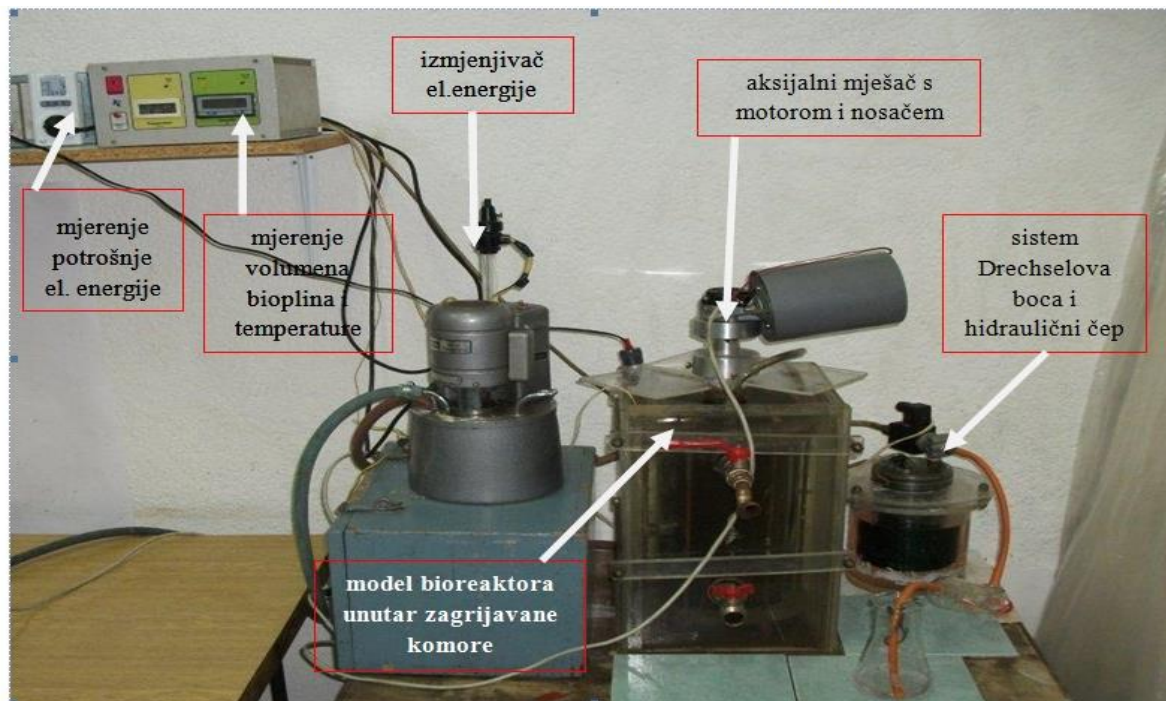
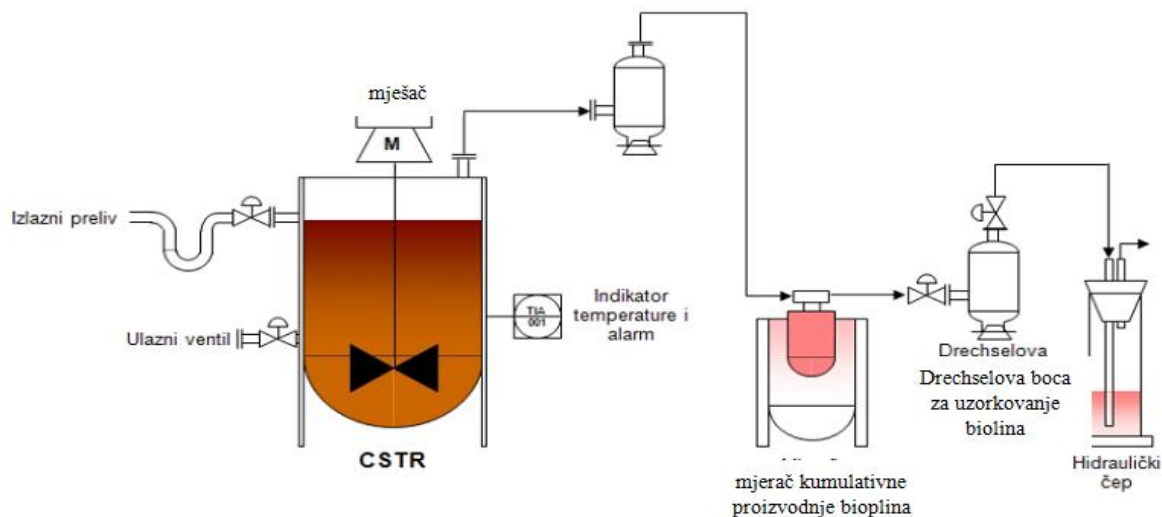




