

BUGI

Western Balkans Urban Agriculture Initiative

Presentation title

Biogenic Waste Management

Prof. Dr Saud
Hamidović

PPF UNSA

UPRAVLJANJE OTPADOM

Skripta

Prof. Dr Saud Hamidović

Sadržaj

UVOD

Otpad je jedan od ključnih problema moderne civilizacije i neizbježna posljedica našeg načina života. Povećanje blagostanja donosi brojne prednosti, ali i povećanje količina i štetnosti otpada. Samo u jednoj godini u Hrvatskoj nastaje 9 milijuna tona otpada. To su dvije tone po stanovniku i ta količina raste 2% godišnje. Svatko od nas proizvede godišnje oko 270 kg otpada. Otpad postaje problem broj jedan, prijeti izravno zdravlju ljudi, odnosno posredno onečišćuje tlo, vodu i zrak, jer čak 37% otpada završi na divljim odlagalištima i postaje smeće.

Otpadom nazivamo stvari koje nam više nisu potrebne. Kad te stvari završe u našoj okolini, nazivamo ih otpacima, a otpad koji se ne iskoristi, već se odloži na odlagalište, naziva se smeće. Smeće je zapravo proizvod neprimjerenog ljudskog ponašanja s vlastitim otpadom, ali je istovremeno i još nedovoljno otkriven izvor sirovina i energije. Otpad neće postati smeće ako s njim postupamo odgovorno.

Savremene tehnike omogućuju potpuno iskorištavanje gotovo svih vrsta i količina otpada, ali samo uz uslov razumnog i odgovornog postupanja s njim. Jedan od osnovnih preduvjeta za iskorištavanje otpada je odvojeno prikupljanje svake pojedine vrste otpada. Pomiješaju li se različite vrste otpada u vrećici ili kanti, nastaje smeće. Izdvajanjem pojedinih tvari iz otpada dobivaju se korisne sekundarne sirovine, čijim se iskorištavanjem štedi energija i prirodni resursi, a ujedno smanjuje količina otpada koja završava na odlagalištu i onečišćuje okoliš.

Temelj za promjene u postupanju s otpadom je lična promjena. Otpad nipošto ne smijemo odbaciti u prirodu. Time ćemo sačuvati okoliš i ljudsko zdravlje, te novac potreban za uklanjanje neodgovorno odbačenog otpada.

OTPAD

Ljudska aktivnost, gledano kroz povijest, nije značajno utjecala na okoliš sve do razvoja industrije. U prvotnim gradovima i naseljima dolazilo je do biološkog i biokemijskog onečišćenja što je dovodilo do epidemija zaraznih bolesti, a tek razvojem i stvaranjem društvenih zajednica počinje nagli utjecaj čovjeka na životni okoliš. Razvojem industrije i upotrebom ugljena u proizvodnji energije u 18. stoljeću, dolazi do povećanja ispuštanja ugljičnih, sumpornih i dušičnih oksida, a novi val onečišćenja javlja se upotrebom nafte i naftnih derivata. Razvojem kemije i primjenom kemijskih tvari u industriji raste doprinos i drugih štetnih tvari u onečišćenju okoliša.

U drugoj polovici 20. st zbog brzog razvoja tehnologije, naglog porasta stanovništva i urbanizacije, suvremena se civilizacija susreće s problemom otpada. Povećanje porasta stanovništva dovodi do nevjerojatnog porasta potrošnje. Potrošnja je pokazatelj gospodarskog razvoja nekog društva, no ona je praćena nastankom odgovarajuće količine otpada.

Interes o zaštiti okoliša kroz povijest je bio malen i svodio se na sporadične slučajeve. Tokom industrijalizacije želja za profitom je bila iznad svijesti o potrebi očuvanja okoliša. Prvi koraci i ekološko osvješćivanje javlja se tek poslije 1945. godine kada se zapaža da se broj bolesnih od određenih bolesti znatno povećava u industrijskim središtima.

Šta je otpad?

Postoji više definicija otpada:

1. Otpad su stvari i predmeti koje je vlasnik (proizvođač otpada) odbacio, odložio ili namjerava odložiti
2. Otpad je sve ono što se u određenoj aktivnosti pojavljuje kao bezvrijedni nusproizvod
3. Podrazumijeva se kruti otpad koji nastaje u kućanstvu i industriji
4. Otpad je veliki problem, jer izravno prijeti zdravlju ljudi i okolišu (onečišćuje vodu, zrak i tlo)
5. Otpad nije gomila neiskoristivih stvari
6. Otpad je još nedovoljno otkriveni izvor sirovina i energije
7. Otpad je problem savremene civilizacije i središnji problem zaštite okoliša

VRSTE OTPADA

Prema mjestu nastanka otpad može biti:

1. Komunalni otpad – otpad iz kućanstva i otpad sličan otpadu iz kućanstva, a nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima. Taj se otpad redovito prikuplja i zbrinjava u okviru komunalnih djelatnosti.

Sastav komunalnog otpada:

- biootpad (37%) – biorazgradivi otpad, približno trećina kućnog otpada

zeleni otpad (cvijeće, lišće, trava), ostaci hrane idr.

-papir i karton (26%)- oko četvrtine kućnog otpada

-složene i problematične stvari 6%

-sitni otpad 6%

-plastika 8%

-staklo 8%

-metal 2%

-tkanina i pelene 5%

-ostalo

Teoretski se iz kućnog otpada može iskoristiti oko 80 %. Ostatak od oko 20 % čini sitni otpad (prašina), ali i neke također potencijalno iskoristive otpadne stvari kao npr. tekstil, guma i drvo.

