

Od biootpada do biogasa

BIOGAS Know-how_2

giz

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

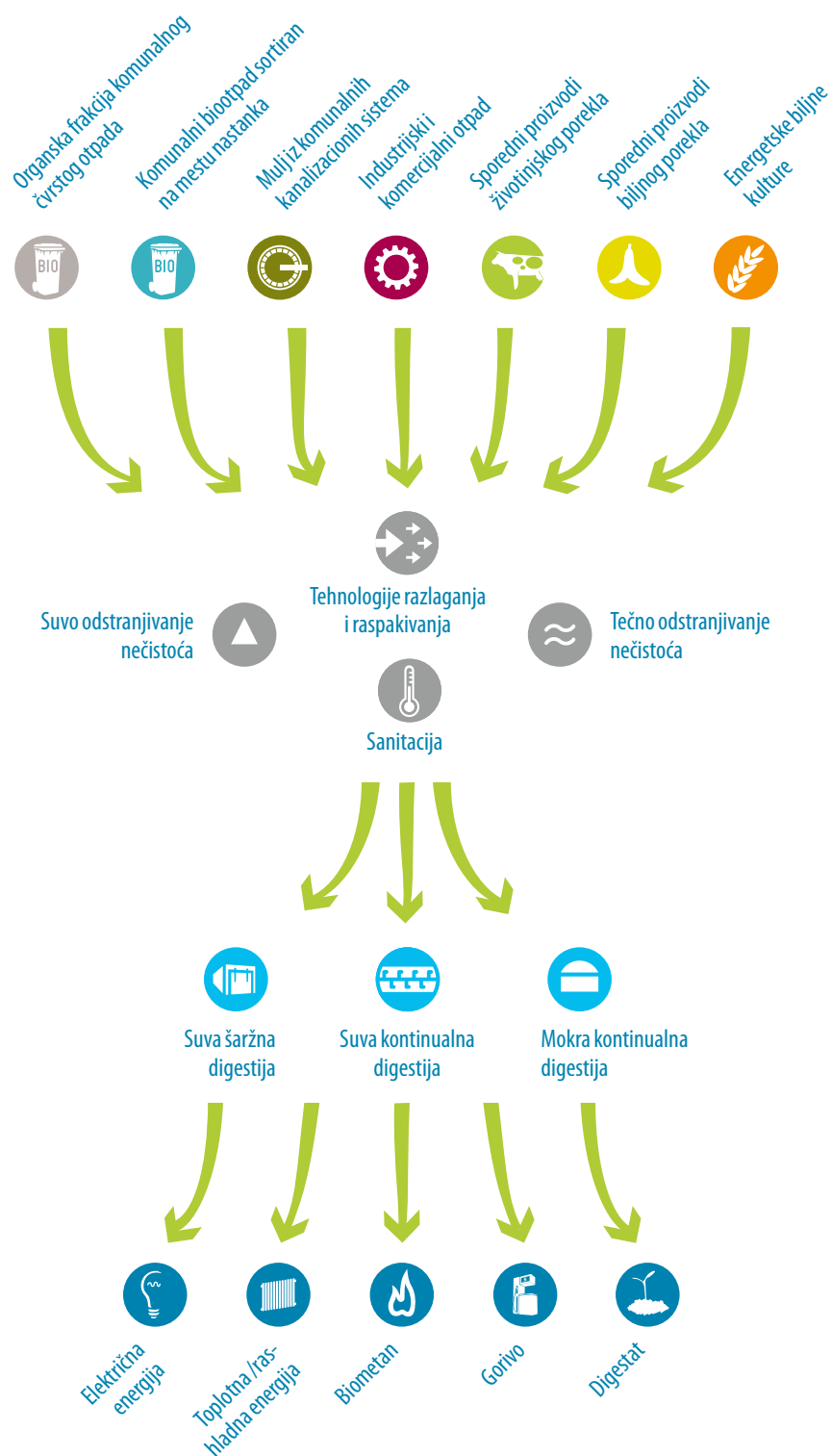


**Fachverband
BIOGAS**

German Biogas Association
www.biogas.org

OD BIOOTPADA DO BIOGASA

PROIZVODNJA ENERGIJE I ĐUBRIVA OD ORGANSKOG OTPADA



Prikazani simboli korišćeni su u celoj brošuri.

Sadržaj

Izjave	4
Predgovor	5
1 Uvod	6
2 Prednosti digestije otpada	8
3 Moguće sirovine	9
4 Sakupljanje komunalnog otpada	12
5 Priprema sirovina	15
6 Proizvodnja biogasa i digestata	17
7 Digestorska tehnologija	18
7.1 Mokra kontinualna digestija	19
7.2 Suva kontinualna digestija	20
7.3 Suva šaržna digestija	21
7.4 Ostale digestorske tehnologije.....	21
8 Primena biogasa	23
9 Ostale publikacije	25
Referentna postrojenja	27
Organizacije	37
Impresum	39



Izjave



‘Održivo snabdevanje energijom okrenuto ka budućnosti moguće je samo uz optimalno kombinovanje karakterističnih prednosti svakog od obnovljivih izvora energije. Biogas obezbeđuje fleksibilnost – može se koristiti u nedostatku vetra ili sunca. Mogućnosti biogasa su višestruke – može se koristiti za dobijanje električne i toplotne energije, goriva i đubriiva od organskih resursa koji se obezbeđuju na regionalnom nivou, pouzdani su i imaju povoljno dejstvo na klimatske uslove. Biogas je put kojim treba ići!’

– Horst Seide, predsednik Nemačkog Biogas Udruženja



‘Energija predstavlja osnovni segment održivog razvoja. Sa tačke gledišta razvojne politike, biogas nudi mnoge prednosti: od otvaranja novih radnih mesta i obezbeđivanja decentralizovane i čiste energije do ruralnog razvoja i smanjenja gasova sa efektom staklene bašte. Unapređenjem prakse u upravljanju čvrstim otpadom, mogu se osigurati značajne prateće koristi, kao što su smanjenje opasnosti po zdravlje ljudi i bolja resursna efikasnost.’

– Dr Christoph Beier, podpredsednik Upravnog odbora GIZ



‘Biogas predstavlja vezu između energije iz obnovljivih izvora, kružne ekonomije i upravljanja otpadom. Biogas je takođe jedan od nekoliko načina da se građanima predstave konkretne koristi kružne ekonomije, s obzirom da su zatvoreni krugovi organskih sirovina, pre svega, lokalnog karaktera. Konačno, biogas predstavlja i izvrsno sredstvo za borbu protiv energetskog siromaštva u lokalnim zajednicama, kao i za razvoj decentralizovanih opcija za upravljanje otpadom. U ovoj brošuri je prikazan ostvareni napredak, kao i izazovi u oblasti biogasnih tehnologija i nadam se da će biogasni projekti širom sveta dovesti do unapređenja reciklaže organskog otpada.’

– Antonis Mavropoulos, predsednik Međunarodno udruženje za čvrsti otpad



“Biogas elektrane ne bi trebalo posmatrati isključivo kao proizvođače električne energije, već bi ih trebalo sagledati kroz celokupan proces. Iako je proizvodnja električne energije primarni cilj i svrha biogas elektrana, nikako ne bi trebalo zanemariti i njihove mnogobrojne pozitivne uticaje na životnu sredinu. Putem proizvodnje kvalitetnog organskog đubriva poboljšava se kvalitet samog zemljišta i smanjuje potreba za upotrebom veštačkih đubriva. Međutim, ono što je možda najbitnije, biogasne elektrane rešavaju mnoge ekološke probleme, zbrinjavajući biološki i organski otpad. Ovde ne govorimo samo o ekološki efikasanom načinu zbrinjavanja otpada, već o tome da taj otpad dobija novu ekonomsku vrednost u vidu električne i toplotne energije, kao i organskog đubriva.”

– Danko Vuković, predsednik Upravnog odbora Srpskog Biogas Udruženja

Predgovor

Primena biogasne tehnologije doživela je značajan rast u poslednjih petnaest godina, naročito u Nemačkoj. Do kraja 2017. godine, blizu 9.500 postrojenja za biogas, od oko 13.400 koliko ih ima u Evropi, nalazilo se u Nemačkoj. U njima se vrši digestija komunalnog i industrijskog biootpada (688 postrojenja), stajnjaka, drugih ostataka od poljoprivrede, kao i energetskih biljnih kultura (12.721 postrojenja). Ako se tom broju dodaju i postrojenja na bazi gasa dobijenog sa deponija i iz kanalizacionih sistema, ukupan broj postrojenja za biogas u Evropi iznosi 17.783.

Ova postrojenja isporučila su oko pet odsto bruto proizvodnje električne energije u Nemačkoj, sa preko 4GW instalisanog električnog kapaciteta. Takođe, obezbeđuju i toplotnu energiju za domaćinstva, industriju, poljoprivredna gazdinstva i ostale objekte. Osim toga, oko 450 postrojenja za prečišćavanje gasa u Evropi pretvaraju biogas u biometan, koji se može koristiti na sve načine na koje se koristi i prirodni gas, ali i kao pogonsko gorivo. Osim energije iz obnovljivih izvora, postrojenja za biogas proizvode i visokokvalitetna đubriva koja su bogata hranljivim materijama i humusom, što čini biogasnu tehnologiju istinski pogodnom za veliki broj namena.

Do 2019. godine **biootpad je kao sirovina** korišćen u oko 400 postrojenja za digestiju otpada u Nemačkoj, a samo te godine, u oko 135 od ovih postrojenja, iskorišćeno je ukupno dva miliona tona organskog otpada iz domaćinstava, koji je sortiran na mestu nastanka. Globalno posmatrano, proizvodnja biogasa iz otpada je u usponu i verovatno predstavlja najinteresantniji sistem za upravljanje otpadom i proizvodnju energije u većini zemalja u razvoju i novih ekonomija.

S obzirom na to interesovanje i sve veću potrebu za **širenjem biogasne tehnologije** u mnogim zemljama, ova publikacija Nemačkog Biogas Udruženja dolazi u pravo vreme. Nema sumnje da trenutno postoje velike količine organskog otpada i ostataka koje se mogu koristiti za tu namenu, a koje često ostanu neiskorišćene. Umesto toga, ovi materijali, ostavljeni da se razgrade na nekontrolisani način, na kraju počinju da emituju metan, čime negativno utiču na promenu klime.

Ova brošura predstavlja uvod u biogasnu tehnologiju, koja koristi otpad kao sirovinu i navodi načine korišćenja, kao i razne oblike primene ove tehnologije. Između ostalog, ovde su dati opisi bioloških procesa, različiti načini za efikasno korišćenje biogasa, poređenje energetskog

potencijala različitih vrsta sirovina, kao i rukovanje sirovinama i njihovu pripremu. Osim toga, ova brošura donosi pregled digestorskih tehnologija koje se koriste, a bavi se i pitanjima bezbednosti kada se radi o eksploataciji postrojenja za biogas. U drugom delu ove brošure, prikazano je nekoliko **referentnih postrojenja** iz različitih delova sveta.

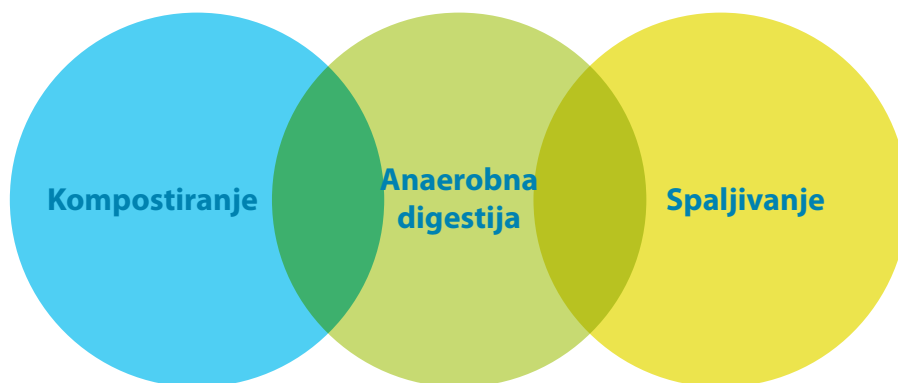
Partneri na ovoj publikaciji su Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Međunarodno udruženje za čvrsti otpad (ISWA) i Udruženje Biogas Srbija, koji promovišu proizvodnju biogasa iz raznih tokova otpada, razmenjuju stečena iskustva u oblasti instaliranja integrisanih sistema za upravljanje otpadom i iznose svoj glas u debati, naročito o ulozi biogasa u **novonastalim i zemljama u razvoju**.

Cilj ove brošure je da doprinese bezbednosti i efikasnosti postrojenja za biogas, koja u proizvodnji organskog đubriva, električne i toplotne energije, kao i biometana (koji se može koristiti i kao pogonsko gorivo) koriste različite vrste sirovina od organskog otpada. Decenije iskustva sa hiljadama postrojenja za biogas, kojima se profesionalno upravlja, dokaz su da je ovo najsavremenija tehnologija, te da zainteresovane strane ne moraju da počinju od nule. Ključ uspeha biogasnih projekata i razvoja tržišta, leži u formiranju partnerstava sa kompanijama i organizacijama koje promovišu i realizuju takve projekte, kao i u korišćenju njihovog bogatog znanja i iskustva.



1 Uvod

U ovoj brošuri akcenat je stavljen na proizvodnju biogasa od otpada različitog porekla, kao što je komunalni otpad koji se sakuplja u domaćinstvima, otpad iz industrijskih i komercijalnih aktivnosti, mulj iz kanalizacionog sistema, kao i otpad u vidu sporednih proizvoda životinjskog i biljnog porekla.



Iako su **proizvodnja energije i đubriva** ključni aspekti biogasne tehnologije, u mnogim zemljama nisu i najvažniji. Biogas je interesantna tehnologija za rešavanje problema komunalnog organskog otpada u gradovima, kao i za sprečavanje zagađenja industrijskim i komercijalnim otpadnim vodama, koje se ispuštaju u površinske vode, naročito u zemljama koje se bore sa prepunim deponijama.

Kompostiranje daje mogućnost da se iz organskog otpada iskoriste hranljive materije, ali ne i energija, dok se spaljivanjem ovog otpada obezbeđuje iskorišćavanje energije, ali bez recikliranja hranljivih materija, jer preostali pepeo obično mora da se odlaže na deponiji. Anaerobna digestija objedinjuje dobijanje, kako hranljivih materija tako i energije iz organskog otpada. Ovo anaerobnu digestiju čini naprednom metodom za reciklira-

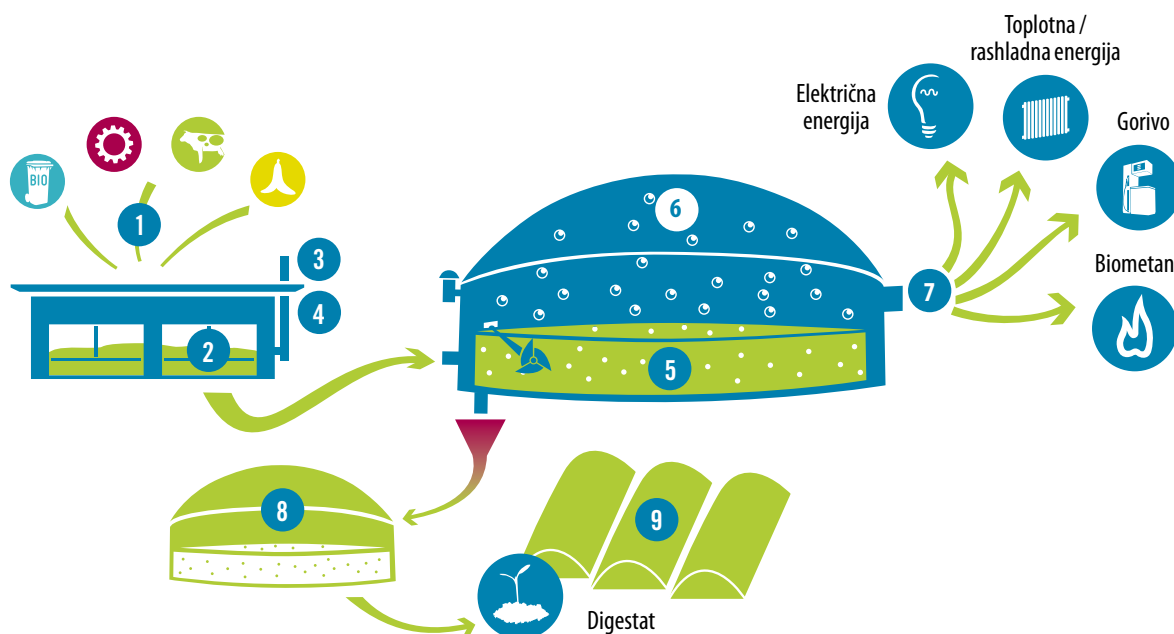
Postrojenje za biogas u kojem se proizvode obnovljiva energija i đubrivo za poljoprivredne regije



nje i tretman otpada koja je višestruko korisna, prema Evropskoj Okvirnoj direktivi o otpadu.

Iako će kroz čitavu bošuru biti postupno objašnjena sva raznolikost biogasne tehnologije, od ulaznih materijala (sirovina) do različitih načina korišćenja za dobijanje energije i đubriva, na samom početku dat je pregled komponenti koje se koriste u postrojenju za biogas na bazi tretmana otpada:

Komponente postrojenja za biogas na bazi tretmana otpada



Za proizvodnju biogasa mogu se koristiti različite vrste sirovina **1**, kao što su komunalni biootpad, mulj iz kanalizacionog sistema, industrijski i komercijalni otpad, kao i sporedni proizvodi životinjskog i biljnog porekla (videti odeljak 3 „Moguće sirovine“). U zavisnosti od toga koja se sirovina koristi, tečne sirovine se čuvaju u rezervoarima, dok će sirovine u rasutom stanju najverovatnije biti smeštene u objektima koji su posebno osmišljeni za tu namenu **2**. Ova druga opcija se često primenjuje kada se radi o biootpadu i ostalom otpadu pogodnom za digestiranje. Zatvoreni objekti bi trebalo da imaju sistem za sakupljanje vazduha **3** i u njima se mogu odvijati i ostale faze koje prethode preradi. Dodatni biofilteri **4** doprinose smanjenju mirisa koji potiče od organskih jedinjenja.