Standardni protočni kotlasti bioreaktor sa stalnim miješanjem (CSTR)



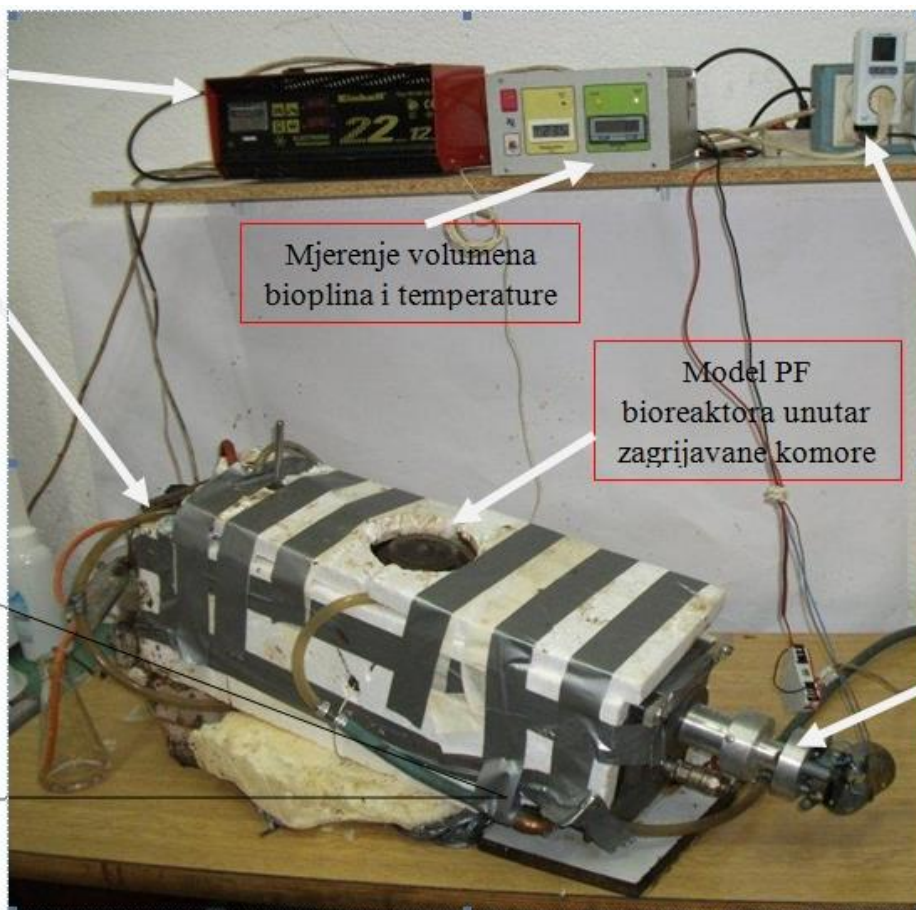
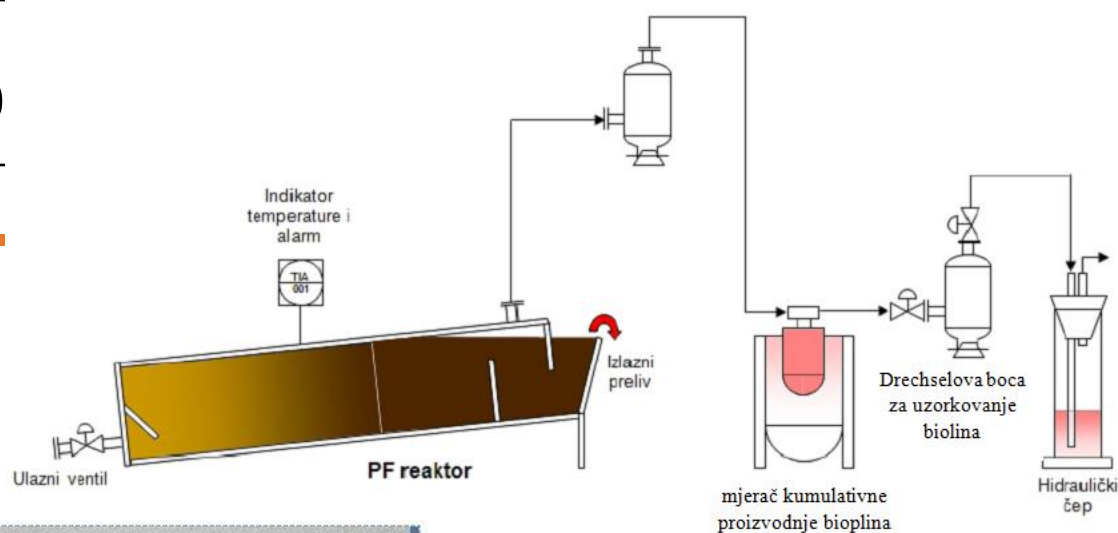
WBCInno