2. Tehnološki (industrijski) otpad – nastaje u proizvodnim procesima, u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po količini, sastavu i svojstvima razlikuje se od komunalnog otpada.

Može biti neprocesni (ambalažni otpad, uredski otpad, tvornički restorani) i procesni (otpadne tvari specifične za svaku industriju i razlikuju se po kemijskim i fizikalnim svojstvima). Za nadzor toka i zbrinjavanje tehnološkog otpada propisane su posebne procedure, kojih se mora pridržavati svaki proizvođač odnosno vlasnik tehnološkog otpada.

Količina tehnološkog otpada ovisi o industrijskom razvoju zemlje. Godišnja količina industrijskog otpada po stanovniku u razvijenim zemljama iznosi i do nekoliko tona, a u nerazvijenim može biti čak manje od komunalnog. Sastav tehnološkog otpada ovisi o grani industrije koja ga proizvodi. Za gospodarenje s tehnološkim otpadom mogu se koristiti usluge specijaliziranih tvrtki.

Prema svojstvima otpad može biti:

1. Opasni otpad – su opasne tvari koje ugrožavaju ljudsko zdravlje i okoliš kada se s njime nepravilno rukuje. Sadrži tvari koje imaju jedno od ovih svojstava: eksplozivnost, toksičnost, radioaktivnost, korozivnost, zapaljivost, kancerogenost... Potječe iz industrije, poljoprivrede, ustanova (instituti, bolnice i laboratoriji). Razvrstavaju se kao:
 - otrovne otpadne tvari : cijanidi, spojevi teških metala
 - zapaljive otpadne tvari: otpadna ulja, organska otapala
 - korozivne otpadne tvari: kiseline, baze
 - tvari zaraznog djelovanja: iz bolnica
 - radioaktivni otpad
2. Manje količine opasnog otpada nastaju u domaćinstvu i zovu se problematične tvari.
3. Neopasni otpad – otpad koji nema niti jedno od svojstava opasnog otpada i ne podliježe značajnim fizičkim, kemijskim i biološkim promjenama.
4. Inertni otpad – neopasni otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama. Inertni otpad je netopiv u vodi, nije goriv, niti na koji drugi način reaktivan, niti je biorazgradiv, pa ne ugrožava okoliš, npr. građevinski otpad.

GOSPODARENJE OTPADOM

Odbaciti otpad nije rješenje. U svakodnevnom životu često se čini da je najvažnije otpad nekuda odvesti. Sigurno da je nužno, iz sanitarno-higijenskih razloga, redovito i organizirano odvoženje otpada, međutim time nije sve rješeno i stvarni problemi tek počinju.

Neorganizirano i nepropisno odlaganje otpada, bez primjerenog nadzora ima višestruke posljedice, često nepopravljive:

- uzrokuje dugotrajna i velika zagađenja, te postaje teret okolišu koji će netko ipak morati riješiti
- naknadna sanacija takvih odlagališta je vrlo skupa, a nepovoljni utjecaji na okoliš ne mogu se u potpunosti ukloniti
- bespovratno se gube dragocijene materijalne i energetske vrijednosti otpada (zakonom je zabranjeno otpad koji se može iskoristiti odložiti na odlagalište)
- raspadanjem organske tvari nastaju CO₂ i CH₄, što utječe na efekt staklenika
- neispravno i nehigijenski odbačen otpad uzrok je požara i eksplozije
- glodari i insekti koji borave na odlagalištima prenose brojne zarazne bolesti
- vjetar raznosi otpad umanjujući estetski izgled i šire se neugodni mirisi
- nerazgradivi sastojci otpada i produkti koji nastaju njegovim raspadom dospijevaju u vodu, zrak i tlo (plinoviti štetni produkti, topljivi štetni produkti i biološki onečišćivači, teški metali i druge otrovne tvari), te izravno i neizravno utječu na živa bića.

Savremeno rješenje za sve veće količine, volumen i štetnost otpada je provedba cjelovitog sustava gospodarenja otpadom. Taj sustav obuhvata skup aktivnosti, odluka i mjera koje obuhvataju ekonomski i po okoliš razumno upravljanje cjelokupnim ciklusom otpada od mjesta nastanka, skupljanja, prijevoza i obrade u skladu s zakonskim obvezama. Mora se provoditi tako da se ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i ne smije štetiti okolišu.

Cjelovito (savremeno) gospodarenje otpadom obuhvata slijedeće faze:

1. Izbjegavanje i smanjivanje otpada
2. Odvojeno prikupljanje otpada
3. Ponovna upotreba otpada recikliranje i obnavljanje otpadnih tvari
4. Obrada otpada
5. Odlaganje otpada

Danas se u gospodarenju otpadom uobičajeno koristi koncept 4R + 3E mjere:

1. Redukcion – izbjegavanje/smanjivanje

2. Reuse – ponovna upotreba, bez obrade
 3. Recovery – ponovna upotreba za istu namjenu uz obradu
 4. Recycling – uporaba, materijalno i energijsko iskorištavanje otpada
-
1. Educate – osvijestiti i educirati o odgovornom postupanju s otpadom te povećati razumijevanje važnosti i mogućnosti gospodarenja otpadom
 2. Economise – smanjiti troškove gospodarenja otpadom i uključiti troškove otpada u cijenu proizvoda/usluge po načelu »onečišćivač/zagađivač plaća«
 3. Enforce – primijeniti koncepte učinkovitog postupanja s otpadom u zakonodavstvu i praksi, te uključiti u procese planiranja, odlučivanja i upravljanja sve zainteresirane u zakonodavstvu i praksi

Krajnji cilj cjelovitog sustava gospodarenja s otpadom je potpuno napuštanje odlaganja otpada, odnosno razvoj bezopasnog koncepta.