Anaerobni proces digestije se odigrava u digestoru **5**. U odeljku 7 „Digestorska tehnologija“ predstavljene su i detaljnije objašnjene različite vrste digestora. Gasno – nepropusni rezervoar **6** predstavlja osnovni deo postrojenja za biogas i često se postavlja na sam digestor ili u njegovoj blizini kao spoljna, nezavisna jedinica.

Pre upotrebe biogasa, na primer, u postrojenju za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije (kogeneraciono postrojenje), gas mora da se očisti od sumpornih jedinjenja i vlage, što se čini u sistemu za prečišćavanje gasa **7**. Po završetku ove faze, biogas je spreman za korišćenje u kogeneracionom postrojenju ili za dalje prečišćavanje u postrojenju za biometan (videti www.biogas-to-biomethane.com). Digestat se, s druge strane, prikuplja u posebnom rezervoaru **8** za kasnije korišćenje **9**. Digestat je moguće dalje prerađivati razdvajanjem čvrste i tečne komponente, sušenjem, peletiranjem i kompostiranjem. Ekstrakcija vode se može vršiti putem isparavanja pod vakuumom ili membranskom filtracijom, dok se hranljive materije ekstrahuju taloženjem, rektifikacijom digestata, kao i iz prečišćavača izduvnih gasova na bazi kiseline. Na ovaj način se stvara dodatna vrednost i olakšava prevoz. (videti www.digestate-as-fertilizer.com).

Konačno, postoje i bezbednosne mere, a oprema bi trebalo da bude postavljena tako da se spreči šteta po ljude i životnu sredinu. To mogu da budu jednostavne organizacione mere ili složenije mere tehničke prirode (videti www.biogas-safety.com).

2 Prednosti digestiranja otpada

Anaerobna digestija organskog otpada i sporednih proizvoda životinjskog i biljnog porekla ima mnogo prednosti. S tim u vezi, trebalo bi posebno pomenuti očuvanje resursa fosilnog porekla, izbegavanje emisije gasova sa efektom staklene bašte (GESB), emisije štetnih materija, a s tim u vezi i očuvanje klime.

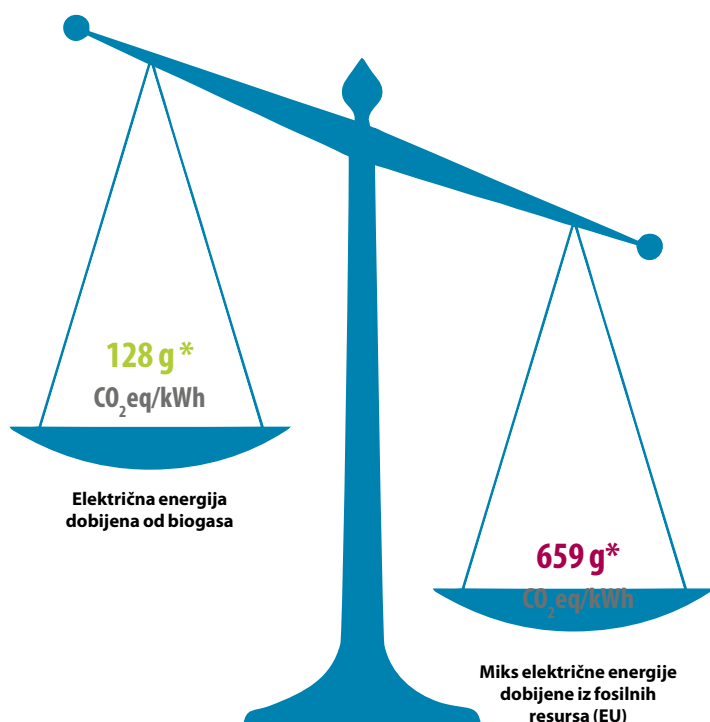
Odvojenim sakupljanjem biootpada **smanjuje se preostali otpad**, a time i potrebni kapaciteti u postrojenjima za spaljivanje otpada na deponijama. Osim toga, organski otpad koji dodatno nastaje, može se digestirati i iskoristiti za proizvodnju biogasa. S tim u vezi, biogasna tehnologija pruža jednu osobenu prednost s obzirom da omogućava čuvanje energije u obliku biogasa ili biometana, kao i proizvodnju **električne energije na zahtev**. Štaviše, biogas je savršeno rešenje za situacije gde je proizvodnja električne energije decentralizovana i van elektro-energetске mreže, naročito u ruralnim predelima koji nisu povezani na elektro-energetsku mrežu, a obiluju biomasom. U zemljama u razvoju biogas se često koristi neposredno za kuvanje, grejanje i gasno osvetljenje.

šta u poljoprivredi, pejzažnom uređenju i hortikulturi. Na taj način se zatvaraju ciklusi ugljenika i hranljivih materija. Digestat i komposti su važni izvori humusa potrebni za očuvanje plodnosti, strukture, aktivnosti, respiracije i zadržavanja vode u zemljištu, kao i za zaštitu od erozije. Poređenja radi, mineralna đubriva ne povećavaju količinu humusa u zemljištu. Zamenom fosfatnih i kalijumskih đubriva je od ogromne važnosti, s obzirom na ograničene količine ovih resursa. Mineralna đubriva imaju visok sadržaj kadmijuma i uranijuma, koji se već smatra problematičnim.

Osim toga, zamenom fosilnih nosilaca energije i energetski-intenzivnih mineralnih đubriva, proizvodnjom biogasa značajno se **smanjuje emisija gasova sa efektom staklene bašte (GESB)**, a sprečava se i emisija u atmosferu metana koji nastaje kao posledica čuvanja organskog materijala pogodnog za digestiranje, kao što su stajnjak ili organski otpad (na primer, na deponijama, u otvorenim lagunama ili drugim vrstama rezervoara za skladištenje). Kada se radi o ugljeniku, biogas je skoro neutralni oblik proizvodnje energije, jer tokom svog rasta biljke uzimaju ugljen-dioksid (CO_2) iz atmosfere i čuvaju ga u obliku molekula koji sadrže ugljenik (redukcija CO_2). Posle sagorevanja, emituje se ista količina CO_2 koja je prvobitno ekstrahovana iz atmosfere (neutralni proces u pogledu CO_2).

U Nemačkoj se, na primer, digestijom organskog otpada spreči emisija skoro 2 miliona tona CO_2 svake godine. Prosečan ugljenični otisak jednog stanovnika Nemačke iznosi oko 10 tona godišnje¹. Prema tome, putem digestije otpada može se neutralizovati emisija CO_2 koju generiše skoro 200.000 stanovnika. Druge zemlje imaju kako veći, tako i manji ugljenični otisak.

Emisije iz digestije otpada i fosilnih goriva



Osim **energije iz obnovljivih izvora**, postrojenja za biogas proizvode i visokokvalitetna **đubriva bogata hranljivim materijama i humusom**. Sve hranljive materije iz sirovina ostaju u digestatu, koji nastaje posle prerade i koji se može koristiti kao đubrivo ili oplemenjivač zemlji-

**Podaci na grafikonu dati su na osnovu direktive (EU) o promovisanju korišćenja energije iz obnovljivih izvora (RED II)*

¹ Videti <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167877/umfrage/co-emissionen-nach-laendern-je-einwohner/>

3 Moguće sirovine

Sirovine za biogasnog postrojenja mogu biti sve vrste organskog materijala, koji se može anaerobno razgrađivati pomoću mikroorganizama. Osim toga, čistoća sirovina definiše kvalitet proizvoda koji izlazi iz digerstora (digestat), a samim tim i uslove za pripremu i mogućnosti primene digestata.

U proizvodnji biogasa mogu se koristiti **veoma raznovrsni organski otpad i ostaci**. Posebno važni faktori pri izboru pravog pripremnog tretmana, između ostalog, su sadržaj vode i razgradljivost. Na primer, otpad iz ugostiteljstva i ostale vrste otpada pogodnog za digestiranje, koji je možda previše mokar i nema potrebnu strukturu za kompostiranje, zapravo predstavlja odličnu sirovinu za anaerobnu digestiju. Međutim, u digesteru se ne može razgrađivati svaka vrsta organskog materijala. Jedno od glavnih ograničenja u procesu dobijanja biogasa je nemogućnost razgradnje lignina (veoma važna komponenta drveta), što se postiže procesima aerobne razgradnje (kompostiranje).

Moguće sirovine su u ovoj brošuri svrstane u sledeće kategorije: komunalni biootpad (koji se sakuplja odvojeno ili se tehnički sortira) i mulj iz kanizacionog sistema, industrijski i komercijalni otpad, sporedni proizvodi životinjskog porekla poput tečnog i čvrstog stajnjaka, kao i sporedni proizvodi biljnog porekla. U Nemačkoj, posebno važnu ulogu kao sirovina za biogasnog postrojenja imaju energetske biljne kulture, kao što su kukuruz i silaža od celog useva, odnosno mešavine divljeg bilja. Međutim, kako je u ovoj brošuri akcenat stavljen na digestiju otpada, energetske biljne kulture neće biti predmet daljeg razmatranja. Simboli navedeni za svaku od sirovina dosledno su korišćeni u celoj brošuri i olakšavaju raspoznavanje koncepta postrojenja, mada klasifikacija ne može uvek biti 100% precizna, jer klanični otpad, na primer, može da bude u isto vreme i sporedni proizvod životinjskog porekla i industrijski otpad.

Kategorije sirovina



Organska frakcija komunalnog čvrstog otpada



Komunalni biootpad sortiran na mestu nastanka



Mulj iz komunalnog kanizacionog sistema



Industrijski i komercijalni otpad



Sporedni proizvodi životinjskog porekla



Sporedni proizvodi biljnog porekla



Energetske biljne kulture
(nisu predmet razmatranja ove publikacije)



Komunalni čvrsti otpad nastaje u privatnim domaćinstvima i na javnim mestima. **Organska frakcija komunalnog čvrstog otpada** sastoji se uglavnom od organskih komponenti, poput otpada od hrane iz kuhinja i sa tanjira ili otpada iz vrtova i parkova, kao što su trava i ostaci od orezivanja grmlja. Za dalje korišćenje u biološkom tretmanu (kompostiranje, anaerobna digestija) može se tehnički ekstrahovati i prečistiti pomoću rešetki, vazdušnom separacijom i izdvajanjem metala (videti odeljak 5 „Priprema sirovina“). U zemljama u kojima se od organske frakcije proizvodi đubrivo (kompost, digestat), potrebno je energično primeniti odvojeno sakupljanje opasnog otpada da bi se štetne supstance isključile iz komunalnog čvrstog otpada.



U većini zemalja centralne i severne Evrope, proizvodnja đubriva je dozvoljena samo ako se njezova organska frakcija prikuplja odvojeno, kao **komunalni biootpad koji se sortira na mestu nastanka**. Ovaj otpad se obično sakuplja u kantama za smeće koje se nalaze u domaćinstvima ili u kontejnerima, koji se postavljaju u javnom prostoru u kombinaciji sa kantama, kesama i kontejnerima za papir, staklo, plastiku i ostale frakcije otpada (videti odeljak 4 „Sakupljanje komunalnog otpada“). Ekipa za sakupljanje otpada prazne kante, odnosno kontejnere, u kamione i odvoze prikupljeni biootpad u postrojenje za biogas. Otpad iz bašti i parkova se često sakuplja na, za to određenim punktovima ili se donosi direktno u objekat za biološki tretman. U većini Evropskih zemalja, digestat dobijen tretmanom komunalnog biootpada, odlazi na kompostiranje, mada je u nekim (severnim) zemljama uobičajeno i direktno korišćenje tečnog digestata.



Osim čvrstog otpada, iz domaćinstava se sakuplja i otpadna voda, koja se zatim ubacuje u kanizacioni sistem i njime transportuje do postrojenja za tretman otpadnih voda. **Mulj iz komunalnog kanizacionog sistema**, koji nastaje u različitim fazama prečišćavanja tokom tretmana vode, takođe se može koristiti za proizvodnju biogasa u digesterima, koji se nalaze na istom području odnosno u postrojenju za tretman otpadnih voda, odnosno u decentralizovanim postrojenjima i to u mešavini sa raznim sirovinama, a radi dobijanja većeg prinosa biogasa. U svakom slučaju, potrebno je imati na umu zakonske uslove, koji mogu biti različiti za komunalni biootpad, mulj iz kanalizacije i sporedne proizvode životinjskog porekla. To se dešava zbog mogućeg prisustva antibiotika (od upotrebe lekova), hormona i ne-bioloških materija u kanizacionom sistemu.



Organski ostaci od hrane, pića i proizvodnje stočne hrane, uključujući otpad iz ugostiteljstva odnosno hranu kojoj je istekao rok trajanja, na primer, sa maloprodajnih mesta, označeni su kao **industrijski i komercijalni otpad**. Tečni otpad, mulj iz industrijskih procesa i prethodno kondicioniran otpad iz ugostiteljstva mogu se sakupljati i transportovati u rezervoarima. Kuhinje i kantine takođe sakupljaju otpad u bio-kantama, dok supermarketi više koriste kontejnere. Ove sirovine često daju visok prinos biogasa i veoma su pogodne za anaerobnu digestiju, mada je, u zavisnosti od ambalaže i nečistoća, neophodno uložiti više napora u njihovo raspakivanje i pripremu.



Sporedni proizvodi životinjskog porekla razvrstani su u tri kategorije prema evropskoj uredbi o sporednim proizvodima životinjskog porekla (br. 1069/2009). Materijal Kategorije 1 predstavlja posebne rizike po zdravlje domaćih i divljih životinja, kao i po zdravlje ljudi, te je njegovo korišćenje u postrojenjima za biogas zabranjeno. Stajnjak, uključujući izmet odnosno urin stoke i konja, sadržaj digestivnog trakta, kolostrum i ostalo, svrstani su u materijal Kategorije 2. Digestija stajnjaka doprinosi smanjenju emisije GESB, ne samo zato što se energija proizvodi iz obnovljivog izvora, već uglavnom zbog smanjenja emisije metana iz otvorenih rezervoara za skladištenje. Materijal Kategorije 3 obuhvata klanični otpad i sporedne proizvode dobijene preradom hrane, kao što su sadržaj iz separatora masti, ostaci iz flotacije kao i ostali sporedni proizvodi životinjskog porekla, kao što su perje, dlaka, vuna, surutka, jaja, ljuska od jajeta, krv, koža i ostalo. Kada se koristi u postrojenjima za biogas i naknadno, kao đubrivo, materijal iz Kategorije 3 mora da prođe proces pasterizacije na 70°C u trajanju od jednog časa.



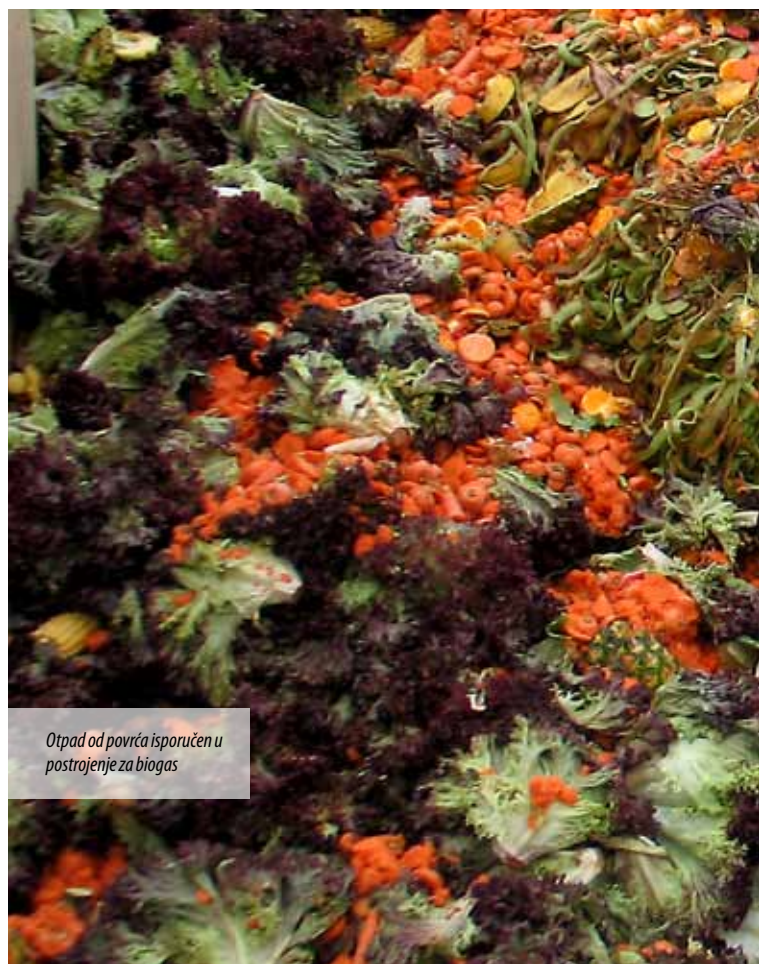
U poljoprivredi nastaje veliki broj **sporednih proizvoda biljnog porekla**, kao što su slama, odnosno žetveni ostaci, koji se mogu koristiti u postrojenjima za biogas i obezbediti dodatni prinos biogasa skoro bez ikakvih dodatnih troškova. Kada su glavni materijal kojim se puni postrojenje za biogas, sirovine bogate azotom (na primer, sporedni proizvodi životinjskog porekla), korišćenje sporednih proizvoda biljnog porekla može da doprinese stabilnosti procesa, pošto ovi proizvodi smanjuju sadržaj amonijaka, a time i opasnost od usporavanja procesa usled dejstva amonijaka. Materijali koji su takođe klasifikovani kao sporedni proizvodi biljnog porekla su: pivarske žitarice, stari hleb, skrob, melasa, pleva, voće i povrće, pokvarena silirana stočna hrana i drugo.

Karakteristike korišćenih sirovina i način mešanja imaju ogroman uticaj na proces dobijanja biogasa, kao i na njegov prinos. Ako se koriste čiste biorazgradive sirovine, digestat se može primenjivati u poljoprivredi kao organsko đubrivo ili oplemenjivač zamljišta. Ako nije

moguće obezbediti njegov kvalitet, digestat se mora odlagati na deponijama ili spaljivati.