Plug flow bioreaktor (PF)

WBCInno



Ultra termostat

Sistem
Drechselova
boca i
hidraulički čep

Mjerenje volumena
bioplina i temperature

Model PF
bioreaktora unutar
zagrijavane komore

Instrument za
mjerenje
potrošnje
električne
energije

Aksijalni
mješać s
motorom i
nosačem



Definisanje energijskog indeksa rada anaerobnih bioreaktora



Zagrijavanje bioreaktora
i miješanje

Noise - parametri procesa

Kumulativna količina
biometana (m³) x 9,55
kW/m³ CH₄

Utrošena električna
energija

Parametar ulaza

Black box
**Anaerobni
bioreaktora**

Ekvivalent na
električna energija

Parametar izlaza

$Y_{ul} = \text{kWh/kg}$ otpada u bioreaktoru

$Y_{iz} = \text{kWh/kg}$ doziranog otpada

$$Ei = \frac{Yi}{Yu}$$

Energijski indeks Kao uspješnost procesa

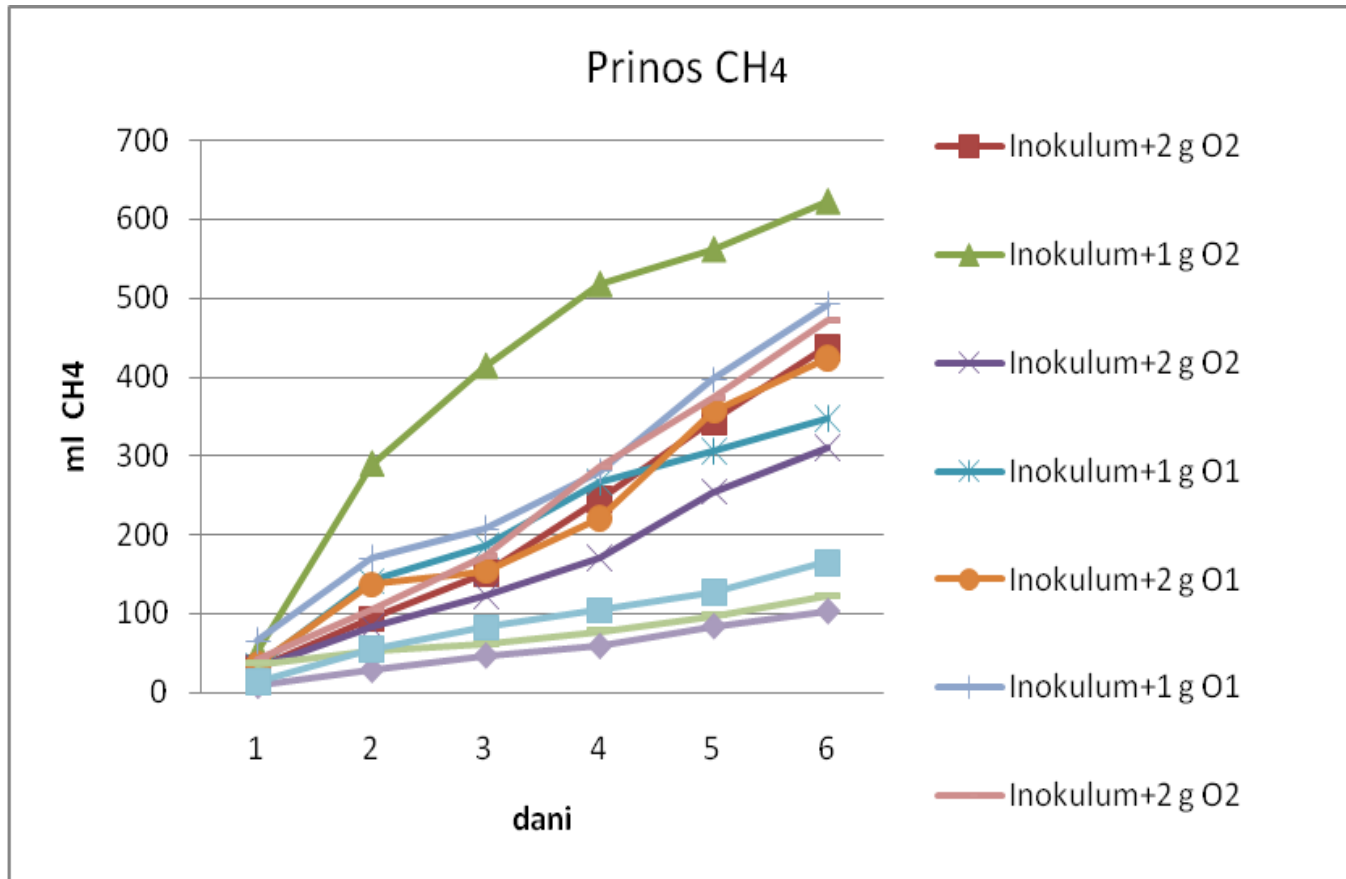




REZULTATI I ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA

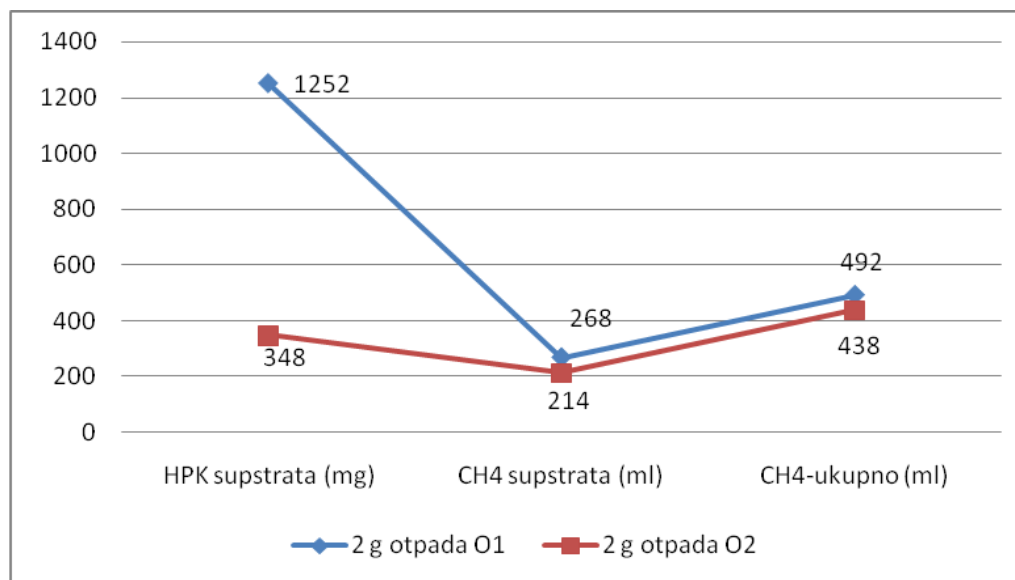
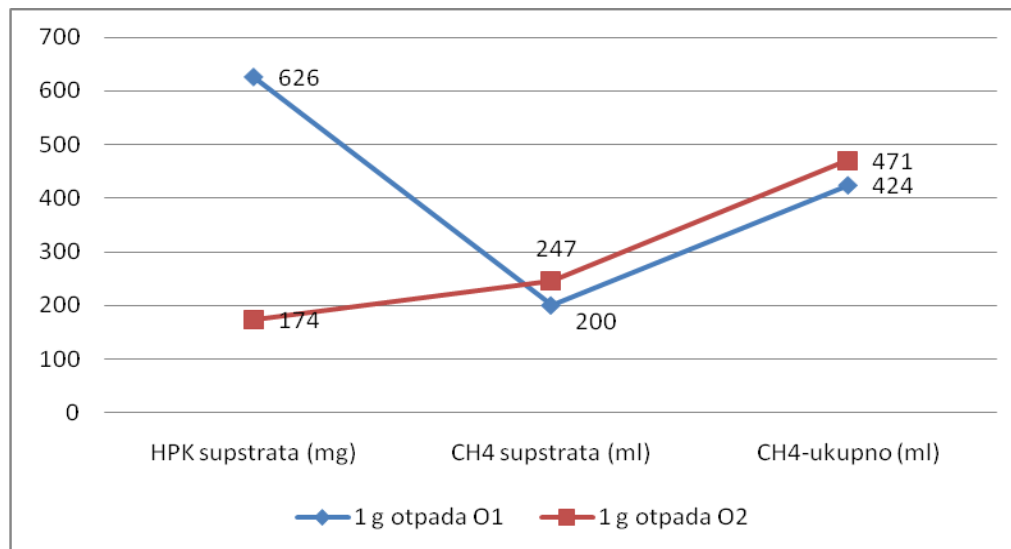