Sve navedene mjere čine cjelinu i međusobno su sustavno povezane. Dobro gospodarenje otpadom treba započinjati mjerama prevencije, odnosno izbjegavanjem stvaranja otpada. Kod već nastalog otpada treba odabrati optimalnu metodu postupanja s otpadom koja će proizvesti najmanji rizik za

ljudsko zdravlje i okoliš. Na zadnjem mjestu bi trebalo biti samo odlaganje otpada. Takav način gospodarenja naziva se „hijerarhija otpada“- na vrhu su postupci koji su poželjniji, dok su manje poželjni postupci pri dnu. Iako se danas najveći dio otpada odlaže na odlagališta, takav način zbrinjavanja otpada smatra se najmanje poželjnim, a treba mu pribjegavati kada se iscrpe sve ostale mogućnosti.

IZBJEGAVANJE I SMANJIVANJE OTPADA

Stvarati manje otpada znači čuvati ljudsko zdravlje, štititi okoliš i štedjeti novac. Riješiti problem otpada ne znači ukloniti ga, nego djelovati preventivno u sprečavanju njegovog nastajanja tj. rješavati probleme u korijenu, a ne onda kad se pojave.

Izbjegavanje nastajanja otpada je najpovoljnija metoda za rješavanje problema otpada. Zajedno s drugim mjerama za smanjivanje nastajanja otpada čini najvažniju kariku u sustavu gospodarenja otpadom i zaštite okoliša.

Mjere za izbjegavanje i smanjivanje otpada se mogu i moraju provoditi u svakom trenutku i na svakom mjestu (domaćinstvu, uredu, industriji, kod kupovanja, rekreacije, na izletu).

Mogu se primjeniti na sve stadije u stvaranju proizvoda: sam proces proizvodnje, marketing, distribuciju, upotrebu, te bacanja proizvoda nakon upotrebe.

Izbjegavanje i smanjivanje otpada počinje pri kupovini, jer već tada treba stvarati naviku prijateljskog ponašanja prema okolišu. Ne treba uvijek vjerovati reklamama, kupovati treba naučiti kako bi ono postalo prihvatljivo za okoliš i za vlastite financije

Mjere za izbjegavanje i smanjenje otpada također uključuju provedbu sustavne edukacije svih sudionika u sustavu gospodarenja otpadom.

U svakodnevnom životu postoji niz jednostavnih načina za izbjegavanje i smanjivanje otpada, koji se prvenstveno temelje na razmišljanje „vlastitom glavom“.

ODVOJENO PRIKUPLJANJE OTPADA

Uspješni put odvojenog prikupljanja i recikliranja otpada počinje u obitelji, vrtiću i školi. To je prvi korak u zbrinjavanju otpada, bez obzira na koji način se otpad zbrinjava, a misli se na organizirano skupljanje i razvrstavanje otpada na mjestu nastanka. Neskupljeni otpad završava doslovno svagdje u okolišu i postaje smeće.

Glavne karakteristike odvojenog prikupljanja otpada su:

1. Izdvajanje iskoristivog otpada (stakla, papira, kartona, metala, biootpada, plastike) s ciljem recikliranja odnosno upotrebe
2. Izdvajanje problematičnih tvari, odnosno opasnog otpada (ulja, kemikalija, baterija, lijekova itd.) s ciljem detoksikacije i recikliranja

Odvojenim skupljanjem i recikliranjem otpada se:

- izbjegava njegovo odlaganje
- omogućuje iskorištavanje mnogih korisnih sastojaka
- smanjuje onečišćenje okoliša
- štede prirodne sirovine
- štedi skupa i dragocijena energija
- štedi novac, zapošljavaju radnici
- smanjuje volumen odlagališta

Odvojeno odlaganje pojedinih vrsta komunalnog otpada moguće je korištenjem posebnih posuda i spremnika postavljenih na javne površine i u reciklažnim centrima. Za svaku pojedinu vrstu otpada točno je određena veličina, vrsta i boja spremnika ili posuda.

Sustav odvojenog prikupljanja komunalnog otpada uključuje:

1. Reciklažna dvorišta - posebno opremljena mjesta za odvojeno skupljanje iskoristivog i opasnog otpada iz domaćinstva. Namijenjena su isključivo građanima i stalno su nadzirana.

2.Zeleni otok - djelomično ograđeno mjesto za postavu spremnika za odvojeno prikupljanje manjeg broja otpadnih tvari. postavlja se na mjesta čestog okupljanja i kretanja većeg broja stanovnika i nisu stalno nadzirani.

3.Spremnici - namjenjeni su za pojedine vrste otpada. Postavljeni su na javnim površinama, uz spremnike za odlaganje miješanog otpada. Za svaku pojedinu vrstu otpada određena je veličina, vrsta i boja spremnika.

PONOVNA UPOTREBA OTPADA

Ponovna upotreba otpada je višekratno korištenje proizvoda za istu ili neku drugu svrhu. Time se izbjegava odbacivanje proizvoda nakon njegove primarne upotrebe. Pri tome je poželjno proizvod koristiti u istom obliku, bez prethodne obrade.