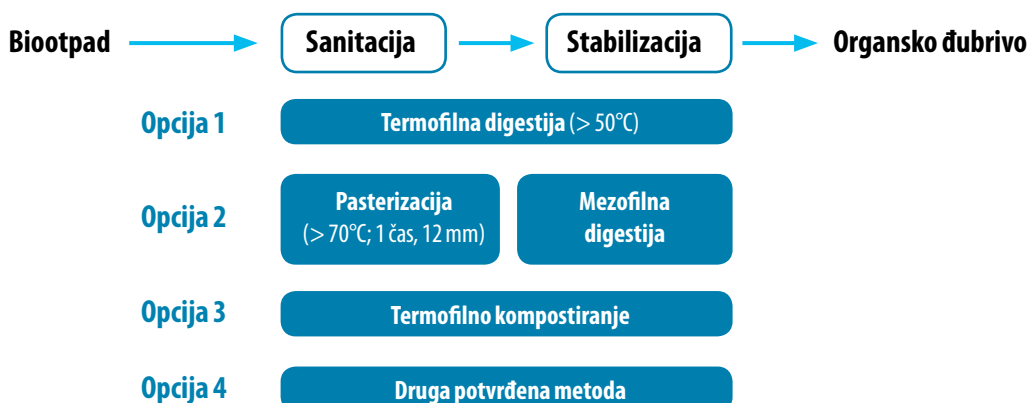


Većinu vrsta biootpada i sporednih proizvoda životinjskog porekla (izuzev stajnjaka i nekih sporednih proizvoda biljnog porekla, koji se u praksi mogu direktno razbacivati) potrebno je podvrgnuti **sanitaciji** radi uništenja ili smanjenja na prihvatljivo nivo, sanitarni nivo patogena životinjskog i biljnog porekla odnosno neželjenog semena. Ovo se može postići primenom protočnog pasterizatora, u kojem se materijal zagreva do temperature od preko 70°C, u trajanju od jednog časa. Materijal (ili jedan njegov deo, ako je potrebno izvršiti sanitaciju samo ulaznog materijala iz određenih tokova) može se pasterizovati ili pre prerade u digestoru ili posle procesa digestije. Ostale mogućnosti su termofilna digestija (koristeći temperature iznad 50°C), kod koje je neophodno da se svi supstrati greju najmanje koliko i vreme trajanja digestije, kao i post-tretman kompostiranjem ili drugim metodama, poput neutralizacije krečom ili razlaganjem-tresetiranjem. Bez obzira na to koji pristup se primeni, biološka aktivnost u procesu dobijanja biogasa će već na nižim temperaturama značajno smanjiti količinu patogena. Kako je prethodno navedeno, duže vreme zadržavanja, odnosno više temperature, potrebne su samo ako je neophodna potpuna sanitacija. Osim sanitacije, procesom anaerobne digestije garantuje se i **stabilizacija** biootpada, što je važan korak u smanjenju mirisa, metana (CH₄), gasa smejavca (N₂O) i ostalih emisija.



Otpad od povrća isporučen u postrojenje za biogas

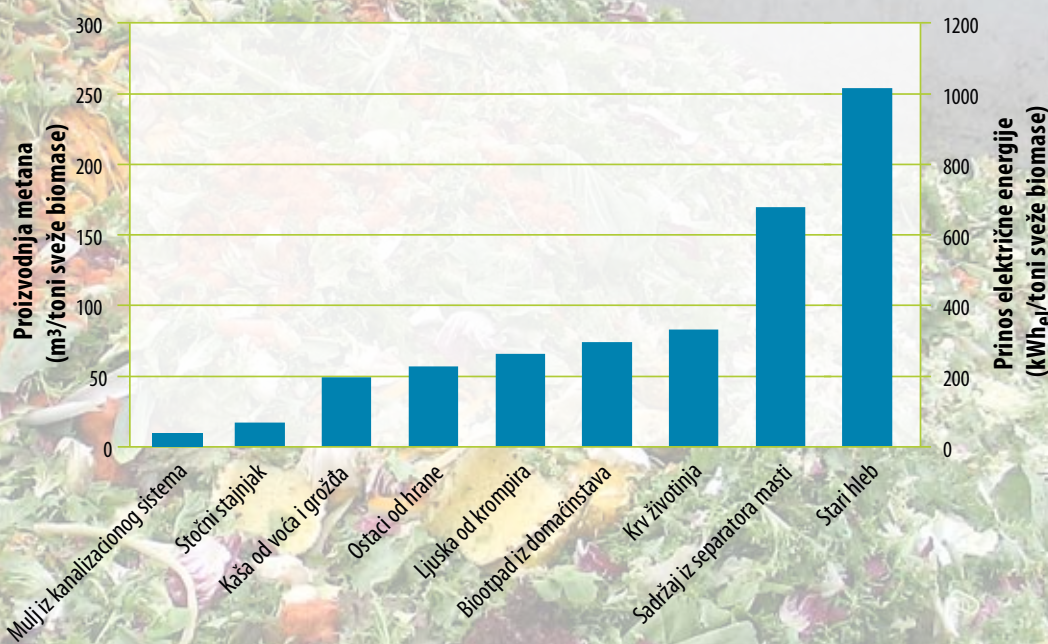
Različite metode sanitacije biootpada



Prinos metana iz svake sirovine zavisi od njenog sastava i sadržaja belančevina, masti i ugljenih hidrata. Na primer, ugljeni hidrati koji se u velikoj meri nalaze u ustajalom hlebu, obezbeđuju veoma visoku proizvodnju metana po toni sveže biomase. Prema tome, sastav sirovine značajno utiče na održivost postrojenja za biogas. Nasuprot tome, određene sirovine mogu negativno da utiču na mikrobiologiju u digestoru. Materijal sa visokim sadržajem belančevina, kao što je pogača od semena repice, može da dovede do povećanih koncentracija vodonik-sulfida (H_2S), koji je štetan za mikroorganizme koji stvaraju biogas, kao i za mašinske uređaje, a otrovan je za ljude. S tim u vezi, veoma je važno pratiti kako razli-

čite sirovine utiču na sastav gasa. Može se zaključiti da su sirovine jedan od najvažnijih parametara u biogasnim projektima (sa biološke i tehničke tačke gledišta). Neophodno je obezbediti neprekidnu isporuku sirovina, što određuje i izbor tehnologije koja će se koristiti, a ima ogroman uticaj i na ekonomske aspekte postrojenja za biogas i povezane troškove kao što su sakupljanje, prevoz, rukovanje i naknade za zbrinjavanje otpada, koje se naplaćuju licima koja odlažu materijal u objektu. Međutim, prinos biogasa iz sirovina ima ekonomsku vrednost, zbog energije koja može da se proizvede od njega. Prema tome, koncept celog postrojenja trebalo bi da se zasniva na sirovini čije je korišćenje planirano.

Prinos energije iz mogućih sirovina



4 Sakupljanje komunalnog otpada

Sakupljanje biootpada iz domaćinstava i komercijalnih aktivnosti je presudno, kada se radi o obezbeđivanju sirovina za proces dobijanja biogasa. U ovom odeljku dati su osnovni elementi koji lokalnim samoupravama i zainteresovanim stranama omogućavaju da ispravno struktuiraju sisteme za odvojeno sakupljanje otpada, u cilju postizanja maksimalne stope obuhvata biootpada i smanjenja nečistoća na najniži mogući nivo.

Biootpad u EU, u proseku, čini 39 % celokupnog komunalnog čvrstog otpada, odnosno iznosi oko 175 kg po glavi stanovnika godišnje. Ove količine obuhvataju otpad od hrane (ili kuhinjski otpad) – iz domaćinstava, restorana i ostalih ugostiteljskih delatnosti, kao i biorazgradivi otpad iz bašti i parkova, kao što su lišće, trava, ostaci od orezivanja i drugo. Na svetskom nivou i u zemljama sa nižim prihodima, biootpad čini između 40 % i 65 % komunalnog čvrstog otpada, što ga čini glavnom frakcijom u upravljanju otpadom, s obzirom da predstavlja faktor koji najviše doprinosi emisiji GESB i proizvodnji proceđenih voda na deponijama. Ovaj proces narušava otpad koji ne može da se digestira ili koji negativno utiče na kvalitet digestata. Zbog toga, odvojeno sakupljanje biootpada i njegovo preusmeravanje sa odlaganja na reciklažu, očigledno predstavlja višestruko povoljniju situaciju koja omogućava smanjenje količina komunalnog čvrstog otpada, koji ide na odlaganje, čime se ublažava emisija GESB i obezbeđuje proizvodnja goriva iz obnovljivih izvora (biogas u slučaju anaerobne digestije) i organskog đubriva (digestat odnosno kompost).

Zemlje EU primenjuju različite načine **odvojenog sakupljanja biootpada**, kojima se čitav niz organskih materija preusmerava u reciklažu. Za potrebe proizvodnje biogasa iz biootpada putem anaerobne digestije,

generalno se daje prednost onim sistemima sakupljanja kojima je moguće ograničiti količine krupnog, suvog baštenskog otpada, pošto tečnost i masni sadržaj iz otpadne hrane obezbeđuju veću proizvodnju biogasa po toni sveže materije. Bez obzira na to, konačnu odluku o izboru konkretnog sistema za sakupljanje biootpada donose organi lokalne samouprave i kompanije koje se bave komunalnim čvrstim otpadom.

Osnovni izvor biootpada u gradovima su komercijalne delatnosti u sektoru hotelijerstva/restorana/ugostiteljstva. Odvojeno sakupljanje je relativno jednostavno i podrazumeva da svaki korisnik dobije po jednu ili više kanti sa točkicama, koje su namenjene isključivo za biootpad, kao i da se isplanira odgovarajuća učestalost sakupljanja. Ovakvim pristupom obezbeđuju se relativno velike količine biootpada pri ograničenom broju takozvanih velikih proizvođača. Na primer, Grad Hamburg (Nemačka) godišnje sakupi oko 22.600 tona organskog otpada (t/god.) iz komercijalnih delatnosti, što čini manje od 3 % celokupnog komunalnog čvrstog otpada.

Međutim, najveću grupu proizvođača biootpada u jednom gradu ili lokalnoj samoupravi čine porodice. Zbog toga je važno osmisliti sisteme za sakupljanje biootpada tako da se izbegne sve što bi bilo nepraktično za domaćinstva, kao i podsticati domaćinstva da učestvuju u sortiranju otpada na mestu nastanka. Grad Milano (Italija) sakuplja oko 103 kg otpada od hrane po glavi stanovnika, uključujući i količine koje se sakupljaju iz komercijalnog sektora, što predstavlja ukupno 140.000 t/god.

Prvi korak i izazov za lokalne samouprave koje organizuju sakupljanje biootpada iz domaćinstava je da se **olakša zadatak sortiranja otpada kod kuće**. U sistemima koji imaju za cilj prikupljanje značajnih količina otpada od hrane iz domaćinstava, koriste se sredstva za sakupljanje otpada koja su posebno prilagođena potrebi da se odvoja raspadljivi otpad visoke vlažnosti, koji je pogodan za digestiranje. U današnje vreme, standardna sredstva za te potrebe predstavljaju kuhinjske korpe za smeće (6 – 12 litara), koje se koriste sa vodonepropusnim kesama. Mala veličina korpe onemogućava domaćinstva da predaju krupne nečistoće (na primer, flaše i konzerve), dok otvori na kuhinjskim korpama za smeće dodatno smanjuju proizvodnju proceđenih voda i sprečavaju privlačenje insekata. Vodonepropusne kese omogućavaju da se, zajedno sa ostacima od voća i povrća, sakupljaju čak



Odvojeno sakupljanje otpada od hrane u Milanu



Kuhinjska korpa za sakupljanje otpada od hrane sa papirnom kesom



Kuhinjska korpa za sakupljanje otpada od hrane sa bioplastičnom kesom

i otpaci od mesa i ribe, a da istovremeno korpa za smeće ostane što je čistija moguća.

Iskustva iz Evrope pokazuju da kombinovano korišćenje kuhinjskih korpi sa otvorima i bio-kesa koje se mogu kompostirati, značajno povećava količine sakupljenog biootpada i smanjuje nečistoće kao što su plastika, metal i staklo, kako je prikazano u tabeli:

Pozitivni primeri uspešnog povećanja količine sakupljenog biootpada, kombinovanim korišćenjem kuhinjskih korpi i bio-kesa koje se mogu kompostirati.

Grad Milano (Italija)	Grad sakuplja otpad od hrane iz domaćinstava od 2012. godine. Porodice koriste kuhinjske korpe sa otvorima i plastične kese koje se razgrađuju kompostiranjem. Odvojenim sakupljanjem u 2017. godini prikupljeno je više od 100kg po glavi stanovnika, sa nečistoćama ispod 5 % sveže materije.
Grad Kasel (Nemačka)	Grad je testirao kuhinjske korpe sa otvorima u kombinaciji sa plastičnim kesama koje se razgrađuju kompostiranjem, što je dovelo do povećanja biootpada od 23 % (i smanjenja nečistoća od 56 %), što je uglavnom bio rezultat zamene PE kesa biorazgrađivim kesama.
Grad Sligo (Irska)	Domaćinstvima su obezbeđeni edukativni materijali, plastične kese koje se razgrađuju kompostiranjem i kuhinjske korpe za smeće, što je udvostručilo učešće domaćinstava u ovom programu i smanjilo nivo kontaminacije sa 18 % na 1 %; posle godinu dana, nivo kontaminacije je i dalje bio samo 3 %.

Što se tiče **vrste kesa koje se koriste** sa kuhinjskim korpama za smeće, **ne bi trebalo koristiti plastične** kese (uključujući i okso-razgrađive), pošto ti materijali mogu da stvore začepljenje u postrojenju za biogas, da fermentišu tokom procesa i da završe kao nečistoće u digestatu. Kese **razgrađive kompostiranjem** napravljene od **papira ili bioplastike**, nalaze se u širokoj upotrebi u sistemima odvojenog sakupljanja biootpada u mnogim zemljama EU. Međutim, kese od bioplastike koje se razlažu kompostiranjem nisu napravljene tako da se u potpuno-

sti razlože u anaerobnoj digestiji, te mogu da završe bez kompostiranja, kao odbijeni materijal u procesu reciklaže u objektima za proizvodnju biogasa. Ovo je moguće prevazići u objektima za proizvodnju biogasa u kojima se vrši aerobni post-tretman digestata (kompostiranje), kada tokom procesa aerobnog tretmana dolazi do potpunog razlaganja ovih kesa.

Drugi korak je izbor sistema za sakupljanje, kojim se **one-mogućava sakupljanje mešanog otpada**. Postoje dva glavna načina za sakupljanje biootpada: sakupljanje na ulici i sakupljanje na kućnoj adresi, kao što je prikazano u uporednoj tabeli ove dve vrste sistema za sakupljanje biootpada. U sistemima koji funkcionišu po principu sakupljanja na ulici, obično se koriste kontejneri velike zapremine, postavljeni na javnim mestima, u koje proizvođači otpada odnose svoj biootpad. U ovakvim sistemima nije moguća provera kvaliteta predatog otpada, a zbog anonimnosti, proizvođačima otpada nije moguće dati bilo kakvu povratnu informaciju. U okviru sistema sakupljanja na kućnoj adresi obično je svako domaćinstvo opremljeno određenom vrstom, odnosno brojem kanti, u skladu sa vrstom biootpada koji proizvodi, a u slučaju da se radi o stambenim zgradama, sistemi su dimenzionisani prema broju domaćinstava. Od ova dva načina za sakupljanje biootpada, **obično se daje prednost sakupljanju na kućnoj adresi**, pošto se ovim sistemom prikupljaju veće količine biootpada, sa manjim sadržajem fizičkih nečistoća.

Kod sistema sakupljanja na kućnoj adresi, sakupljanje treba da bude učestalije leti, odnosno tokom sezone vrućina. Osim toga, uvek je potrebno da sakupljanje biootpada bude učestalije u odnosu na sakupljanje ostalog otpada. Obe ove mere, kao rezultat, daju sisteme koji su praktičniji za korisnike, kao i povećanje broja domaćinstava koja učestvuju u sakupljanju.



Sakupljanje zelenog otpada po sistemu direktnog odnošenja u postrojenje za kompostiranje



U kante za biootpad ne bi trebalo baciti plastiku

Mere za praćenje kvaliteta sakupljanja biootpada

Sredstva:	Kuhinjske korpe za smeće i kese koje se razlažu kompostiranjem	Vizualni pregled od strane ekipa za sakupljanje biootpada	IT detekcija elektronskim uređajima
Gde	U kuhinji	Primenjuje se na sakupljanje u kofama odnosno kantama sa točkicama	Primenjuje se samo na sakupljanje u kantama sa točkicama
Preduzeće radnje	Povećavaju naklonost korisnika	Označavanje, povratne informacije, nepražnjenje kanti	Označavanje, povratne informacije, nepražnjenje kanti
Troškovi	Osnovni (za kante)	Mali troškovi, uz pomoć ekipa za sakupljanje otpada ili "inspektora za otpad"	Veliki troškovi, primenjuje se samo na kante sa točkicama

Poslednji korak je davanje **smernica korisnicima i uvođenje postupaka kontrole**. Prilikom uvođenja nekog sistema za sakupljanje biootpada, uvek je potrebno sprovesti kampanju podizanja svesti kod građana kroz koju se proizvođači otpada obaveštavaju kako da pravilno sortiraju biootpad, koja bi sredstva trebalo da koriste za sakupljanje, kao i koliko često i kada će se vršiti sakupljanje otpada. Korisnici dobijaju smernice putem kalendara sakupljanja biootpada, informativnih letaka, namenskih web-sajtova i ostalih sredstava poput mobilnih aplikacija ili komunikacije putem društvenih mreža.