Grafički prikaz produkcije metana po danima i bocama.





REZULTATI I ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA





REZULTATI I ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA



WBCInno

Rješavanjem sistema jednačina po otpadima i po količinama dobija se prinos od **0,497** ml CH_4/mg HPK, odnosno prinos od **0,487** ml CH_4/mg HPK.

Prema ovim pokazateljima jasno je da su dobijeni dobri uvjeti slaganja prinosa prema otpadima i prema doziranim količinama istih. Nastalo odstupanje se pripisuje stepenu povjerenja **od 95 %**.

Za odabir potrebne mješavine otpada koristit će se manja vrijednost od 0,487 ml CH_4/mg HPK. To znači, da najveći prinos ima ona mješavina sa najvećim HPK.

To je mješavina **M1 sa omjerom ulaznih otpada $\text{O1}:\text{O2}=80:20$** i sa prosječnom količinom HPK od 526 mg/g (standardne devijacije ± 11).





REZULTATI I ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA



WBCInno

Projekcija električne i toplinske energije iz MI na osnovu BMP testa
produkcija metana: 435.475 m³

9,55 kWh/m³CH₄ za goveđi, stajski i muljeviti otpad

4.158.787 kWh energije na godišnjem nivou

Za stepen iskorištenja 38 %, se procjenjuje na 1.580.339 kWh_{el}, dok se proizvodnja toplotne energije očekuje u iznosu 2.287.333 kWh_{top}, za stepen iskorištenja 55 %.

Ukoliko bi pogon radio tokom cijele godine - postrojenje od 262 kW.





Rezultati istraživanja na laboratorijskom CSTR modelu bioreaktora



WBCInno

Uticajni faktori		Nivoi faktora	
		Donji nivo (-1)	Gornji nivo (+1)
Temperatura	A= t (°C)	25	35
Broj okretaja mješača	B= n (o/min)	10	20

Nivoi faktora CSTR digestora

Plan matrica i ukupni rezultati eksperimenat za CSTR.

kombinacija	Prirodne vrijednosti faktora		Kodirane vrijednosti faktora		Ukupna količina bioplina (l)	Prosječni udio CH ₄ u bioplinu (%)	Ukupna količina CH ₄ (Σy _i) (l)	Ukupna potrošnja električne energije (kWh)
	t	n	A	B				
	(°C)	(o/min)						
(1)	25	10	-1	-1	67,9	52,78	35,84	11,77
a	35	10	1	-1	120,96	58,9	71,25	12,88
b	25	20	-1	1	85,4	68	58,04	12,22
ab	35	20	1	1	100,85	57,4	58,97	16,27