Primjeri ponovne upotrebe su: prazne staklenke u domaćinstvu, doniranje rabljene odjeće, pokućstva, tehnike, povratna ambalaža .

Plaćanjem povratne ambalaže potrošači se potiču na vraćanje boca, koje se vraćaju proizvođaču na ponovno punjenje. Na taj način se smanjuju proizvodni troškovi, ali stvaraju se dodatni troškovi za skupljanje, pranje i sterilizaciju starih boca.

Kako bismo smanjili ukupnu količinu otpada u svom okruženju i na odlagalištima trebali bi podržati:

- razmjenu starih stvari,
- buvljake
- radionice za popravku kućanskih aparata
- akcije razmjene po školama i vrtićima
- brojne druge primjere ponovnog korištenja

Znak za proizvod namijenjen višekratnoj upotrebi, npr. višekratnim povratnim bocama

RECIKLIRANJE OTPADA

To je proces prerade otpadnog materijala da bi se učinio pogodnim za ponovnu upotrebu i proizvodnju istog ili nekog drugog proizvoda. Uključuje i organsko recikliranje, kompostiranje.

Cilj je učiniti otpad pogodnim za ponovnu upotrebu, ali ne i korištenje u energetske svrhe. Reciklažom se smanjuje iskorištavanje sirovina iz prirodnih resursa, a štedi se i energija (npr. reciklažom Al- konzerve uštedi se energija za rad TV-a u trajanju od 3 sata; svaka tona recikliranog papira spašava 17 stabala, 4000 kWh energije i oko 30 m³ prostora na odlagalištu).

Karike u lancu reciklaže su:

1. Skupljanje i razvrstavanje otpada
2. Proizvodnja novog proizvoda
3. Kupovina recikliranog proizvoda

RE + CYCLE = ponovno kruženje

Međunarodno priznati znak za proizvod napravljen od recikliranog materijala i za onaj koji se može reciklirati.

Tri strelice označavaju tri faze reciklaže:

- Skupiti!
- Ponovo preraditi!
- Ponovo upotrijebiti!

Otpaci koji se mogu reciklirati su : biootpad, papir i karton, plastika, staklo, metali.

Kompostiranje

Približno trećinu kućnog otpada čini biološko organski otpad, kao što su trava, lišće, cvijeće, ostaci povrća i voća i sl. Prikupljeni ostaci biljaka nisu smeće već su visoko vrijedna sirovina za proizvodnju komposta.

Kompostiranje je:

- prirodan proces razgradnje biomase i događa se svuda oko nas
- mehaničko-biološka obrada otpada
- razgradnja biootpada uz pomoć živih organizama
- najstariji i najprirodniji način recikliranja otpada
- egzotermni aerobni proces razlaganja organske tvari uz djelovanje različitih mikrobnih populacija u određenom vremenskom periodu.

Produkti kompostiranja su ugljikov dioksid, voda, toplina i kompost. Kompost je tamnosmeđi zrnati produkt sličan humusu. To je smjesa organskih otpadaka iz gospodarstva, kućanstva i naselja prerađena radom mikroorganizama i faune, a služi kao organsko gnojivo.

Uloga komposta je da:

- poboljšava kvalitetu tla i osigurava prozračnost tla, naročito u povrtlarstvu i cvjećarstvu
- efikasno hrani biljku i smanjuje potrebu za umjetnim gnojivima

- zadržava vodu i popunjava udubine u tlu
- prekriva otpad na snitarnim odlagalištima
- sprečava eroziju tla
- uspostavljamo prirodni kružni tok tvari u prirodi

Kompostirati se može:

1. Organski otpad iz kuhinje: ostaci i kora voća i povrća, talog kave i vrećice čaja, ostaci kruha i peciva, uvelo cvijeće i zemlja iz lonaca za cvijeće
2. Strukturni materijal: trava, lišće i grmlje, ostaci obrezivanja ograde, opalo voće, slama i sijeno, piljevina, iverje i drveće
3. Ostali otpad: papirnate maramice, salвете, manje količine papira bez boje, pepeo od izgaranja drveta, papirnate kutije za jaja, ljuske od jaja, kamena prašina.

U kompost ne stavlja: novinski papir i časopise u boji, plastika, metal, staklo, lijekovi, vrećice iz usisivača za prašinu, papirnate pelene, pepeo od ugljena, kosti, meso, osjemenjeni korov i bolesne biljke, lišće oraha, drvo koje je bilo bojano ili lakirano, biootpad koji je bio u dodiru s naftom, benzinom, pesticidima.

Kompostiranje možemo provoditi kao:

1. Kompostiranje u vlastitom vrtu
2. Zajedničko kompostiranje, npr u naselju
3. Kompostiranje u velikoj kompostani

Proces kompostiranja odvija se u pet osnovnih stupnjeva:

1. Prikupljanje i razvrstavanje biootpada - iz otpada treba ukloniti sve ono što se ne može kompostirati. Kuhinjski otpad se odlaže u smeđi komposter. Ostali biootpad se stavlja direktno u komposter. Komposter mogu biti različitog oblika i od različitih materijala. Idealno mjesto je u polusjeni, zaštićeno od vjetra. Moraju stajati uvijek na tlu. Dobro je imati bar dva kompostera ili još bolje tri.
2. Prosijavanje i miješanje biootpada - otpad treba usitniti na veličinu čestica 4-7 cm što omogućuje dobro prozračivanje, miješanje i prodor mikroorganizama. Na taj način se osigurava dovoljno zraka i hrane za mikroorganizme. Meki dijelovi (vodenasti ostaci voća i povrća, pokošena trava, lišće...) i tvrdi dijelovi biljaka (drvenaste komponente, slama..) miješaju se u približno jednakim omjerima. U ovom stupnju se može podesiti i stupanj vlage.