Nivo fizičkih nečistoća veći od 5-8% sveže materije (u zavisnosti od vrste primenjenog prethodnog tretmana pre ulaska u biološki proces) može negativno da utiče na pravilnu preradu biootpada u postrojenjima za biogas, što dovodi do gubitaka u proizvodnji biogasa i do povećanja odbijenog materijala koji zbog toga mora da se odlazi. Prema tome, preporučljivo je da kompanije koje se bave sakupljanjem uvek primenjuju postupke kontrole kojima prate nivo nečistoća koje se sakupljaju zajedno sa biootpadom i da proizvođačima otpada daju povratne informacije o greškama u sortiranju. U narednoj tabeli dat je predlog više mera za **praćenje i kontrolu kvaliteta** u sakupljanju biootpada. Osnov za povećanje učešća domaćinstava je besplatna podela odgovarajućih sredstava za sakupljanje biootpada. Međutim, potrebno je

Uporedni prikaz dve vrste sistema za sakupljanje biootpada

Sistemi sakupljanja na ulici	Sakupljanje na kućnoj adresi
Sakuplja se mešavina hrane i baštenskog otpada	Sakuplja se otpad od hrane – jedini otpad
Osnovna logistika	Kompleksna i više radno intenzivna logistika
Nemogućnost kontrole nečistoća, koje mogu dostići kritičan nivo	Mogućnost kontrole i smanjenja nečistoća
Sakupljaju se manje količine	Sakupljaju se veće količine

predvideti i procedure za slučaj narušavanja postupka kada kofe, odnosno kante, sadrže fizičke nečistoće kao što su staklo, plastika i metal. Važno je da svaki korisnik dobije povratnu informaciju o nepoštovanju postupka, što se može vršiti vizuelnim označavanjem kanti, ostavljanjem neispraznjenih kanti i – u najtežim slučajevima – isključenjem kanti iz sistema sakupljanja i izricanjem novčanih kazni za domaćinstva.

Prilikom organizovanja nekog sistema **odvojenog sakupljanja** biootpada, obično je neophodno preispitati trenutni sistem upravljanja komunalnim čvrstim otpadom u gradu ili lokalnoj samoupravi. Stručna podrška se može naći kod regionalnih ili nacionalnih organizacija za biogas i/ili kompostiranje, a obimna stručna literatura o ovoj temi može se naći i na internetu (na primer www.giz.de ili www.iswa.org).

U zemljama sa niskim prihodima, lokalne samouprave doživljavaju početnu investiciju u opremanje domaćinstava sredstvima za sakupljanje, kao što su kofe, kante i kese, kao ograničavajući faktor. Međutim, ove bi troškove trebalo uvek sagledavati u odnosu na uštedu u rashodima duž celog „lanca snabdevanja“, što podrazumeva i efekte koje odluka o odvojenom sakupljanju biootpada ima na objekte za reciklažu biootpada u biogas, u kompost ili u jedno i u drugo.

5 Priprema sirovina

U cilju sprečavanja zastoja u procesu digestije, kao i proizvodnje visokokvalitetnog digestata, odnosno komposta, moraju se otkloniti materijali kao što su plastika, staklo, papir, metal, kamen odnosno komponente velikih dimenzija. Da bi se ovo postiglo može se unaprediti tačno i suvo odstranjivanje nečistoća pre, tokom i posle procesa digestije, kroz efikasne faze razlaganja, pripreme i separacije.

Kvalitet ulaznog materijala je od ogromne važnosti, naročito ako je proizvedeno đubrivo namenjeno za upotrebu u poljoprivredi, hortikulturi ili pejzažnom uređenju. Priprema optimalne smeše sirovina, stabilnost uslova za rad postrojenja, dobijanje najboljih mogućih prinosa biogasa i održanje planiranog veka trajanja opreme i mašina, su od vitalnog značaja. Prema tome, za proces dobijanja biogasa i kvalitet proizvedenog digestata i komposta, najbolje su čiste sirovine sa kontrolisanih mesta nastanka, kao što su industrija i poljoprivreda. Ostali biootpad nije uvek u takvom stanju da ne sadrži bionerazgradive ili neodgovarajuće materijale i kontaminante. Na primer, hrana iz supermarketa kojoj je istekao rok važenja je možda još uvek upakovana u staklenu, plastičnu ili kartonsku ambalažu. Postoji verovatnoća da otpad iz ugostiteljstva sadrži pribor za jelo ili kosti. Kao što je objašnjeno u prethodnom odeljku, biootpad iz domaćinstava, koji se sortira na mestu nastanka, može da bude poseban izazov, jer čistoća ove sirovine zavisi od motivacije pojedinaca da ispravno sortiraju otpad na mestu nastanka i da u kante za biootpad ne ubacuju sastojke neorganskog porekla (kao što su baterije ili čaše od jogurta). Prema tome, kvalitet ove vrste biootpada u velikoj meri varira u zavisnosti od većeg broja faktora, uključujući socijalnu strukturu, obrazovanje, lokaciju (selo ili grad) i gustinu naseljenosti. Stoga, edukacija građana i kontrola kanti za smeće predstavljaju prvi korak u kontroli kvaliteta sakupljenog biootpada. Međutim, uvek će se događati da čak i najbolje edukovane osobe nenamerno ubace neodgovarajuće artikle (na primer, potpuno nove baštenske makaze), tako da je kontrola u postrojenju u svakom slučaju neophodna.

Kada se radi o **tehničkom odstranjivanju nečistoća**, postoje razna rešenja, u zavisnosti od ulaznog materijala, njegove homogenosti i vrste nečistoća koje sadrži. Radi lakšeg identifikovanja odgovarajućih proizvođača sistema za pripremu sirovina, u ovoj brošuri su korišćeni sledeći simboli za tehnologije razlaganja i raspakivanja, kao i za tehnike tačnog i suvog odstranjivanja nečistoća. Odstranjivanje nečistoća može se vršiti pre, tokom ili posle biološkog procesa dobijanja biogasa.

Efikasnost svake od metoda zavisi od tehničke opremljenosti, potrošnje energije i količine nečistoća koje se izdvajaju. Sa odstranjenim nečistoćama izdvajaju se i organska jedinjenja za koja je obavezno odlaganje (na



Tehnologije razlaganja
i raspakivanja



Tačno odstranjivanje
nečistoća



Suvo odstranjivanje
nečistoća

primer, spaljivanjem) i koja se više ne mogu koristiti za proizvodnju biogasa i digestata. Međutim, moguće je pripremiti i mešavinu (komunalni čvrsti otpad) koja je kao sirovina pogodna za anaerobnu digestiju, kao što je pokazano u odeljku o referentnim postrojenjima, čak i ako korišćenje tako proizvedenog digestata i komposta nije zakonom dozvoljeno u svakoj zemlji.



Prva faza u procesu pripreme obično podrazumeva primenu **tehnologija razlaganja i raspakivanja**. Cilj je da se smanji veličina čestica, da se ukloni ambalaža i da se napravi homogen materijal za proces digestije. Ovo se postiže ceđenjem, rezanjem, mlevenjem ili usitnjavanjem materijala. Laki materijali poput plastike mogu da se izduvavaju u procesu razlaganja. Prese i lopatice pomažu u oslobađanju organskih materija iz ambalaže, primenom pritiska, odnosno centrifugalne sile kroz rešetku. Ovaj način se može koristiti i sa hidro-mehaničkim pulperima gde se sirovina usitnjava, lagane nečistoće isplivavaju na površinu, a teške tonu na dno pulpera slično procesu plivanja i tonjenja, koji je objašnjen dalje u tekstu.



Kamion za odnošenje
smeća istovaruje
biootpad u bunker



Jogurt i mlečni napitak sa isteklim rokom važenja još uvek u ambalaži



Voćni otpad sakupljen zajedno sa plastičnom ambalažom



Tehnologije za **tečno odstranjivanje nečistoća**

se primenjuju ako je biootpad predat u tečnom stanju ili ako čvrsti biootpad mora da se usitni do sitnih čestica i pomeša sa vodom, recirkulisanom procesnom vodom ili drugim tečnostima za mokru digestiju. Odstranjivanje nečistoća skraćuje vreme kada se digestor nalazi van pogona, usled potrebe da se otvori i očisti od mulja, čime se održava efektivni obim eksploatacije digestora. Teški materijali poput kamena, kosti i peska mogu se odstraniti sedimentacijom u velikim bazenima, posudama, hvatačima peska, pulperima ili direktno na dnu digestora, grebačima. Grit i pesak se mogu odstraniti pomoću hvatača peska ili hidrociklona uz korišćenje jačih centrifugalnih sila.

Prilikom separacije, procesom plivanja i tonjenja, lagani materijali kao što su tekstil i plastične folije isplivavaju na površinu, odakle se mogu odstraniti. Isto ovo se može postići i za vreme procesa digestije, kada plastične folije mogu da se prikupe po površini sadržaja, u digestoru. Presovanjem tečnog biootpada kroz rešetku, može se proizvesti čista organska frakcija, na primer, uz primenu prese za separaciju, pužne ili klipne prese. Nečistoće malih dimenzija, poput plastike, mogu se jednostavno

odstraniti pomoću presa za separaciju otpada, centrifuge ili krivih rešetki, čime se postiže visok stepen čistoće u zavisnosti od veličine otvora. Sita, odnosno prese bi trebalo da budu konstruisane kao protočni uređaji za odstranjivanje nečistoća koji se nalaze na kraju procesa i služe za kontrolu proizvedenog digestata, kako bi se obezbedilo stavljanje u promet samo visokokvalitetnog đubriva bez nečistoća.



Tehnologije za **suvo odstranjivanje nečistoća**

primenjuju se radi čišćenja i kondicioniranja pripremljene sirovine, koja sadrži odgovarajući biootpad. Odstranjivanje velikih komponenti, drveta i fizičkih kontaminata može se vršiti propuštanjem sirovine kroz rešetku (na primer, u rotacionom bubnju ili zvezdi). Rešetke se koriste i za čišćenje i dovođenje proizvedenog komposta do definisane frakcije, u zavisnosti od veličine otvora na situ (na primer, 0-15 mm). Željena frakcija komposta zavisi od dalje namene, želje potrošača odnosno od toga da li se meša sa baštenskom zemljom. U slučajevima kada je faza anaerobne digestije manje osetljiva na nečistoće (obično su to procesi suve digestije), umesto faze razlaganja, instalira se samo otvarač kesa sa sekačima, da bi se izbeglo isecanje plastične folije na male komade, pošto se takvi komadi teže odstranjuju posle biološkog procesa. Zbog toga je moguća koncentracija nečistoća u zrnima velikih dimenzija, koja se hvataju tokom propuštanja komposta kroz rešetku. Frakcije koje su previše zagađene ne mogu se koristiti kao đubrivo i moraju se odlagati na alternativne načine, na primer, spaljivanjem. Lagani materijali, poput plastičnih folija, mogu se izduvavati pomoću vazdušne separacije. Metal se izdvaja magnetima, u kombinaciji sa transportnim trakama. Magnetni separatori nemagnetnog metala indukuju naizmenično magnetno polje na obojenim metalima, koji se izdvajaju drugačijom putanjom od ostalog materijala. Za tehničku separaciju mogu se koristiti i ostala fizička svojstva, poput kotrljanja i odbijanja, kao i senzori za identifikovanje boje, oblika i materijala u kombinaciji sa vazдушnim mlazovima. Tamo gde radnici često rade pored transportne trake na ručnom prebiranju neželjenog materijala, mogu se instalirati jedinice za sortiranje raznovrsnog teškog biootpada, kao što je biootpad iz domaćinstva.

Kada se radi o plasiranju proizvoda na tržište i podsticanju javnosti da prihvati biogasnu tehnologiju, kao jednu od opcija za tretman otpada, najvažnije je obezbediti **kvalitet đubriva** – njegovu čistoću i odsustvo kontaminata i štetnih nečistoća (na primer, oštih predmeta). Za dobijanje ovako čistog krajnjeg proizvoda, veoma su bitne kako visokokvalitetne sirovine sa malim sadržajem nečistoća, tako i primena odgovarajućih tehnologija za tretiranje svake vrste nečistoća, što se može ojačati i kontrolisati putem sistema za obezbeđivanje kvaliteta, kao što se to čini na evropskom nivou i u većini zemalja članica EU (videti www.ecn-qas.eu).

6 Proizvodnja biogasa i digestata

Proizvodnja biogasa zasnovana je na veoma prirodnom procesu koji je prisutan, na primer, u tresetištima ili močvarama, ali i u digestivnom traktu životinja, naročito u buragu kod preživala. Pri razlaganju organskih materija, pomoću populacija mikroorganizama u odsustvu slobodnog kiseonika (anaerobna digestija), dolazi do proizvodnje visokokaloričnog metana i organskog đubriva.

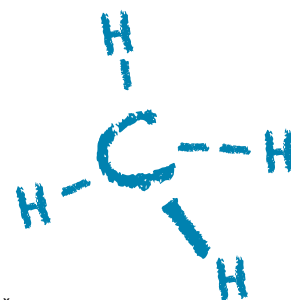
Biogasna tehnologija koristi prirodan proces u kojem se organske materije, kao što su biootpad, ostaci od hrane i stajnjak, pretvaraju u metan (CH_4) i digestat, uz pomoć različitih grupa mikroorganizama u anaerobnim uslovima (odnosno, u odsustvu kiseonika). U zavisnosti od toga koja vrsta sirovine se koristi, sadržaj metana u biogasu kreće se od 50 % do 70 %. Druga najprisutnija komponenta je ugljen-dioksid (CO_2), koji čini između 30 % i 45 % biogasa. Ima i drugih sastojaka u malim količinama, kao što su voda, kiseonik, tragovi sumpornih jedinjenja i vodonik-sulfid.

U proizvodnji biogasa odvijaju se četiri uzasopna biohemijska procesa. U fazi **hidrolize**, složena dugolančana jedinjenja iz sirovina, kao što su ugljeni hidrati, belančevine i masti, razbijaju se na organska jedinjenja manje molekulske mase, kao što su amino-kiseline, šećer i masne kiseline. Hidrolitički mikroorganizmi oslobađaju hidrolitičke enzime koji biohemijski razlažu materijal van ćelija mikroorganizama. U fazi **acidogeneze**, napred navedeni međuprodukti se zatim transformišu u niže masne kiseline kao što su propionska kiselina, buterna kiselina i sirćetna kiselina, kao i u ugljen-dioksid i vodonik, koji su sporedni proizvodi procesa razgradnje. U fazi **acetogeneze**, acetogene bakterije pretvaraju propionsku i buternu kiselinu u sirćetnu kiselinu, vodonik i ugljen-dioksid, koji predstavljaju osnovne materijale za proizvodnju metana. Na kraju, u fazi **metanogeneze**, arheje, koje su jedan od najstarijih oblika života na Zemlji, proizvode metan kombinovanjem vodonika i ugljen-dioksida ili raskidanjem veza sirćetne kiseline.

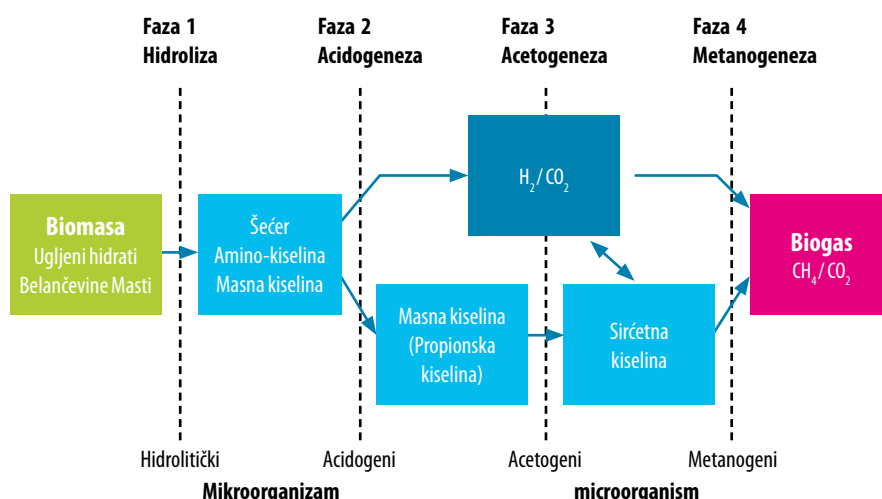
Obično se ova četiri procesa odvijaju istovremeno u hermetički zatvorenoj jedinici sa mešanjem, takozvanom digestoru. Međutim, biohemijske procese obavljaju razne vrste mikroorganizama i svaka od njih zahteva drugačije uslove za optimalan rast. Da bi se stvorili optimalni uslovi za različite vrste mikroorganizama, procesi se mogu odvijati u odvojenim sudovima. Na primer, neka postrojenja za biogas imaju odvojeni rezervoar za hidrolizu, u kojem se biootpad priprema za samu digestiju. Temperatura, sadržaj kiseonika i pH vrednost u tom rezervoaru optimalno su podešeni za hidrolitičke mikroorganizme, dok su uslovi u glavnom reaktoru optimizovani za arheje, koje proizvode metan.

Temperatura je jedan od najvažnijih faktora u proizvodnji biogasa. Razlikuju se sledeći nivoi radne temperature: psihrofilna (ispod 25°C), mezofilna (od 35°C do 48°C) i termofilna (iznad 50°C). Niske temperature imaju tu prednost da je u proces potrebno dodati manju količinu toplotne energije, ali je brzina reakcije veoma niska, što ili dovodi do manjeg prinosa biogasa ili uzrokuje mnogo duže vreme zadržavanja. Takođe, pri digestiranju otpada i sporednih proizvoda životinjskog porekla, visoke temperature igraju posebno važnu ulogu u neutralisanju štetnih mikroorganizama, kako je prethodno objašnjeno. Promena temperature, međutim, može da destabilizuje proces dobijanja biogasa i da umani ili zaustavi aktivnost mikroorganizama. Proizvodnju metana mogu da ometaju i drugi faktori: na primer, visoke koncentracije slobodnog amonijaka ubrzo dovode do ometanja rada bakterija, usled hemijske reakcije amonijaka i vode u digestoru pri kojoj se stvaraju amonijačni i hidroksidni joni, naročito pri višim pH vrednostima. Stoga je, za sprečavanje problema u toku rada postrojenja, neophodno je neprekidno pratiti odgovarajuće parametre.

Biometan



Opis procesa



7 Digestorska tehnologija

Digestor je glavna komponenta sistema za biogas. Izvestan broj tehnologija dostupnih na tržištu, pogodan je za preradu biootpada. Izbor prave tehnologije zavisi od sirovina i lokalnih uslova.