Vrijednosti energijskog indeks CSTR modela.



eksperiment alne tačke	ukupna količina CH ₄ (l)	ukupna količina CH ₄ (m ³)	IE (kWh/kg)	UE (kWh/kg)	Ei
(1)	35,84	0,036	0,173	0,178	0,97
a	71,25	0,071	0,345	0,195	1,77
b	58,04	0,058	0,281	0,185	1,52
ab	58,97	0,059	0,285	0,246	1,16

Zagarantovana otkupna cijena električne energije u FBiH za elektrane na bioplin je izdiferencirana u četiri nivoa s obzirom na nazivnu snagu, i iznosi:

- 0,1484 KM/kWh za snagu do 150 kW,
- 0,1459 KM/kWh za snagu od 150kW do 1 MW;
- 0,1434 KM/kWh za snagu od 1MW do 10 MW;
- 0,1410 KM/kWh za snage preko 10 MW.

Razlika snaga iznosi **67 kW_{el}**.

To govori da se energijski, od ukupnog (realnog) biodegradibiliteta mješavine, može iskoristiti svega **25,5 %**.

Referentna cijena električne energije u FBiH iznosi 0,1226 KM/kWh, a za izračunavanje se koristi **Uredba o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije** (“Službene novine Federacije BiH”, broj: 36/10, 11/11, 88/11).





Energijski indeks rada PF modela



WBCInno

Eksperimentalne tačke-kombinacije	Ukupna količina CH ₄ (l)	Ukupna količina CH ₄ (m ³)	IE (kWh/kg)	UE (kWh/kg)	Ei
(1)	106,39	0,106	0,257	0,251	1,026
a	108,77	0,109	0,263	0,503	0,523
b	112,7	0,113	0,273	0,346	0,788
ab	139,74	0,140	0,338	0,594	0,569

Okvirna finansijska projekcija:

Računajući da postrojenje radi tokom cijele godine (8760 h) dobije se nazivna instalirana snaga od 50 kW_{el}.

Dobivena snaga spada u prvu kategoriju do 150 kW (0,1484 KM/kWh).

U ovom slučaju, ostvarena novčana dobit na godišnjem nivou bi iznosila **12.523,00 KM**.





ZAKLJUČAK



WBCInno

- izvršena je fizičko-hemijska analiza osnovnih vrsta otpada i njihovih mješavina, nakon čega je izvršen BMP test koji je odredio mješavinu otpada iz MI s najboljim prinosom biometana;
- utvrđen je karakter uticaja temperature procesa, broja okretaja mješača i nagiba bioreaktora na prinos biometana u odnosu na OLR;
- monitoringom laboratorijske postavke procesa AD za oba bioreaktora dostignuto je u prosjeku 70 % uklanjanja organske materije iz otpada, međutim (E_i) ukazuje na neodrživ proces.

Dodatne benefite treba potražiti:

- u cijeni koštanja odloženog otpada;
- u varijantama kodigestiranja s bogatim organskim otpadima (sa siromašnim nutrijentima);
- u primjeni predtretmana višekompleksne u nižekompleksne organske spojeve (hidroliza, zagrijavanje, saponifikacija).





Razlozi takve vrijednosti:

Nedostatak : VRIJEME PROMATRANJA



Preporuke u cilju poboljšanja prinosa bioplina-energijskog indeksa:

- dužem vremenskom periodu s dodatnim ispitivanjem u centralnim tačkama eksperimentalnog plana,
- ispitivanje prinosa bioplina kod PF za vrijeme konstantnog (pomoćnog) miješanja
- kodigestiranja otpada iz MI sa drugim biorazgradivim otpadom (s tendencijom na termofilno temp. područje)
- ispitivanje drugih uticajnih faktora na drugim tipovima bioreaktora (ili pak na „full-scale“ postrojenju)
- optimizacija procesa AD u smislu prinosa biometana kod odgovarajućeg predtretmana
- optimizacija procesa AD usmjerana na kontrolirani unos aditiva (enzima) u bioreaktor (sa ili bez predtretmana).





WBCInno



Hvala na pažnji