3. Biološka razgradnja otpada - stvaranje komposta. Ako se kompostiranje provodi u kompostnim hrapama na otvorenom biološka razgradnja traje 4-6 tjedana, prozračivanje se obavlja ručnim miješanjem komposta. Ako je kompostiranje u zatvorenom sustavu, vrijeme biološke razgradnje je kraće, a miješanje je mehaničko.

4. Zrenje komposta - je završni stupanj stabiliziranja komposta, jer ako kompost nije dovoljno zreo mogao bi iz tla ukloniti dušik. Razdoblje zrenja traje oko dva tjedna. Zreo kompost ima ujednačeni izgled, grumenast izgled tamne boje, miris po šumskoj zemlji i ne mogu se prepoznati početne tvari.

5. Dogotavljanje komposta - obuhvaća sušenje komposta. Za poljoprivredu i cvjećarstvo suši se kako bi imao manje od 30% vlage. Važna je i konzistencija komposta pa se vrši prosijavanje zbog uklanjanja većih komada otpadaka. Ako se pakira u male vrećice može se pripremiti i u obliku zrnaca. Ako se kompost koristi za popunu tla ne mora se dogotavljati.

OBRADA OTPADA

Ostali otpad, odnosno neizbjegnuti otpad, prije odlaganja na odlagalište, treba obraditi. Obrada otpada podrazumijeva:

- iskorištavanje vrijednih svojstava otpada u materijalne i energetske svrhe
- smanjivanje količine i volumena otpada, tako se smanjuje potreba za novim odlagalištima
- potpuno uklanjanje opasnih svojstava otpada

Obrada otpada je postupni prijelaz prema bezdeponijskom konceptu. Opravdano je planirati obradu otpada samo za onu vrstu otpada koji nije mogao biti recikliran. Postoji niz postupaka mehaničke, fizikalno-kemijske, biološke, termičke i kombinirane obrade prikladne za svaku pojedinu vrstu i stanje ostatnog otpada.

Tako se, na primjer, različiti muljevi i ostali vlažni otpad suše, a anorganski opasni otpad se obrađuje i neutralizira različitim fizikalno-kemijskim postupcima. Biootpad je najbolje obraditi aerobnim i anaerobnim postupcima čime se postiže njegovo potpuno iskorištavanje.

U prošlosti se gotovo sav preostali komunalni otpad (otpad koji je eventualno preostao nakon recikliranja i kompostiranja) zatrpavao na odlagalištima neobrađen. Europska direktiva o odlagalištima otpada nas sada obavezuje da smanjimo biorazgradivi udio otpada koji ide u zemlju. Duskora, jedina alternativa klasičnom odlaganju je bila termička obrada otpada (spaljivanje) bez prethodne obrade.

Jeftiniji postupak obrade ostatnog komunalnog otpada u odnosu na termičku obradu (spaljivanje) je mehaničko-biološka obrada otpada (MBO).

Mehaničko-biološka obrada (MBO)

ŠTA je to MBO?

To je ustvari kombinirani proces (slijed mehaničkih i bioloških postupaka) obrade komunalnog otpada. Cilj MBO procesa je smanjenje negativnog utjecaja otpada na okoliš, te izdvojanje frakcija koje je moguće ponovo iskoristiti i to materijalnom ili energetskom uporabom. Na taj način znatno se smanjuje volumen otpada, odnosno površina koja je potrebna za njegovo odlaganje, a samim tim i troškovi vezani za odlaganje i održavanje odlagališta.

Proces započinje razvrstavanjem otpada na pojedine dijelove koji se izravno recikliraju (željezni i obojeni metali), te na krupniju i sitniju frakciju. Sitnija frakcija se obrađuje biološkim postupcima i koristi za prekrivanje ili punjenje odlagališta. Krupnija frakcija se najčešće koristi kao gorivo iz otpada odnosno termički se iskorištava u postojećim postrojenjima (cementare, visoke peći, ciglane) ili u spalionicama otpada.

Izlazne frakcije iz MBO postrojenja su:

- metali – koriste se pri materijalnoj uporabi (recikliranje)
- gorivo iz otpada (GIO, SRF)) proizvodnja energije
- biološki ostatak (bioplin)

Termička obrada otpada

To je vrlo skup način obrade komunalnog otpada. Često se koristi za zbrinjavanje opasnog otpada, jer neke vrste tog otpada ne mogu se ekonomski i ekološki prihvatljivo drugačije zbrinuti. Osigurava energetske recikliranje otpada i materijalno recikliranje ostataka termičke obrade (šljake i pepela).

Osigurava gotovo potpuno izbjegavanje odlaganja otpada. Postrojenja su opremljena složenim i potpuno automatski upravljanim uređajima za čišćenje dimnih plinova. Troškovi postupka se mogu smanjiti prodajom proizvedene toplinske i električne energije. Kod svake termičke obrade treba posvetiti naročitu pažnju zaštiti okoliša.