Izbor odgovarajućih tehnologija zavisi od velikog broja činilaca, kao što su dostupnost i svojstva sirovina, njihova količina i kvalitet, sadržaj suve materije i potreba za sanitacijom, upotreba energije, podsticaji (na primer fid-in tarife) i tražnja za energijom na lokalnom nivou, kao i naknada za zbrinjavanje dolaznih sirovina, transportni uslovi, planirana krajnja namena digestata, obučenosť i znanje operatera, lokalni klimatski uslovi i naravno, raspoloživa finansijska sredstva.

Ne postoji neko opšte pravilo za utvrđivanje najboljih tehnologija tako da je, pre realizacije postrojenja, izuzetno važno dobiti stručan savet o izboru najprikladnije tehnologije. Da bi se stekla neka opšta slika o tome, u ovom poglavlju dat je kratak pregled nekoliko najčešćih opcija.

Usvojene tehnologije i komponente moraju da budu izdržljive i pouzdane kako bi se celokupan sistem odlikovao trajnošću, imao visoke performanse i bio projektovan za bezbedan rad. Znanje i stručnosť operatera i dobra saradnja svih onih koji su u biogasnij projektat uključeni (na primer, planeri projekta, proizvođači, građevinske firme i operateri) su zato važni činioci u njegovoj uspešnoj realizaciji.

Digestor je glavna komponenta sistema za biogas. U digestoru mikroorganizmi pretvaraju organski materijal, odnosno sirovine, u biogas. Najvažnija funkcija digestora je da obezbedi optimalne uslove za rast mikroorganizama, a samim time i da osigura visok prinos biogasa. Sistemi za biogas obično se kategoriju na osnovu tipa digestije koju koriste:



Mokra kontinualna digestija



Suva kontinualna digestija

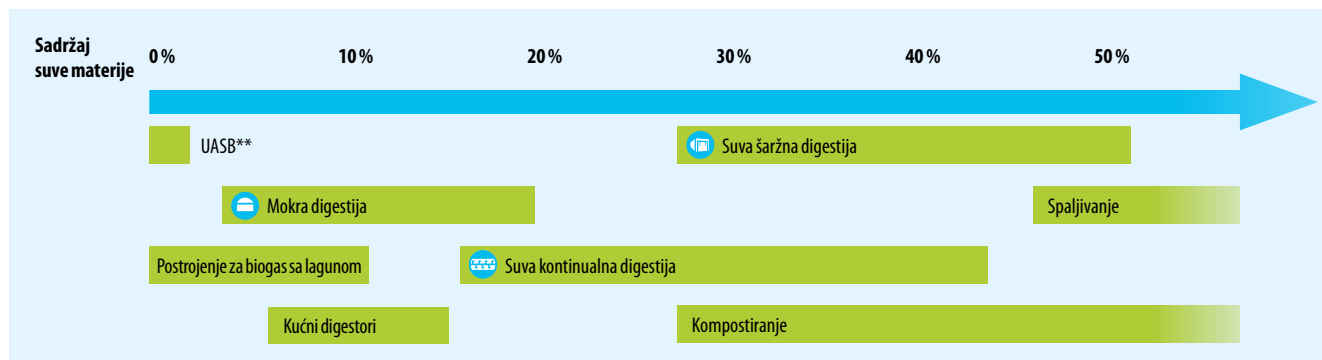


Suva šaržna digestija

Svojstva različitih digestorskih tehnologija

	Punjenje	Temperatura	Mešanje	Sirovina	Pouzdanost	Klima
Mokra kontinualna digestija	Kontinualno	Mezofilna ili termofilna	Protočni reaktor sa neprekidnim mešanjem sa mešačima, hidraulički digestor bez mešača	Lako se pumpa, koristi se za različite vrste sirovina	Nečistoće mogu da izazovu tehničke probleme	Širom sveta, bez ikakvih ograničenja
Reaktor sa klipnim protokom	Kontinualno	Obično je termofilna, ali može da bude i mezofilna	Uporedno s protokom ili poprečno, vertikalni sistemi bez mešača	Pumpa se, uglavnom se koristi za komunalni biootpad	Velika tolerancija na nečistoće	Širom sveta, bez ikakvih ograničenja
Garažni sistem	Diskontinualno	Obično je mezofilna, ali može da bude i termofilna	Bez mešača, distribucija perkolacione tečnosti	U rasutom stanju, uglavnom se koristi za komunalni biootpad	Izdržljiv reaktor bez pokretnih delova	Širom sveta, bez ikakvih ograničenja
Postrojenje za biogas sa lagunom	Kontinualno sa dugim vremenom zadržavanja (više od 100 dana)	Temperatura okoline	Najčešće bez mešanja	Tečna, po pravilu se koristi za procesne ili otpadne vode	Nečistoće mogu da izazovu tehničke probleme	Toplije geografske širine, kao što su tropske oblasti
Kućni digestori	Gotovo kontinualno	Temperatura okoline	Najčešće bez mešanja	Biootpad, stajnjak, te poljoprivredni ostaci dostupni na lokalnom nivou	Nečistoće ne bi trebalo da uđu u proces	Temperature iznad 10°C

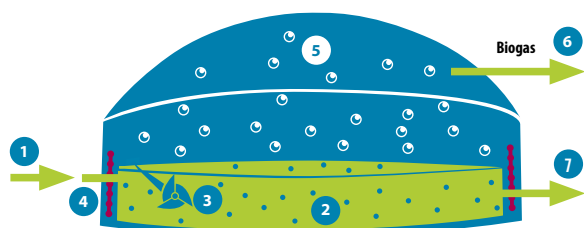
Pregled tehnologija čiji mogući režim rada zavisi od sadržaja suve materije*



*Gotovo sve sirovine mogu da se razrede do sadržaja suve materije, potrebnog za svaku pojedinu digestorsku tehnologiju

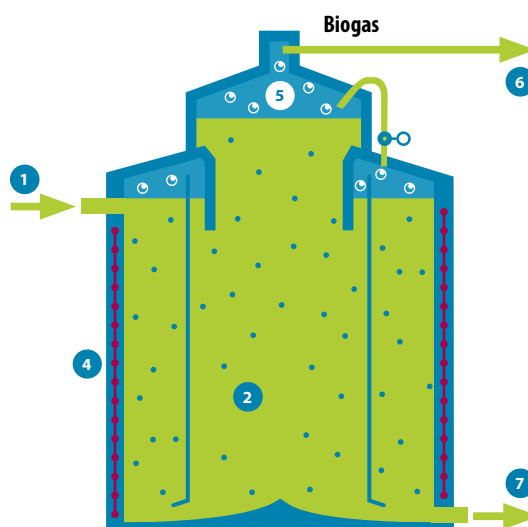
**UAMS: Tehnologija uzlaznog anaerobnog muljnog sloja je oblik anaerobne digestije za materijale sa velikim sadržajem vode (na primer, tretman otpadnih ili procesnih voda)

Protočni reaktor sa neprekidnim mešanjem



- 1 Ulazni materijal 2 Biomasa 3 Mešač 4 Grejni sistem 5 Rezervoar za skladištenje 6 Primena biogasa 7 Izlazni materijal

Hidraulički digestor



7.1 Mokra kontinualna digestija

Najprikladnija sirovina za **mokru digestiju** je tečni biotpad, poput industrijskog i komercijalnog otpada ili stajnjaka. Pa ipak, svaka sirovina može da se podvrgne procesu mokre digestije pošto se pripremi i razredi procesnom ili recirkulisano vodom ili nekom drugom tečnom biomasom. Prethodna obrada je naročito neophodna u slučaju komunalnog biootpada zbog njegovog heterogenog sastava, većeg procenta velikih komponenti (na primer, drvo) i nečistoća. Digestor je izolovan i zagrejan na mezofilnu ili termofilnu temperaturu, kako bi se mikroorganizmima obezbedili najbolji uslovi za život. Tečna biomasa se meša u digestoru, kako bi sirovine došle u kontakt sa mikroorganizmima, kao i da bi se sprečilo stvaranje tonućih ili plivajućih slojeva i obezbedilo strujanje toplote iz grejnog sistema u celom digestoru.

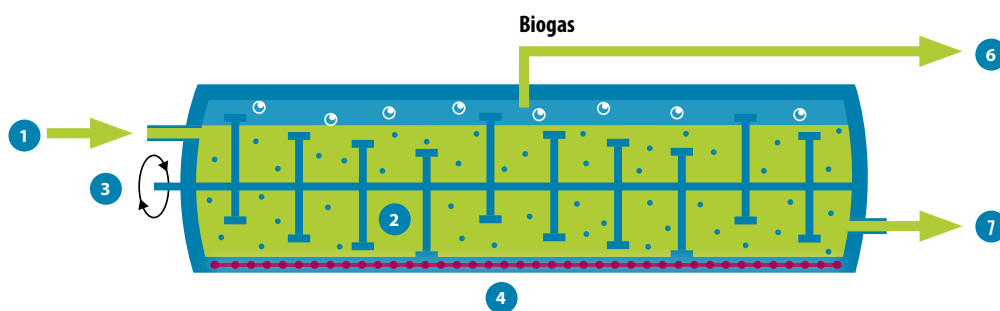
Pošto je digestat posle digestije tečan, može da se koristi i za razređivanje čvrstih sirovina. Ukoliko se želi vršiti aerobno kompostiranje, potrebno je razdvojiti čvrstu i tečnu komponentu digestata. Tečni digestat može direktno da se poliva po poljoprivrednim površinama kao đubrivo.

U **protočne reaktore sa neprekidnim mešanjem** sirovina se ubacuje (skoro) kontinualno i to u nekoliko tura svakog dana. Sadržaj suve materije u sirovini kreće se od ispod 5 % do 15 %. U samom digestoru se nalazi tečni materijal, pa bi trebalo da postoji mogućnost pumpanja. Proces može da se sastoji od jedne ili više faza (na primer, sa zasebnim rezervoarom za hidrolizu). Obično

bi trebalo postaviti jedan ili više glavnih digestora, kao i post-digestor i rezervoar za digestat. Protočni reaktori sa neprekidnim mešanjem, su digestorska tehnologija koja se najčešće koristi za poljoprivredne kulture. Radi se o jednostavnoj a izdržljivoj tehnologiji, koja prihvata širok dijapazon mogućih sirovina. Rezervoar može da bude gotovo bilo koje veličine, samo da je u njemu moguće mešanje. U praksi, zapremina pojedinačnih rezervoara ograničena je na nekoliko hiljada kubnih metara, a ako je neophodno da zapremina reaktora bude veća, onda može da se sagradi nekoliko rezervoarskih modula, koji bi radili istovremeno ili sukcesivno.

U **hidrauličke digestore** sirovina se ubacuje (skoro) kontinualno. Praktično sve vrste sirovina mogu da se podvrgnu digestiji, ako su dovoljno tečne da mogu da struje. Sadržaj suve materije u sirovinama iznosi 6 %-16 %. Digestor se projektuje u vidu dve komore. Najveća količina biogasa proizvodi se u glavnoj komori. Zbog višeg pritiska usled proizvodnje biogasa, tečna biomasa u drugoj komori diže se u vis. Kada se odvrne ventil između te dve komore, tečnost se sjuri naniže oslobađajući veliku kinetičku energiju. Zbog skretača mlaza, sam mlaz ima efekat mešanja. Nisu potrebni nikakvi mehanički mešači, dok u samom reaktoru nema nikakvih pokretnih delova, pa je zato potrošnja električne energije postrojenja mala, a troškovi održavanja niski. Procesna temperatura je mezofilna ili termofilna. Rezervoari se, po pravilu, zagrevaju da bi se obezbedila optimalna temperatura za mikroorganizme.

Reaktor sa klipnim protokom



- 1 Ulazni materijal 2 Biomasa 3 Mešač 4 Grejni sistem
 5 Rezervoar za skladištenje biogasa 6 Primena biogasa 7 Izlazni materijal

Mešač digestora sa klipnim protokom u izgradnji



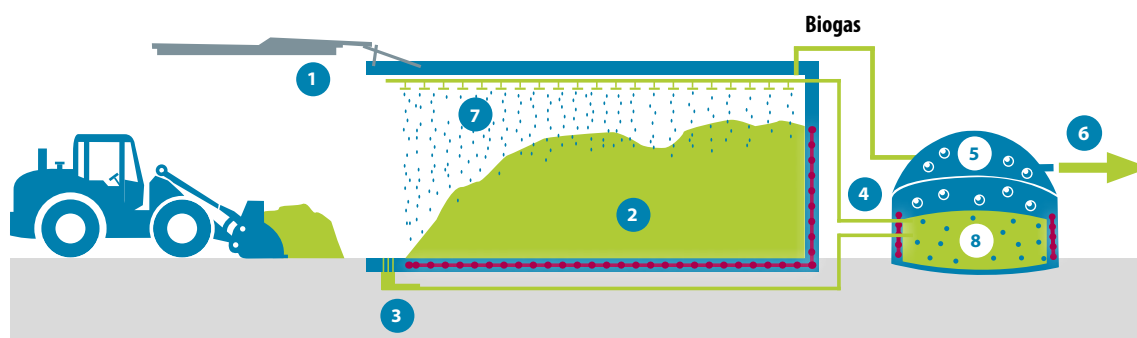
7.2 Suva kontinualna digestija

Suva kontinualna digestija odvija se u **reaktorima sa klipnim protokom**. Ideja je da se biomasa polako sprovodi (horizontalno ili vertikalno) od ulaznog do izlaznog otvora, tako da u idealnom slučaju sve čestice budu pre-rađene uz isto vreme zadržavanja na putu kroz reaktor, mada su mogući i neki skraćeni postupci, u zavisnosti od vrste sirovine i unutrašnje konstrukcije. Vertikalni digestori sa klipnim protokom rade bez mešača, ali za mešanje biomase koriste gravitaciju i pumpe. Da bi se obezbedili optimalni uslovi za prerađu, horizontalni digestori sa klipnim protokom opremljeni su veoma izdržljivom tehnologijom za mešanje, koja mešanje vrši ili u smeru u kome materijal struji ili u poprečnom smeru.

Sirovine se ubacuju (skoro) kontinualno. U pogodne sirovine spada praktično svaki organski materijal koji može da se digestira, ali tehnologija je prvenstveno namenjena za raznovrsni komunalni biootpad. Sadržaj suve materije iznosi 15%-45%. Moguće je veliko opterećenje reaktora. Zapremina reaktora obično je ograničena na 1.000-2.000 kubnih metara zbog jakih radijalnih sila. Međutim, istovremeno može da radi nekoliko reaktora. Procesna temperatura je često termofilna, ali može da bude i mezofilna.

Digestat se razdvaja, pri čemu se čvrsta frakcija obično dalje kompostira, a tečna frakcija posipa kao đubrivo, te koristi za recirkulaciju ili prskanje komposta. The digestate can be separated, while the solid fraction is normally post-composted and the liquid fraction spread as fertilizer, used for recirculation or sprinkling of the compost.

Garažni sistemi



7.3 Suva šaržna digestija

Šaržni digestori za suvi proces uglavnom se izrađuju kao **garažni sistemi**. Sirovine se prerađuju u šaržama koje u digestoru ostaju onoliko dugo koliko je utvrđeno vreme zadržavanja, obično oko mesec dana. Posle toga, digestor se prazni i puni sledećom šaržom. Digestat može dalje da se kompostira bez faze razdvajanja. Nova količina ulaznih sirovina inokulira se čvrstim digestatom iz prethodnog procesa, koji se meša u garaži. Procedna voda iz odvodnog sistema recirkuliše se u vidu perkolacione tečnosti i prska po sirovinama radi inokulacije bakterijama i boljeg povezivanja raspadajuće biomase.

Protok materijala je diskontinualan. Sirovina i digestat se utovarivačem točkašem ubacuju u garažu i iznose iz nje. Sirovina bi trebalo da je u rasutom stanju, što znači da bi trebalo da sadrži veliku količinu strukturnog materijala. Ova tehnologija prilagođena je sirovinama sa više od 30% suve materije. U reaktoru nema pokretnih komponenti, što znači da je izdržljiv, da su radni procesi pouzdani, a troškovi održavanja niski. Prinos biogasa bi

- 1 Gasno-nepropusna vrata
- 2 Biomasa
- 3 Odvodni sistem za perkolacionu tečnost
- 4 Grejni sistem
- 5 Rezervoar za skladištenje biogasa
- 6 Primena biogasa
- 7 Distribucija perkolacione tečnosti
- 8 Rezervoar za skladištenje perkolacione tečnosti

eventualno mogao da bude manji nego u sistemima na bazi mešanja. Pošto se ubacivanje sirovina obavlja ručno, potrebno je više radne snage u odnosu na automatizovane sisteme. Sistemom za distribuciju perkolacione tečnosti obezbeđuje se optimalan sadržaj vode. Procesna temperatura je mezofilna ili termofilna. Potrebna su bar tri digestora da bi se ujednačio nivo proizvodnje gasa.

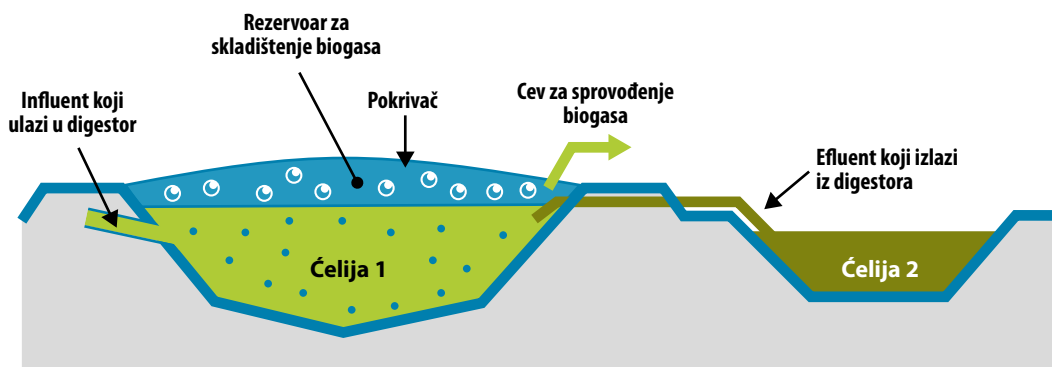
7.4 Ostale digestorske tehnologije

Do sada su predstavljene najznačajnije i najzastupljenije tehnologije u Evropi. Međutim, u mnogim zemljama se koriste i neke druge tehnologije. Ovde će ukratko biti prikazane još dve. U mnogim novonastalim zemljama, kao i zemljama u razvoju, veoma su česta **postrojenja za biogas u vidu laguna**. Efluent iz industrije ili sa poljoprivrednih dobara (na primer, otpadne i procesne vode, stajnjak i drugi efluenti) tradicionalno se skladište u otvorenim lagunama, koje često predstavljaju pretnju po životnu sredinu zbog ispuštanja metana u atmosferu, kao i prodiranja nitrata u zemlju i podzemne vode.