Tipovi termičke obrade otpada:

1. Spaljivanje
2. Piroliza
3. Rasplinjavanje

Spaljivanje otpada

To je u svijetu najčešći oblik termičke obrade otpada. Pri tome se ne misli na nekontrolirano spaljivanje otpada, jer svako nekontrolirano paljenje otpada je izuzetno opasno.

Prvi kontrolirani način spaljivanja komunalnog otpada bio je u Nottinghamu u Engleskoj (1874). Spaljivanjem se iskorištava visoka energetska vrijednost otpada. Npr, spaljivanje 100.000 tona otpada daje istu količinu električne energije kao i spaljivanje 10.000 tona ugljena.

Spaljivanje predstavlja fizičko- kemijski oksidacijski proces pri kojem se oslobađa energija, a potreban kisik se uzima iz zraka. Sudionici u procesu sagorijevanja su gorive komponente iz otpada i zrak, a produkti sagorijevanja su dimni plinovi i pepeo.

Temperatura spaljivanja komunalnog otpada je oko 800° C, a opasnog iznad 1100° C.

Odvija se u spalionicama otpada koje su u osnovi identične termoelektranama na kruta goriva. Gotovo da nema većeg europskog grada koji nema spalionicu smeća. Prednost spalionica otpada u odnosu na klasične termoelektrane je što se umjesto neobnovljivih izvora energije (ugljen, naftni derivati, plin), koristi otpad kao obnovljivi energent.

Prednosti spaljivanja otpada

- smanjuje se volumen otpada na odlagalištima
- nastaje pepeo pogodan za recikliranje
- iskorištava se termički potencijal otpada, energija oslobođena spaljivanjem iskorištava se za proizvodnju toplinske i električne energije
- čvrsti otpaci (šljaka, pepeo) koriste se kao građevinski materijal

Nedostatci spaljivanja otpada

- zagađanja zraka – u zrak mogu dospjeti onečišćujuće tvari kao što su : CO, čestice prašine, teški metali itd. Spalionice moraju imati filtere za čišćenje dimnih plinova
- pepeo sadrži veliku količinu lebdećih čestica koje sadrže toksične tvari (teški metali, dioksini..) pa se mora odložiti na sigurna odlagališta.
- nepovoljan utjecaj na zdravlje ljudi naročito imaju dioksini i furani - policiklički klorirani spojevi, nastaju spaljivanjem čvrstog otpada koji sadrže spojeve klora i aromatske spojeve, koji su vrlo otporni i topivi samo u životinjskim mastima i dospijevaju u lanac prehrane.

ODLAGANJE OTPADA

Odlaganje otpada je djelatnost kontroliranog, trajnog odlaganja otpada na građevine za odlaganje – odlagališta. To je posljednja faza u cjelovitom sustavu upravljanja otpadom. Ne može se izbjeći, ali stalno treba težiti izbjegavanju i smanjivanju otpada.

Otpad na odlagalištu mora:

- biti spremljen na siguran način
- izoliran od okoliša tokom odlaganja
- izoliran za dugi niz godina kad se prestane odlagati

Na odlagalištu se događa niz fizikalno- kemijskih i bioloških reakcija. S obzirom da je otpad mješavina različitih često i opasnih tvari, te reakcije imaju nepredvidiv ishod. Oborine dodatno potiču biološku razgradnju, pa se s potpunim pravom može reći da je odlagalište veliki nekontrolirani reaktor .

Produkti biološko – kemijskih reakcija u odlagalištu su:

1. Manje ili više mineralizirani čvrsti dijelovi otpada
2. Procjedne vode
3. Odlagališni (deponijski) plin-sastavljen najvećim dijelom od metana i ugljičnog dioksida

Procjedne vode

To su sve vode (oborinske, površinske i podzemne) koje su bile u kontaktu s otpadom. Tamnosmeđe su boje i vrlo smrdljive. Zagađene su produktima biološke i kemijske razgradnje otpada: teškim metalima i različitim organskim otrovima (fenoli, pesticidi, dioksini i sl.). Na neuređenim odlagalištima odlaze u okolinu, zagađuju podzemne vode i ugrožavaju izvore pitke vode. U uređenim odlagalištima se najprije obrađuju i tek zatim uz stalni nadzor ispuštaju u prirodu. Djelomično se mogu reciklirati povratom u prostor odlagališta.

Odlagališni (deponijski) plin

Deponijski plin je produkt anaerobne biološke razgradnje otpada. Po sastavu je sličan bioplinu, sadrži metan(40 do 50%) i ugljični monoksid (35 do 55%), vodik, kisik, dušik i sumpor. Uzročnik je efekta staklenika. Kod neuređenih odlagališta

slobodno odlazi u okoliš i može izazvati eksplozije. Na uređenim odlagalištima otpada kontrolirano se prikuplja i može se iskorištavati za proizvodnju električne i toplinske energije.

Vrste odlagališta

1. Nenadzirana (divlja) odlagališta

Nastaju neodgovornim odlaganjem i bacanjem otpada. To je najstarija «tehnologija» postupanja s otpadom. Otpad se odlaže bez ikakve obrade i evidencije o sastavu (smetlišta).

U Hrvatskoj ima više od 500 ilegalnih odlagališta otpada.

2. Odlagališta koja zvanično koriste komunalna poduzeća

Čini se «jednostavan» način zbrinjavanja otpada. Na njima se skuplja sav komunalni otpad, često i dio opasnog otpada, a ne primjenjuju se nikakve mjere zaštite okoliša. Tako neodgovorno odloženi otpad direktno ugrožava okoliš i zdravlje ljudi. Glodari i insekti prenose razne bolesti, šire se neugodni mirisi, a mogući su požari i eksplozije.