U cilju rešavanja ovog problema, ove lagune se često pokrivaju plastičnom membranom i to često membranom na bazi polietilena velike gustine, da bi se dobila jednostavna verzija postrojenja za biogas. Međutim, ovo rešenje ima neke tehničke nedostatke. Naime, pla-

stičnu membranu tako velike površine je teško pričvrstiti za zemlju tako da je vetar ne oduva. Sem toga, pokrivanjem lagune ne sprečava se potencijalno prodiranje štetnih gasova u zemlju i podzemne vode. Zapremina postrojenja za biogas u vidu lagune može da se kreće i do 20.000 m³, pa je zato delotvorno i efikasno mešanje tečnosti u njima teško, ako ne i praktično nemoguće. Zagrevanje lagune do optimalne temperature takođe predstavlja popriličan izazov. Po pravilu, postrojenja za biogas u vidu lagune rade na temperaturi okoline, pa je zato prinos biogasa niži i sezonske prirode, a potrebne su veoma velike zapremine da bi se postiglo dugo vreme zadržavanja. Danas, postrojenjima za biogas u vidu lagune, može da se upravlja na bezbedan i efikasan način, tako što se opremaju mešačima i grejnim sistemom, međutim, to povećava troškove ulaganja, a osim toga, tako nešto je tehnički izvodljivo samo u određenoj meri

Postrojenje za biogas u vidu lagune



(mešanje i zagrevanje može da bude izuzetno teško kada se radi o velikim zapreminama).

Druga vrsta biogasne tehnologije, koju uglavnom karakteriše veličina postrojenja, jesu **kućna postrojenja za biogas**. Dnevni unos sirovina je svega nekoliko kilograma (što je često količina koju proizvede jedno domaćinstvo ili manja grupa domaćinstava). Količina proizvedenog biogasa je mala i iznosi tek nekoliko kubnih metara dnevno. Zapremina reaktora je obično samo nekoliko kubnih metara, najviše do 100 m³. Ova tehnologija je relativno jeftina i jednostavna. Mehanički delovi (ako ih uopšte ima) su često vrlo jednostavni, izdržljivi i nisu na elektronski pogon. Reaktor se obično ne zagreva i nema mešanja, pa bi vreme zadržavanja trebalo da bude dugo da bi se ostvario dovoljan prinos biogasa.

Postoje tri vrste kućnih digestora:

- ▶ digestori u vidu plastičnog džaka. Sirovina se ubacuje u plastični džak. U njemu nastaje biogas. Rezervoar za skladištenje gasa je obično u vidu spoljašnjeg balona. Prednosti: relativno izdržljiv materijal, ne propušta gas, ni tečnost, a otporan je na rđu;

- ▶ digestori na principu plivajućeg bubnja. Sastoje se od dva bubnja, pri čemu se jedan ubaci u drugi. Plivajući bubanj pokazuje količinu prikupljenog gasa;
- ▶ digestori sa fiksiranom kupolom. Prednost je što mogu da se naprave od materijala dostupnog u blizini, na primer, cigala. Nedostatak je što su gasna nepropusnost (emisija metana!) i otpornost na rđu pod znakom pitanja.

Sirovine koje se koriste trebalo bi da budu u tečnom stanju ili bar razređene (na primer, stajnjak ili sirovine razređene u reaktoru), bez većih komponenti (na primer, grana drveća). Otpad koji je možda kontaminiran patogenim bakterijama ne bi trebalo da se koristi, zato što kućna postrojenja za biogas nemaju jedinicu za sanitaciju.

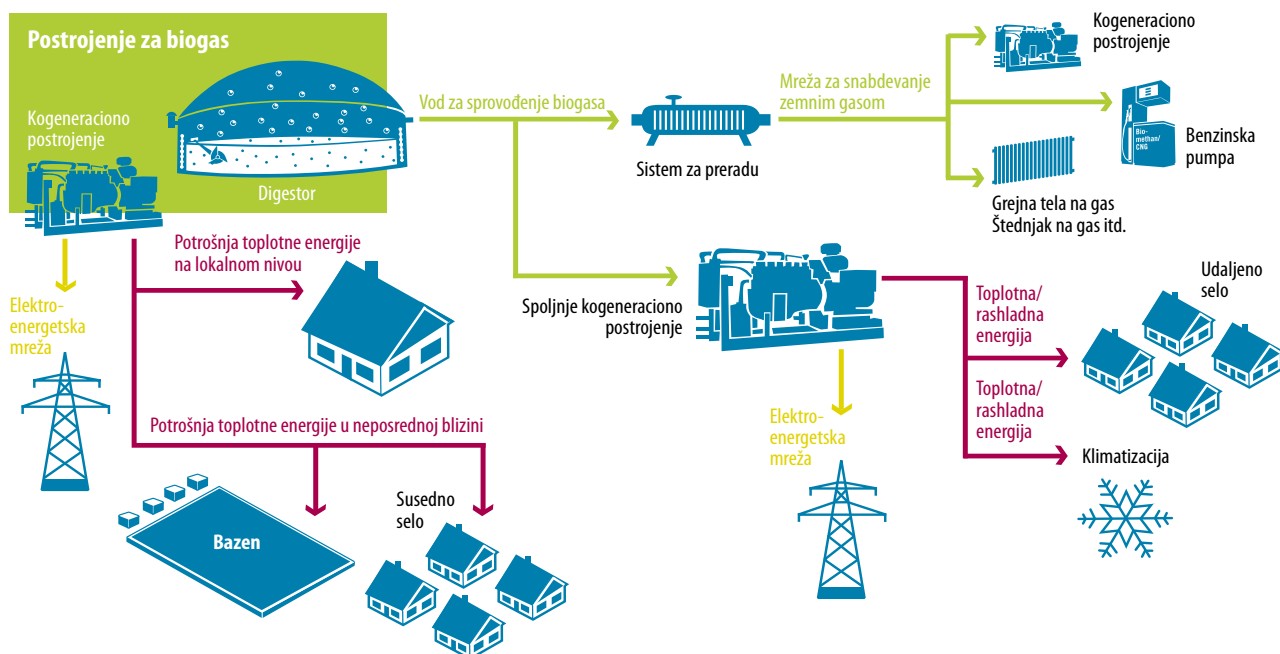
Biogas se u domaćinstvima obično koristi za kuvanje na štednjacima. Može da se koristi i za rasvetu. Mala postrojenja za biogas proizvode isuviše malu količinu biogasa da bi proizvodnja električne energije bila ekonomski isplativa. Izgradnja i eksploatacija su relativno jednostavni. Međutim, kao i kod industrijskih postrojenja, znanje i jasno definisane odgovornosti predstavljaju ključ za dugoročnu eksploataciju.

Digestor na principu plivajućeg bubnja u Indiji



8 Primena biogasa

Kada je reč o tehnologijama obnovljivih izvora energije, biogas zaista ima svestranu primenu, pošto se od njega dobijaju električna energija, toplotna energija, gas, kao i pogonsko gorivo za vozila na gas. Ova fleksibilnost postiže se proizvodnjom primarnog energenta, metana.



Proizvodnja metana, u toku procesa anaerobne digestije, znači da energija iz sirovina može da ima višestruku primenu. Jedna od najčešćih je pretvaranje gasa u električnu i toplotnu energiju pomoću kogeneracionog postrojenja (postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije). Međutim, pre same upotrebe u motorima, gas mora da se prečisti. Sirov biogas je zasićen vlagom i sadrži vodonik-sulfid (H_2S), što bi dovelo do korozije motora u postrojenju, kao i drugih metalnih, betonskih ili drvenih komponenti, koji sa gasom dolaze

u dodir. Da bi se obezbedila dugovečnost postrojenja za biogas i njegove komponente zaštitile od H_2S , izuzetno je važno da se izvrši **odsumporavanje** biogasa. To može da se uradi:

- ▶ dodavanjem soli metala u digester,
- ▶ omogućavanjem interne ili eksterne biološke oksidacije (na primer, kontrolisanim ubrizgavanjem vazduha u digester), ili
- ▶ prečišćavanjem biogasa materijalima koji absorbiraju sumpor (na primer, aktivnim ugljem).



Toplotna energija i CO_2 nastali prečišćavanjem biometana mogu da se koriste u staklenim baštama



Električna energija iz postrojenja za biogas može da se isporučuje na zahtev

Sušenje gasa je još jedna uobičajena faza u procesu rafinisanja. Popularan način da se to uradi je kondenzaciono sušenje, što podrazumeva hlađenje biogasa do temperature na kojoj se sadržaj vode kondenzuje i sakuplja u kondenzacionoj posudi.

Po završetku ovog procesa prečišćavanja, biogas može da se koristi u kogeneracionom sistemu u kome motor pokreće generator. **Toplotna energija** nastala sagoravanjem može da se prikuplja pomoću izmenjivača toplotne energije mora da se koristi za zagrevanje digestora, ostatak može da se proda ili iskoristi za više namena, kao što su zagrevanje poljoprivrednih i stambenih objekata ili sušenje (na primer, useva ili drva). Ova toplotna energija, dostupna tokom cele godine, naročito je korisna za potrošače kojima je potrebna čitave godine, kao što su javni objekti, bazeni, staklene bašte, pivare ili druga industrijska postrojenja. Toplotna energija može da se

koristi i za pokretanje rashladnih sistema, što bi moglo da bude privlačno za zemlje sa toplijom klimom.

Prednost proizvodnje **električne energije** iz biogasa jeste fleksibilnost koju gas pruža, zato što je mnogo lakše skladištiti biogas nego električnu energiju. Električna energija, dakle, može da se proizvodi po potrebi. To ima stabilizacioni efekat na elektro-energetske sisteme, zato što je moguće nadomestiti svaki pad u proizvodnji baziranoj na nepostojanim energentima (kao što su snaga vetra i fotovoltalni sistemi). U Nemačkoj ima sve više postrojenja za biogas koja električnu energiju više ne proizvode 24h dnevno, već to rade u skladu sa tražnjom. Ovaj pristup je sjajna prilika i za vanmrežna rešenja, pošto proizvođačima omogućava da električnu energiju proizvode po potrebi.

Prečišćeni biogas, poznat kao **biometan**, može direktno da se isporučuje u postojeću mrežu za snabdevanje zemnim gasom i skladišti u rezervoarima za gas. Da bi biogas prečišćavanjem dostigao kvalitet biometana/zemnog gasa, iz njega mora da se izdvoji CO_2 kako bi sadržaj CH_4 u gasnoj smeši dostigao visoku koncentraciju, često veću i od 96 %. Dostupne su razne tehnike prečišćavanja. Kada se biogas prečišćavanjem pretvori u biometan, pa se zatim, na primer, sprovede u gasovodnu mrežu, može da se upotrebljava za sve ono za šta se upotrebljava i zemni gas. Na primer, može da se koristi kao **gorivo** za pogon vozila, da se kompresuje u boce (na primer, za upotrebu u domaćinstvima) ili da se koristi u kogeneracionom postrojenju, na lokaciji na kojoj na najefikasniji način može da se izvrši prenamena proizvedene toplotne energije. Biometan može izuzetno pozitivno da utiče na održivost saobraćajnog sektora, zbog toga što je emisija CO_2 iz vozila sa pogonom na čist biometan dobijen iz otpada, oko 90 % niža od one iz vozila na fosilna goriva.

Zagrevanje otvorenih bazena toplotnom energijom iz postrojenja za biogas



Autobus javnog prevoza sa pogonom na zemni gas/biometan



9 Ostale publikacije

Ostale veoma značajne teme u oblasti proizvodnje biogasa su bezbednost, prečišćavanje biometana, kao i primena, dalja prerada i plasman digestata na tržište. U okviru serije pod nazivom „Biogas – znanje i iskustvo“ (Biogas Know-how) dostupne su i druge brošure o ovim tematskim oblastima, koje mogu da se poruče ili preuzmu sa sajta Nemačkog Biogas Udruženja.

Izuzetno je važno da postrojenje za biogas radi na bezbedan način. U brošuri **„Bezbednost pre svega!“ (Safety first!)** dato je objašnjenje kako da se na bezbedan način izgradi i eksploatiše postrojenje za biogas. Kada je u pitanju bezbednost u sektoru biogasa, najvažnije oblasti su kontrola emisije štetnih gasova, bezbednost proizvoda, zaštita vode i bezbednost na radu, ali u obzir treba uzeti i niz drugih pitanja i zaštitnih mera.

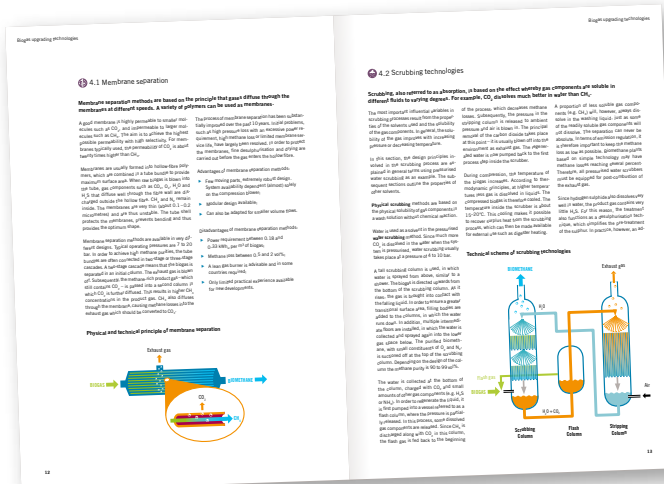
Uopšte uzevši, rizici koje ova tehnologija nosi sa sobom mogu se svrstati u dva osnovna tipa, rizike po životnu sredinu i rizike po zdravlje ljudi. Rizici po životnu sredinu mogu, na primer, da budu emisija gasova sa efektom staklene bašte ili isticanje digestata u površinske vode, usled strukturnih ili operativnih propusta. Rizici po zdravlje ljudi mogu da se odnose na lica koja rade u postrojenjima za biogas ili na neku treću stranu (na primer, naselja u blizini postrojenja) i kategorišu se kao rizici vezani za gas (na primer, eksplozije), rizici od požara, mehanički i električni rizici, zagađenje bukom i emisija opasnih supstanci.

Kad je reč o samim postrojenjima, biogas nije isključivi uzrok najčešćih rizika, već padovi, posekotine, fizičko dejstvo i slično (odnosno, oni su mehaničke prirode). Neke toksične, štetne, odnosno senzibilizirajuće hemikalije koje se u toku tog procesa koriste ili nastaju, poput vodonik-sulfida (H_2S), mogu biti opasne. Sredstva za pospešivanje procesa (važne hranljive materije), biološki agensi ili jedinjenja za odsumporavanje biogasa takođe mogu da predstavljaju rizik po operatore i radnike.

Da se rizici po zdravlje ljudi ili životnu sredinu ne bi javljali kao posledica rada postrojenja za biogas, proizvođači, konsultanti za planiranje postrojenja i operateri moraju tesno da sarađuju od samog početka, kako bi se izbegli problemi koji se javljaju u fazi planiranja postrojenja. Višedecenijsko iskustvo stečeno u izgradnji i upravljanju hiljadama postrojenja za biogas, pokazuje da mogu da rade na bezbedan način. Danas postoje pouzdane tehnologije, standardi i obuka kojima se obezbeđuje njihova bezbedna eksploatacija. Samo ako se preduzmu sve neophodne mere, biogas će moći da se proizvodi na bezbedan način. Dodatne informacije mogu se naći na: www.biogas-safety.com.

Biogas može prečišćavanjem da se pretvori u biometan primenom raznih tehnika separacije CO_2 i obogaćivanja CH_4 (membranske separacije, tehnologije čišćenja, adsorpcije sa promenljivim pritiskom ili kriogene obrade).

Biometan može da se koristi na mnogo različitih načina. To što prerađeni biogas može da se isporuči u postojeću infrastrukturu za snabdevanje zemnim gasom, znači da gas dobijen iz biomase može da se privremeno skladišti i koristi po potrebi. Ovaj postupak omogućava ostvarivanje najvećeg mogućeg stepena efikasnosti, kako na planu proizvodnje električne energije kroz istovremenu, kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije,



tako i na planu direktne primene toplotne energije. Na taj način, biometan u značajnoj meri doprinosi stabilizaciji zaliha energije i ispravlja neravnotežu izazvanu nepostojanošću obnovljive energije vetra i sunca. Sertifikatima koji dokumentuju održivu proizvodnju biometana može da se trguje.

Pored stacionarnih načina primene, biometan može da se koristi i kao gorivo za vozila (u putničkom saobraćaju, teškom teretnom saobraćaju kao što je kamionski i brodski saobraćaj, kao i u industriji i poljoprivredi) ili kao izvor sirovina za dalju primenu materijala. Sem toga, ugljen-dioksid (CO_2), kao nusproizvod, može da posluži kao osnova za postupak sinteze u pretvaranju viška električne energije u gas. Ova jedinstvena fleksibilnost znači da biometan može da se proizvede i nađe svoju primenu na centralizovanoj ili decentralizovanoj osnovi širom sveta. Dodatne informacije mogu se naći na: www.biogas-to-biomethane.com.

Digestat se koristi kao visokokvalitetno đubrivo, bogato humusom i hranljivim materijama. Može da se koristi direktno na poljoprivrednim površinama, u tečnom sta-



nju ili kao čvrsti digestat dobijen separacijom. Sve hranjive i mikrohranjive materije, koje se nalaze u sirovinama za postrojenje za biogas, zadržavaju se i u digestatu, tako da sirovina kojom se puni digestor direktno određuje sastav nastalog digestata. U hranjive materije bitne za rast biljaka, uglavnom spadaju azot, fosfor i kalijum. Zastupljenost azota, a samim time i ishrana biljaka, bolji su nakon digestije zbog veće koncentracije amonijaka. Osim toga, sadržaj dragocenog organskog ugljenika u digestatu predstavlja ključnu komponentu humusa. U cilju smanjenja troškova (skladištenja, transporta i primene), odnosno uspostavljanja novih tržišta (na primer, centri za prodaju baštenskog programa, prodavnice s opremom za domaćinstva i maloprodajna tržišta), moguće je primeniti nekoliko tehnika dalje prerade tečnog digestata kao što su: razdvajanje čvrste i tečne komponente, kompostiranje, sušenje, peletiranje, granuliranje, isparavanje pod vakuumom, membranska

filtracija (na primer, ultrafiltracija ili obratna osmoza), taloženje ili rektifikacija hranljivih materija i ostalo.

Uopšte uzevši, potrebno je unaprediti upotrebu đubriva da bi se zatvorio ciklus hranljivih materija i ugljenika i smanjila upotreba neorganskih đubriva, koja je često potrebno transportovati na velike udaljenosti. Sem toga, za proizvodnju neorganskih đubriva potrebna je izuzetno velika količina energije, koja se uglavnom dobija iz fosilnih goriva i zato za posledicu ima veliku emisiju gasova sa efektom staklene bašte. Izgleda da će naše društvo uskoro početi da oseća posledice nestašice fosfora, kao ograničenog resursa, zbog čega nivo uranijuma i kadmijuma u neorganskim fosfornim đubrivima već postaje kritičan. S obzirom na rast cene neorganskih đubriva, proizvodnja alternativnih organskih đubriva dolazi u pravo vreme i potencijalno je unosna.

Upotreba digestata kao đubriva nije samo dobra za životnu sredinu, već je važna i u ekonomskom smislu. Na primer, u takvom slučaju nema visokih troškova odlaganja otpada koji mogu da nastanu kod prerade tečnog digestata u postrojenju za tretman voda. Kvalitet dobijenog proizvoda uvek zavisi od kvaliteta ulazne sirovine. U tom smislu, pri planiranju postrojenja neophodno je razmotriti odluku o izboru sirovine, kako bi bila zagarantovana proizvodnja visokokvalitetnog đubriva, od koga će se, u idealnom slučaju, ostvariti veći prihodi zahvaljujući njegovom sadržaju hranljivih materija i humusa. Dodatne informacije mogu se naći na: www.digestate-as-fertilizer.com

DOSTUPNO NA INTERNETU



www.biowaste-to-biogas.com



www.biogas-safety.com



www.biogas-to-biomethane.com



www.digestate-as-fertilizer.com

Referentna postrojenja



CS BioEnergia S.A.



Postrojenje sa rezervoarom za gas, digestorom i sistemom za odsumporavanje



Prvo AAT postrojenje za biogas u Brazilu i prvo postrojenje za preradu otpada od hrane u toj zemlji.

Postrojenje prerađuje oko 170 tona pijačnog otpada, otpada iz trgovina mešovitim robom i mulj iz obližnjeg postrojenja za tretman otpadnih voda, a proizvodi 2,8 MW električne energije. Prvo je postrojenje za biogas te vrste u Brazilu.

Ostali podaci o postrojenju:

- ulazne sirovine: pijačni otpad, otpad iz trgovina mešovitim robom i mulj
- proizvodnja gasa: do 26.400 m³ dnevno
- snaga: 2,8 MW_{el}
- zapremina dva digestora: 10.000 m³

Operater

CS BioEnergia S.A.

Avenida das Américas SN, Parque náutico - ETE Belém

183.030-640 - São José dos Pinhães - Paraná - Brazil

Kontakt: Vanessa Cattalini

E-pošta: vanessa@grupocattalini.com.br

URL: www.csbioenergia.com.br

Proizvođač:

Cattalini Bioenergia S.A. & AAT GmbH

Pušteno u rad: 2017. godine

Kapacitet prerade otpada:

388.600 t/god.

Instalisani kapacitet:

2 x 1,426 MW_{el}

Proizvodnja biogasa:

1.100 Nm³/h

Obim ulaganja: 20 miliona evra



Sirovine

- Sporedni proizvodi biljnog porekla 10%
- Komunalni biootpad sortirani na mestu nastanka 30%
- Mulj iz kanalizacionog sistema 60%

Tip digestije: mezofilna mokra digestija, odvojena hidroliza

Priprema sirovina: mlevenje, usitnjavanje, senzorska tehnologija, trakasta presa

Dalja prerada digestata: separacija, tretman otpadnih voda

Dobijeno đubrivo: voda čije je ispuštanje dozvoljeno

Primena digestata: prerada u postrojenju za tretman komunalnih otpadnih voda

VALNOR S.A.



VALNOR, S.A., Alter do Chão, Portugal



VALNOR, S.A. je kompanija zadužena za preradu i utvrđivanje vrednosti komunalnog otpada, nastalog u opštinama Abrantes, Alter do Chão, Arončes, Avis, Castelo de Vide, Castelo Branco, Kampo Meior, Krato, Elvas, Fronteira, Gaviao, Idanja-a-Nova, Marvao, Makao, Monforte, Nisa, Oleiros, Portalegre, Ponte de Sor, Proensa-a-Nova, Sardoal, Serta, Sousel, Vila de Rej i Velja de Rodao. Područje na kome deluje obuhvata 11,98 km² i ima 271.516 stanovnika.

Ova kompanija je uspostavila integrisani sistem upravljanja namenjen zbrinjavanju komunalnog čvrstog otpada na području koje pokriva. Sistem se sastoji od nekoliko operativnih pogona, uključujući i proizvodnju biodizela, pogon za kompostiranje i pogon za anaerobnu digestiju otpada.

Proizvođač:

Bekon GmbH

Pušteno u rad: 2011. godine

Kapacitet prerade otpada:

25.000 t/god.

Instalisani kapacitet:

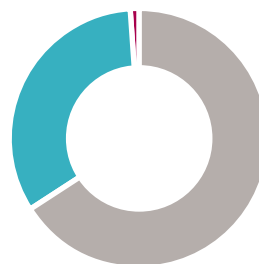
500 kW_{el}

Obim ulaganja:

7,5 miliona EUR



Postrojenje za biogas projektovano je za preradu oko 25.000 tona otpada godišnje i iz naselja uglavnom dobija organsku frakciju. Postrojenje je opremljeno sa osam prilično izdržljivih digestora koji su u stanju da prerade organsku frakciju komunalnog čvrstog otpada iz navedenih naselja. Instalirana snaga anaerobnog pogona je 500 kW, a koristi mezofilnu procesnu temperaturu.



Sirovine

- Organska frakcija komunalnog čvrstog otpada 66%
- Komunalni biootpad sortiran na mestu nastanka 33%
- Industrijski i komercijalni otpad 1%

Operater

VALNOR S.A.

Apartado 48

7441 909 Alter do Chão - Portugal

Kontakt: David Simao

Tel: +351 245 610 040

Faks: +351 245 619 003

E-pošta: geral@valnor.pt

URL: www.valnor.pt

Tip digestije: mezofilna, suva šaržna digestija

Priprema sirovina: vazдушna separacija, sortirne kabine, taloženje metala, senzorska tehnologija, rezanje

Dalja prerada digestata: kompostiranje

Dobijeno đubrivo: kompost

Primena digestata: plasman komposta na tržište (vinogradi)

Imperial Park (Velika Britanija)



Projekat „Imperial Park“



Nosilac biogasnog projekta „Imperial Park“ bila je kompanija AVG Limited iz Velike Britanije. Postrojenje je u Middlesbroughu izgradila kompanija BioConstruct, koja je izabrana kao izvođač radova po sistemu projektovanje – nabavka – izgradnja. Pušteno je u rad 2017. godine. Ulazne supstrate obezbeđuju supermarketi, pekare, klanice, poljoprivredni sektor ili bilo koji drugi vid industrije. Maksimalna ukupna ulazna količina je 108.000 t/god, a zahvaljujući četiri motora „Jenbacher“ (3x 1.487 kW, 1x 527 kW) instalirani električni kapacitet iznosi 4.988 kW_{el}.

Dok se električna energija isporučuje u mrežu, proizvedena toplotna energija služi za obezbeđivanje toplote za mezofilnu anaerobnu digestiju na temperaturi od oko 38°C i pasterizaciju digestata (70°C u trajanju od 1 sat).

Kompanija BioConstruct bila je zadužena za tehnički projekat, izgradnju i puštanje postrojenja u rad. Postrojenje karakteriše sedam rezervoara (dva digestora od po 5.953 m³, jedan post-fermentor od 7.953 m³, te četiri rezervoara za skladištenje od po 7.716 m³), kao i sistem za

Proizvođač:

BioConstruct GmbH

Pušteno u rad:

2017. godine

Kapacitet prerade otpada:

108.701 t/god.

Instalisani kapacitet:

4.988 kW_{el}

Obim ulaganja:

20.805.000 GBP



eksterno biološko odsumporavanje. Osim toga, postrojenje može da primi i unapred uskladišti gotovo 900 m³ tečnog supstrata pošto ima sedam rezervoara, od čega pet imaju kapacitet od po 105 m³, a dva rezervoara imaju kapacitet od po 186 m³.

Sveukupno, ovo postrojenje za biogas može da prerađuje fleksibilan dijapazon sirovina, a projektovano je za eksploataciju uz niske troškove održavanja. Otkako je pušteno u rad, njime upravlja BioConstruct NewEnergy Ltd, zavisno preduzeće kompanije BioConstruct.

Sirovine

-  **Industrijski i komercijalni otpad**
 - Otpad iz proizvodnje hrane 43%
 - Otpad iz pekara 11%
 - Otpad od prerađenog mikoproteina 28%
-  **Sporadni proizvodi životinjskog porekla**
 - Osoka od goveda 18%



Operater

Imperial Park (UK)

Imperial Avenue

TS6 6BA, Middlesbrough - UK

Kontakt: Danny Husband, Stefan Weitz

Tel: +49 5226 5932 0

Faks: +49 5226 5932 11

E-pošta: info@bioconstruct.de

URL: www.b-ne.uk

Tip: mezofilna mokra digestija

Priprema sirovina: rezanje, sanitacija, senzorska tehnologija, eksterno biološko odsumporavanje

Dobijeno đubrivo: tečni digestat (PAS 110)

Primena digestata: posipa se kao đubrivo (PAS 110)

Postrojenje za biometanizaciju SEMECS u Varenu



Digestori (levo) i BTA pulper za otpad (desno). Varen, Kanada.

Proizvođač:

BTA International GmbH

Pušteno u rad: 2018. godine

Kapacitet prerade otpada:

40.000 t/god.

Proizvodnja biogasa:

490 Nm³/h

Obim ulaganja:

oko 58 miliona CAD



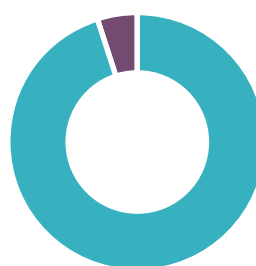
Postrojenje za biometanizaciju SEMECS u Varenu projektovano je sa kapacitetom prerade od 40.000 t/god. i to organskog otpada sortiranog na mestu nastanka, pokošene trave, kao i kanizacionog i tečnog otpada.

SEMECS je JPP, osnovano 2012. godine od strane tri regionalne uprave i privatnog partnera, kompanije BiogasEG. Postrojenje će pokrivati više od 40 % potreba za izdvajanjem organskog otpada u ovim regionalnim upravama radi realizacije obavezujućeg cilja politike koju sprovodi vlada Kvebeka, a to je da se do 2022. godine zabrani prisustvo organskog otpada na deponijama.

Tehnološka platforma postrojenja je BTA proces. Organski otpad, sortirani na mestu nastanka i pokošena trava biće podvrgnuti predhodnoj obradi, radi pretvaranja u pulpu i uklanjanja grita pomoću BTA hidromehaničkog sistema za prethodnu obradu, dok će se ostali otpad direktno ubacivati u dva digestora.

Deo biogasa koristiće se za podmirivanje potreba za toplotnom energijom u procesu mezofilne digestije. Dodatna količina biogasa biće prečišćena za upotrebu u postrojenju kompanije GreenField Ethanol,

koje se nalazi na istoj lokaciji, čime će se nadomestiti do 10 % njegove potrošnje zemnog gasa. Digestat se obezvodnjava uz regenerisanje i ponovnu upotrebu tečne frakcije. Čvrsta frakcija, bogata hranljivim materijama, stabilizovana i obezvodnjena, biće prevezena na više od 400 poljoprivrednih dobara koja se bave uzgojem kukuruza kojim se snabdeva postrojenje za proizvodnju etanola. Kvalitetna čvrsta frakcija iz digestora može direktno da se razbacuje po zemljištu, u skladu s uslovima Kanadske agencije za kontrolu hrane, kao zvanično odobren organski oplemenjivač zemljišta.



Sirovine

- Komunalni biootpad sortiran na mestu nastanka 95%
- Ostalo
Kanalizacioni mulj 5%

Operater

Postrojenje za biometanizaciju SEMECS, Varen

3300 Rte Marie-Victorin

Varenes, Quebec J3X 1P7 · Kanada

Kontakt: Jean Roberge (President BioGaz EG)

Tel: +1 450 652-1800

E-pošta: J.Roberge@greenfieldethanol.com

Tip digestije: mezofilna mokra digestija

Priprema sirovina: separacija grita, pulper

Dalja prerada digestata: separacija, tretman otpadnih voda

Dobijeno đubrivo: čvrsti digestat, voda čije je ispuštanje dozvoljeno

Primena digestata: razbacuje se kao đubrivo

Postrojenje za biogas u Juanpingu



Postrojenje za biogas u provinciji Šanksi dnevno proizvodi 37.680 m³ biogasa iz energetskih biljnih kultura i sporednih proizvoda životinjskog porekla.



Vlasnik i operater postrojenja za biogas u provinciji Šanksi, NR Kina, je Shanxi Energy & Traffic Investment Co. Ltd. Postrojenje je projektovano za ulazne sirovine kao što su kukuruzovina, suvi živinski stajnjak i tečni stajnjak goveda. Ulazne sirovine se usitnjavaju, mešaju i homogenišu pomoću sistema „Kreis-Biogas-Dissolver“. Homogenizovana ulazna smeša upumpava se u mikrobiologiju digestora. Recirkulacioni vod, koji je EnviTec specijalno projektovao za tu svrhu, postavlja se direktno na digestor. U skladu s principom preliivanja, fermentisani supstrat sprovodi se iz digestora u recirkulacioni vod. Odavde se fermentisani materijal vraća u sistem „Kreis-Biogas-Dissolver“ radi kontrole suve materije u toku mešanja. Zbog šest digestorskih rezervoara ukupne neto zapremine od oko 31.500 m³, te dnevne količine svežih ulaznih sirovina od nekih 520,5 m³, hidrauličko vreme zadržavanja iznosi oko 61 dan.

Zahvaljujući potopljenim, visinski podesivim mešačima, supstrat i toplotna energija su ravnomerno raspoređeni u digestoru. Dnevna količina biogasa proizvedenog u šest digestora iz upotrebljene količine ulaznih sirovina je oko 37.680 m³. Da bi se iz biogasa izdvojio sumpor, u rezervoar za gas u krovu digestora ubacuje se atmosferski vazduh

Operater

Postrojenje za biogas u Juanpingu

Haicun

Yuanping City, Shanxi Province - Kina

Kontakt: Anne Selzer

Tel: +49 2574 8888 0

Faks: +49 2574 8888 800

E-pošta: info@envitec-biogas.de

URL: www.envitec-biogas.de

Proizvođač:

EnviTec Biogas AG

Pušteno u rad:

2019. godine

Kapacitet prerade otpada:

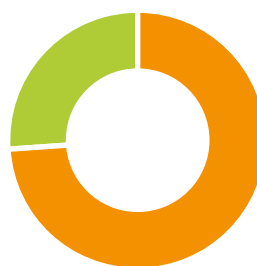
104.025 t/god.

Instalisani kapacitet:

37.680 m³/d



pomoću bočnog kanalnog kompresora. Osim toga, biogas se čisti i dehidrira pomoću filtera s aktivnim ugljem i jedinice za sušenje/hlađenje, pre nego što se sprovede do sistema za prečišćavanje gasa. Po potrebi, višak gasa se spaljuje na stacionarnoj gasnoj baklji za hitno spaljivanje. Ostaci iz procesa dobijanja biogasa sprovode se pomoću pumpe postavljene na suvom do pogona za proizvodnju đubriva. Za dobijanje peletiranog đubriva ostaci se prerađuju pomoću pužnih presa za separaciju, jedinica za dekantiranje i sušenje.



Sirovine

Energetske biljne kulture
Kukuruzovina 74%

Sporedni proizvodi životinjskog porekla
Stajnjak 26%

Tip digestije: mezofilna mokra digestija

Priprema sirovina: homogenizovane pomoću sistema „Kreis-Biogas-Dissolver“

Dalja prerada digestata: separacija, jedinica za sušenje, peletiranje

Dobijeno đubrivo: tečni/čvrsti digestat

Primena digestata: peletirano đubrivo

BENC KG – Bio Energie Centrum



Proizvođač:

NQ Anlagetechnik GmbH

Proizvođač of paddle depacker:

Mavitec Green Energy

Pušteno u rad:

2000. godine

Kapacitet prerade otpada:

12.000 t/god.

Instalisani kapacitet:

1,480 kW_{el.}



Raspakivanje prehrambenog otpada pomoću raspakivača sa lopaticama



Bio Energie Centrum – održivost, odgovornost, inovativnost!

Od samog osnivanja 1999. godine, postavili smo sebi cilj, da proizvedimo dragocenu energiju iz biootpada i na taj način lokalnim samoupravama, kompanijama i privatnim domaćinstvima omogućimo da odlažu svoj otpad na održiv način. Na taj način svako može aktivno da doprinese zaštiti klime.

Naša kompanija proizvodi održivu energiju iz otpada na pažljiv i ekološki prihvatljiv način i isporučuje je u elektro-energetsku mrežu i mrežu daljinskog grejanja. Ova energija se proizvodi u našem postrojenju za biogas fermentacijom zelenog, prehrambenog i organskog otpada. Materijal se zagreva radi higijenizacije, a u daljem procesu fermentacije nastaje metan, koji se pretvara u električnu energiju u termoelektranama blokovskog tipa. Proizvedenu energiju isporučujemo lokalnim samoupravama i kompanijama u vidu električne i toplotne energije.