Raspadom organskih tvari nastaje staklenički plinovi, dolazi do zagađenja tla, vode i zraka. Naknadna sanacija takvih odlagališta je vrlo skupa.

3. Nadzirana (sanitarna) odlagališta

To su objekti izgrađeni i opremljeni za trajno, kontrolirano, organizirano i sigurno odlaganje otpada. To je najbolje moguće i najsigurnije rješenje za odlaganje otpada, jer uglavnom ne ugrožavaju okoliš. Samo devet odlagališta otpada u Hrvatskoj odgovaraju propisanim uvjetima. Odlagalište otpada “Doline” u Bjelovaru je prvo odlagalište u RH izgrađeno prema svim važećim zakonskim propisima uvažavajući sve mjere zaštite

Sanitarna odlagališta

Lokacija za sanitarno odlagalište mora:

- biti ni preblizu ni predaleko od grada: dostupno prijevozu, mogućnost korištenja nakon zatvaranja odlagališta (park, rekreacijska zona)
- imati dovoljno tla za dnevno prekrivanje otpada
- biti dovoljno velika za prihvat otpada u predviđenom roku
- imati eventualno prostor za “tvornicu za preradu otpada”

Grade se u fazama, tako da se uz minimalna ulaganja može početi zbrinjavati otpad usporedno s izgradnjom slijedećih faza.

Faze odlaganja otpada

1. Razastiranje otpada u tankim slojevima
2. Zbijanje otpada na što manji volumen
3. Prekrivanje otpada slojem zemljanog materijala

Otpad se svakodnevno razastire u tankom sloju i sabija teškim strojevima (kompaktorima), a na kraju dana taj sloj otpada se prekriva svježim slojem zemlje. Tako se ograničava pristup insektima, glodavcima i drugim životinjama, smanjena je

mogućnost požara i širenja neugodnih mirisa. Kada se cijeli prostor odlagališta ispuni prekriva se konačnim vrlo zbijenim glinenim pokrovom, koji sprječava prodiranje oborinskih voda u odloženi otpad i omogućava njezinu sigurnu odvodnju. Sve vrijeme rada odlagališta i nakon zatvaranja mora se nadzirati kvaliteta podzemnih voda, te tekući i plinoviti raspadni produkti otpada.

Prema svjetskim iskustvima, praćenje odlagališta se provodi u trajanju od približno 30 godina nakon zatvaranja odlagališta, a još mnogo godina nije dozvoljeno graditi kuće.

Svako odlagalište :

- mora imati vodonepropusnu podlogu
- mora imati drenažni sustav za prikupljanje procjednih voda i deponijskog plina
- mora imati sustav praćenja (monitoring) kvalitete procjednih voda i odvodne vode

Uređena odlagališta novijeg datuma imaju dvostruki sloj na dnu (plastična folija+glina+folija+glina) i sustav za skupljanje tekućih i plinovitih raspadnih produkata. Veliki problem odlagališta je stvaranje metana koji se skuplja i spaljuje ili se koristi za stvaranje energije, npr. električne.

Na odlagalištima se stvara bioplin koji nastaje anaerobnim biološkim procesom iz organske komponente otpada. Bioplin se počinje stvarati otprilike 2 mjeseca od početka odlaganja otpada, a razvija se neprestano dok ima otpada, pa čak i dugo godina nakon zatvaranja i zatrpavanja deponija.

Bioplin se sastoji pretežno od metana (40-60% vol) i ugljičnog dioksida (37-57% vol), a sadrži i stotinjak drugih organskih sastojaka (3% vol) od kojih su većina otrovni, a neki i kancerogeni. Ima gorivu moć, oko 4 do 6 kWh/m³

Suvremeno sanitarno odlagalište mora imati opremu za skupljanje i spaljivanje bioplina. Ukoliko se odlagalište zatvori ta oprema mora ostati u upotrebi još godinama, dok se razvija bioplin.

OTPADNE VODE

Otpadne vode su otpadne tvari u tekućem obliku. To su vode koje su prošle svoj namjenski (uporabni) krug. Može se reći i da je to upotrebljena voda iz naselja i industrije kojoj su promijenjena fizikalna, kemijska i biološka svojstva tako da se ne može koristiti u poljoprivredi niti u druge svrhe.

Oko 2 milijuna tona otpada dnevno dopijeva u rijeke, jezera i podzemne vode, a 1 m³ otpadne vode ispušten u vodotoku onečisti 8-10 m³ čiste vode.

Podjela otpadnih voda

- a) prema porijeklu otpadne vode dijele se na:

1. Gradske (kanalne) otpadne vode – otpadne vode iz kućanstva.

Onečišćene su uglavnom organskim nečistoćama (otpacima iz domaćinstva, fekalijama, sredstvima za pranje...).

Sustavom kanala odvede se u površinske vode. Osnovno svojstvo ovih voda je biološka razgradivost, odnosno vodotoci imaju sposobnost samopročišćavanja ili autopurifikacije.