Zbog novih zakonskih propisa u Nemačkoj, BENC je morao da pronađe novi način raspakivanja. U saradnji sa kompanijom Mavitec Green Energy, rešenje je pronađeno u vidu raspakivača sa lopaticama, koji je projektovan za razdvajanje organskog materijala od ambalaže. Raspakivač sa lopaticama pretvara prehrambeni otpad u tečnu organsku masu i veoma čist organski proizvod, izuzetno pogodan za postrojenja za biogas, pri čemu zvanični laboratorijski nalazi pokazuju da ne sadrži ni 0,5 % plastične i metalne ambalaže.

Sirovine



Industrijski i komercijalni otpad
Otpad od hrane 100%
(otpad iz supermarketa i industrijski prehrambeni otpad)

Operater

BENC KG – Bio Energie Centrum

Zur Königsmühle 4

86690 Mertingen - Nemačka

Kontakt: Paul Schwehofer

Tel: +49 9078 968550

Faks: +49 9078 968551

E-pošta: info@benc-kg.de

URL: www.bioenergiecentrum.de

Tip digestije: mezofilna mokra digestija

Priprema sirovina: separacija grita, pulper, filter-presa, pužna presa za separaciju, raspakivač sa lopaticama

Dalja prerada digestata: separacija, isparavanje pod vakuumom, centrifuga

Primena digestata: razbacuje se kao đubrivo, plasira na tržište

Postrojenje za tretman otpadnih voda



Postrojenje za biogas na bazi mulja nastalog preradom krompira, sa sopstvenim postrojenjem za tretman otpadnih voda.



Kompanija Wernsing je širom sveta prisutan proizvođač pomfrita, salata, sosova i gotovih jela. Namera joj je da napore za ostvarivanje dobiti uskladi s odgovornim ponašanjem prema životnoj sredini.

Realizacijom sopstvenog postrojenja za biogas i pogona za tretman otpadnih voda ostvaruje ambiciozne ekološke ciljeve koje je sebi postavila. Postrojenje za biogas, instalisanog kapaciteta od 4,2 MW_{el}, kao ulaznu sirovinu u potpunosti koristi biološki otpad iz sopstvene proizvodnje.

Pošto je krompir ključna sirovina u proizvodnji, u proizvodnom procesu, njegovom preradom, nastaje velika količina mulja. Uopšte uzevši, smatra se da od mulja nastalog preradom krompira može da se dobije oko 50–80 m³/t gasa.

Priprema za početak digestije je neznatna – potrebno je samo da se proseje mulj. Nakon toga, u prvom rezervoaru odvija se hidroliza, što znači da se polimeri razlažu na šećerne monomere. Supstanca se potom upumpava u drugi rezervoar radi metanizacije (mokra digestija).

Operater

Postrojenje za tretman otpadnih voda

Kartoffelweg 1

49632 Adrup-Essen - Nemačka

Kontakt: G. Elberfeld

Tel: +49 5438 51-01

Faks: +49 5438 51-350

E-pošta: info@wernsing.de

URL: www.wernsing.de

Proizvođač:

Erich Stallkamp ESTA GmbH

Pušteno u rad: 2001. godine

Prošireno: 2019. godine

Kapacitet prerade otpada:

150.000 t/god.

Instalisani kapacitet:

4,2 MW_{el}.



Nakon fermentacije, čvrsta faza se suši i pretvara u pelete, dok se tečna faza čisti u pogonu za tretman otpadnih voda. Osušeni digestat i peleti se prodaju proizvođačima đubriva. Postojeće postrojenje za biogas se sada proširuje sa dva visoka digestora kapaciteta od po 3.000 m³. Digestore će isporučiti nemačka kompanija Stallkamp. U potpunosti izrađeni od nerđajućeg čelika, digestori će povećati kapacitet prerade otpada za dve trećine.

Sirovine



Industrijski i komercijalni otpad

Ostaci biološkog porekla iz sopstvene proizvodnje 100%



Tip digestije: termofilna mokra digestija, odvojena hidroliza

Priprema sirovina: prosejavanje

Dalja prerada digestata: sušenje, peletiranje, tretman otpadnih voda

Dobijeno đubrivo: suvi digestat, voda čije je ispuštanje dozvoljeno, peleti

Primena digestata: plasman digestata na tržište (hortikultura, pejzažno uređenje, baštovanstvo), prerada u sopstvenom pogonu za tretman otpadnih voda

SAS Bio Méthane Seg



Projekat realizacije postrojenja „Bio Méthane Seg“ u Francuskoj



Projekat „Bio Méthane Seg“ pokrenut je 2014. godine na osnovu istraživanja o tome kako da se poveća vrednost mulja i stajnjaka sa poljoprivrednih dobara.

U projekat je uključena zadruga koja okuplja 53 poljoprivredna proizvođača, koji realizuju projekat rekuperacije biogasa tako što isporučuju biometan u mrežu za distribuciju zemnog gasa.

Završnim projektom obuhvaćeno je više od 50.000 tona ulaznih sirovina, iz 27 postrojenja. Radi bolje kontrole mogućih neprijatnih mirisa i uspešnijeg uklapanja u okolinu, izgrađen je objekat za smeštaj i rukovanje sirovinama.

Postrojenje je izgradila kompanija Naskeo Environnement, a opremljeno je mešačima „SUMA“ preko Sycomore Services, njenog uslužnog partnera u Francuskoj. Instalirani mešači homogenizuju supstrat da bi se ostvarila najveća moguća proizvodnja gasa. U funkciji je šest

Proizvođač:

SAS Bio Méthane Seg

Pušteno u rad:

2017. godine

Kapacitet prerade otpada:

54.000 t/god.

Biogas production:

160 Nm³/h



potopljenih mešača „OPTIMIX“, montiranih na šipke, i šest mešača sa dugačkom osovinom „GIANTMIX“, koje je proizvela kompanija SUMA Rührtechnik GmbH.

Pored proizvodnje biogasa, 80 % preostalog proizvoda – digestata distribui se do poljoprivrednog zemljišta. Preostalih 20 % koristi se za kompostiranje i reciklažu radi proizvodnje ekološkog stajnjaka.



Sirovine

-  **Sporadni proizvodi životinjskog porekla**
Stajnjak 49%
Tečni stajnjak 46%
-  **Komunalni biootpad sortiran na mestu nastanka**
Zeleni otpad (otpad iz bašti i parkova) 3%
-  **Ostalo**
Atmosferske vode 2%

Operater

SAS Bio Méthane Seg

Lieu-dit L'Épinette

49 280 La Séguinière - Francuska

Kontakt: Christian Chupin

Tel: +33 6 82 22 63 63

E-pošta: biomethaneseg@gmail.com

Tip digestije: mezofilna mokra digestija

Priprema sirovina: mlevenje, filter-presa

Dalja prerada digestata: separacija

Dobijeno đubrivo: tečni/čvrsti digestat

Primena digestata: posipa se kao đubrivo, plasira na tržište (hortikultura, pejzažno uređenje, baštovanstvo)

TTV EKOLOGAS (Postrojenje za biogas u Forsbaki)



TTV EKOLOGAS (Postrojenje za biogas u Forsbaki)



Postrojenje proizvodi biogas iz 25.000 tona energetski bogatog otpada iz kuhinja u domaćinstvima i biootpada pomoću najvećeg digestora „Thöni TTV“, zapremine 2.250 m³.

Organski otpad se prvo podvrgava prethodnoj obradi, u vidu usitnjavanja (pomoću otvarača kesa). Organska sirovina se potom skladišti u bunkere-pufere, pre nego što se automatski sprovede preko izmenjivača toplote u digestor. Digestija je termofilna sa vremenom zadržavanja od oko 36 dana, radi potpune higijenzacije materijala. Homogenizacija i uniformnost zagarantovani su vremenom zadržavanja i laganim mešanjem pomoću patentirane osovine sa lopaticama u digestoru sa zakrivljenim dnom. Ovakav dizajn omogućava punu kontrolu klipnog protoka i sprečava sedimentaciju i stvaranje plivajućih slojeva.

Na kraju anaerobnog procesa, digestat se pomoću pumpe sprovodi do sistema za obezvodnjavanje. Deo tečnog digestata se za vreme digestije recirkuliše radi ovlaživanja nove količine ulaznih sirovina i ovaj vid inokulacije obezbeđuje maksimalnu efikasnost, kako kad je reč o raspadanju ulaznih sirovina, tako i kad je reč o prinosu biogasa. Tečni digestat se skladišti u rezervoarima ispod membrana za skladištenje

Operater

TTV EKOLOGAS (Postrojenje za biogas u Forsbaki)

Stentorpsvägen 85

81842 Forsbacka · Švedska

Kontakt: Jonas Stenfelt

Tel: +46 708 23 31 62

E-pošta: jonas.stenfelt@ekogas.se

URL: www.ekogas.se

Proizvođač:

Thöni Industriebetriebe GmbH

Pušteno u rad:

2017. godine

Kapacitet prerade otpada:

25.000 t/god.

Proizvodnja biogasa:

600 m³/h

Obim ulaganja:

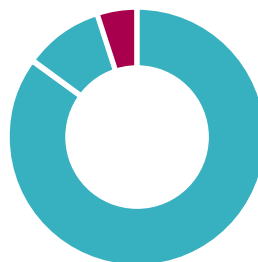
9,7 miliona EUR



gasu i koristi kao đubrivo u poljoprivredi. Čvrsti digestat se podvrgava daljem aerobnom kompostiranju u zatvorenim pogonima za kompostiranje, radi proizvodnje visokokvalitetnog komposta, koji je zvanično odobren za organsku poljoprivrednu proizvodnju.

Biogas proizveden u digestoru biće dalje prerađen u visokokvalitetni biometan u postrojenju za prečišćavanje biogasa vlasnika. Pošto na lokalnom nivou ne postoji gasovodna mreža, biometan se smešta u transportne kontejnere i prevozi do lokalnih benzinskih pumpi.

Sirovina



Komunalni biootpad sortirani na mestu nastanka 85%
Zeleni otpad (otpad iz bašti i parkova) 10%

Industrijski i komercijalni otpad 5%

Tip digestije: termofilna, kontinualna suva digestija

Priprema sirovina: usitnjavanje, prosejavanje, vazдушna separacija, separacija pomoću pužne prese

Dalja prerada digestata: separacija, kompostiranje, sušenje

Dobijeno đubrivo: tečni/čvrsti digestat

Primena digestata: posipa se kao đubrivo, plasira na tržište (hortikultura, pejzažno uređenje, baštovanstvo)

Organizacije

Nemačko Biogas Udruženje

Nemačko Biogas Udruženje (GBA) objedinjuje operatere, proizvođače i planere postrojenja za biogas, kao i predstavnike naučnih i istraživačkih krugova i sve one koji su zainteresovani za ovu industriju. Od svog osnivanja 1992. godine, udruženje koje trenutno ima više od 4.700 članova, postalo je najuticajnija nezavisna organizacija u oblasti biogasa širom sveta. Zalaže se za veću primenu tehnologije proizvodnje biogasa i biometana kroz političko lobiranje kako u EU, tako i na nacionalnom i pokrajinskom nivou. Sem toga, podstiče razmenu informacija i znanja o biogasu, tako što, na primer, prikuplja, procenjuje i prenosi praktično iskustvo i saznanja do kojih se došlo naučnim otkrićima ili organizuje konferencije, izložbe i druge događaje.

Nemačko Biogas Udruženje tesno sarađuje sa međunarodnim organizacijama, kao što su Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Organizacija Ujedinjenih nacija za industrijski razvoj (UNIDO), Međunarodno udruženje za čvrsti otpad (ISWA), kao i Evropsko Biogas Udruženje (EBA), a ujedno je i jedan od osnivača EBA. Kao rezultat toga, udruženje aktivno promoviše i podstiče razmenu međunarodnih iskustava.

Nemačko Biogas Udruženje raspolaže izvanrednom ekspertizom, kao i znanjem o svim temama vezanim za biogas i sarađuje sa gotovo svim zvaničnim nemačkim telima i mnogobrojnim međunarodnim telima, u okviru kojih se vode razgovori i razvijaju i utvrđuju standardi kada se radi o postrojenjima za biogas.

Osnovano **1992** | Broj zaposlenih **41**



Fachverband Biogas e.V.

Angerbrunnenstraße 12
85356 Freising · Germany
Tel +49 8161 9846-60
Faks +49 8161 9846-70
E-pošta info@biogas.org
URL www.biogas.org

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH je globalni pružalac usluga u oblasti međunarodne saradnje, koja za cilj ima održivi razvoj. GIZ ima više od 50 godina iskustva u velikom broju oblasti, uključujući privredni razvoj i zapošljavanje, energetiku i životnu sredinu, te mir i bezbednost.

Budući da je GIZ savezno preduzeće, koje deluje za opštu dobrobit, ova organizacija pruža podršku nemačkoj Vladi i to pre svega Saveznom ministarstvu za ekonomsku saradnju i razvoj, kao i klijentima iz javnog i privatnog sektora, u oko 130 zemalja, u ostvarivanju njihovih ciljeva u oblasti međunarodne saradnje. U skladu sa navedenim, GIZ sarađuje sa partnerima, na razvijanju delotvornih rešenja koja ljudima nude bolju perspektivu i na održiv način unapređuju njihove uslove za život.

Osnovano **2011** | Broj zaposlenih **16,400**



Deutsche Gesellschaft

für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn · Germany
Tel +49 6196 79-0
Faks +49 6196 79-11 15
E-pošta info@giz.de
URL www.giz.de

Udruženje Biogas Srbija

Udruženje Biogas je osnovano u martu 2012. godine sa ciljem da okupi kompanije koje su planirale izgradnju prvih biogasnih instalacija u Srbiji.

Danas je Udruženje Biogas reprezentativno udruženje koje okuplja preko 40 članova, koji poseduju 14 postrojenja za biogas, sa ukupnim instalisanim kapacitetom od preko 14,4 MW, ali i druge institucije i kompanije koje su direktno ili indirektno povezane sa ovom tehnologijom ili planiraju izgradnju postrojenja za biogas.

Udruženje je aktivan partner Nemačkog Biogas Udruženja (GBA), ali i član Evropskog Biogas Udruženja (EBA).

U dosadašnjim aktivnostima Udruženje Biogas se pokazalo kao proaktivan partner u procesu izrade nove zakonske regulative iz oblasti obnovljivih izvora energije, što je rezultiralo i usvajanjem novih podsticajnih tarifa za otkup električne energije, ali i u transferu tehnologija i obuci kadrova članova Udruženja. U saradnji sa međunarodnim institucijama i organizacijama Udruženje Biogas aktivno učestvuje u projektima i procesima koji su u sferi interesovanja i podrške članovima. Cilj Udruženja je da uspostavi proaktivnu komunikaciju na relaciji članovi – Udruženje Biogas, kao i da u saradnji sa domaćim i međunarodnim institucijama, intenzivira odnose na polju stručnog usavršavanja članova u segmentu korišćenja obnovljivih izvora energije i upravljanja postrojenjima za biogas. Udruženje nastoji da novim članovima, koji planiraju da grade postrojenja, prenese iskustva koja poseduju kompanije čija postrojenja već rade i da im omogući kontakte i pruži korisne informacije na polju odabira tehnoloških rešenja, korišćenja sirovina, odabira modela finansiranja projekta, kao i da pruži podršku u saradnji sa nadležnim institucijama Republike Srbije.

Osnovano **2012** | Broj zaposlenih **1**



Udruženje Biogas

Bulevar Mihajla Pupina 6
11070 Beograd · Srbija
Tel +381 69 55 20 432
E-pošta info@biogas.org.rs
URL www.biogas.org.rs

ISWA – Međunarodno udruženje za čvrsti otpad

Međunarodno udruženje za čvrsti otpad (ISWA) je globalno, nezavisno i neprofitno udruženje, koje radi u javnom interesu i jedino je udruženje u svetu koje promoviše održivo, sveobuhvatno i stručno upravljanje otpadom i prelazak na kružnu ekonomiju.

ISWA je otvorena za pojedince i organizacije iz naučne zajednice, kao i javne ustanove i javne i privatne kompanije iz celog sveta, koji se bave upravljanjem otpadom ili su zainteresovani za tu oblast. ISWA je jedino udruženje za otpad u svetu koje svojim članovima omogućava umrežavanje sa stručnjacima, kompanijama i predstavnicima institucija.

Misija udruženja je **unapređenje i razvoj održivog i stručnog upravljanja otpadom u celom svetu**. To postiže:

- ▶ unapređenjem efikasnosti resursa i prelaska na kružnu ekonomiju na osnovu održive proizvodnje i potrošnje;
- ▶ pružanjem podrške ekonomijama u razvoju i novonastalim ekonomijama;
- ▶ boljim upravljanjem otpadom kroz edukaciju i obuku;
- ▶ unapređenjem odgovarajućih i najdostupnijih tehnologija i prakse;
- ▶ unapređenjem stručnosti kroz program osposobljavanja.

Osnovano **1970** | Broj zaposlenih **11**



ISWA – the International Solid Waste Association

Auerspergstrasse 15
TOP 41
1080 Vienna · Austria
Tel +43 1253 6001
E-pošta iswa@iswa.org
URL www.iswa.org

Impressum

Izdavač Fachverband Biogas e. V.

Urednik Fachverband Biogas e. V.

Autori GBA: David Wilken, Stefan Rauh, Giannina Bontempo,
Frank Hofmann, Florian Strippel i Antje Kramer
ISWA: Marco Ricci-Jürgensen

Prelom bigbenreklamebureau

Fotografije Martina Bräsel, Antje Kramer, Thöni Industriebetriebe GmbH,
Solveig Schmid_ www.abfallbild.de, Marie-Luise Schaller,
Marco Ricci-Jürgensen, BioConstruct GmbH, www.fotolia.com,
Johannes Frommann, EnviTec Biogas AG, Fachverband Biogas e. V.,
gabco Kompostierung GmbH, Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

Štampa Pozitiv Print, Beograd

Tiraž 500 kom

Status juli 2019.



www.biowaste-to-biogas.com

Finansirao



Federal Ministry
for Economic Cooperation
and Development

Koordinirao



sequa gGmbH
Partner of German Business



*Punjenje vozila
biometanom*



Fachverband
BIOGAS

German Biogas Association
www.biogas.org



www.biowaste-to-biogas.com