Kategorije gradskih otpadnih voda:

- svježe otpadne vode – sadrže kisik
- odstajale vode – ne sadrže kisik
- trule (septičke) vode – anaerobna razgradnja

2. Industrijske otpadne vode nastaju pri tehnološkim procesima i proizvodnji energije. Vrlo su različitog sastava koji ovisi o vrsti industrije. U njima se nalaze različite tvari anorganskog (kisljine, baze, soli, metali, pijesak...) i organskog porijekla (dušični spojevi- urea, amini, proteini i nedušični spojevi-sapuni, detergents, masti, ugljikohidrati..). Mogu sadržavati i skupe otpadne proizvode koji se mogu dobiti pročišćavanjem tih voda. Ranije su se takve vode ispuštale u prirodne vodotoke bez posebne obrade, jer ih nije bilo puno, pa ih je voda procesom samopročišćavanja razgradila. Porastom idustrijalizacije, rasla je potreba za čistom vodom, količina otpadnih voda i onečišćenje prirodnih voda. Proces samopročišćenja nije bio dovoljan i nametala se potreba za obradom ili pročišćavanjem otpadnih voda prije ispuštanja u vodotoke.

Kategorije industrijskih otpadnih voda:

- biološki razgradive - spojive su s kućnim otpadnim vodama, npr. iz prehrambene industrije
- biološki nerazgradive- nespojive su s kućnim otpadnim vodama, npr. iz metalne industrije.

Rashladne vode se ubrajaju u industrijske otpadne vode. To su vode koje odvede višak topline u industrijskim ili energetska postrojenjima. Ispuštanjem ovih voda dolazi do „toplinskog onečišćenja“ vodotoka, jer se mijenja prirodna temperatura vodenog sustava. Osim toga ove vode utječu na fizikalno-kemijska svojstva vodenog sustava i smanjuje se količina otopljenog kisika.

3. Oborinske (atmosferske) otpadne vode nazivaju se uvjetno „otpadne vode“. Promjenjivog su sastava ovisno o zagađenju atmosfere („kisele kiše“). Oborinske vode ispiru poljoprivredna zemljišta (pesticidi..) i prometne površine (ispušni plinovi...). Po bakteriološkoj zagađenosti oborinske vode slične su kućanskim otpadnim vodama, dok one sa industrijskih površina sadrže znatne količine metala, naftnih produkata što ugrožava kvalitetu prirodnih vodotoka. Praksa je da se ove vode ne pročišćavaju, jer se smatraju uvjetno čistim, što

ponekad i nije tako. U ove vode ubrajaju se i otpadne vode od pranja ulica, trotoara i sl. Količina i kvaliteta ovih voda ovisi o intenzitetu i učestalosti padalina, o načinu održavanja javne higijene, o intenzitetu motornog saobraćaja, o klimatskim uvjetima i sl.

b) prema načinu unošenja otpadnih voda u vodotoke razlikuje se :

1. „točkasi“ispust (koncentrirani) – kada se otpadna voda direktno ispušta kroz kanale ili cijevi u rijeke i jezera. Ovakav ispust se lako kontrolira i prati.
2. „raspršeni“ ispust - otpadne vode se ispiru u vodotoke, npr. gnojiva sa polja odlaze u vodotok ispiranjem poljoprivredne površine. To je rasuti izvor zagađenja koji je teže otkriti i s njim se boriti.

Samopročišćavanje voda (autopurifikacija)

Samopročišćavanje voda podrazumijeva fizikalne, kemijske i biokemijske postupke koji utječu na količinu, sastav i svojstva otpadnih voda u vodenim sustavima. Ranije su se otpadne vode ispuštale u prirodne vodotoke bez posebne obrade, jer ih nije bilo puno pa ih je voda procesom samopročišćavanja razgradila. Dakle, priroda je tada bila sposobna sama prečistiti te količine vode.

Razvojem ljudske zajednice, porastom broja stanovnika i njihovom koncentracijom u velikim gradovima, količina organskih otpadnih voda se znatno povećala. Njihovim koncentriranim ispuštanjem u rijeke, onemogućavan je proces prirodnog samopročišćavanja. Osim toga, razvojem industrije krajem 19. i početkom 20. stoljeća, čovjek sve više koristi vodu, a kao rezultat industrijske proizvodnje, nastaje ne samo organsko, već i kemijsko zagađenje vode. Zbog svega toga se javila potreba za pronalaženjem umjetnih bioloških, ali i kemijskih procesa pročišćavanja vode.

Samopročišćavanje voda obuhvaća:

1. fizikalne postupke
 - razrječenje - ispuštanje otpadne vode u vodotoke čime se ne smanjuje količina vode već se ubrzavaju postupci samopročišćenja
 - taloženje - uklanjaje krutina iz tekućine gravitacijom ovisno o brzini kretanja vode
 - cijedenje - prolaz vode kroz propusne stijene i pjeskovito-šljunkovite slojeve tla
2. kemijske postupke
 - voda otapa mnoge plinove i krutine koje međusobno djeluju i tako nastaju složeni spojevi.

- kemijski postupci koji utječu na samočišćenje vode su:oksidacija-redukcija, precipitacija, reakcija između kisika u vodi i Fe ili Mn i njihovo taloženje

3. biokemijske postupke

- djelovanjem otopljenog kisika i aerobnih bakterija u površinskim vodama organske tvari iz gradskih otpadnih voda razgrađuju se do bezopasnih anorganskih tvari
- pri tome se potrošeni kisik nadoknađuje otapanjem iz zraka.
- topivost kisika u vodi je mala i ovisi o temperaturi. Npr, na 15°C topivost je 10 mg/l, a na 20°C topivost je 8 mg/l.
- u nedostatku kisika zbivaju se anaerobni procesi truljenja što može ugroziti zdravlje ljudi i životinja
- za ekosustave povoljnija je aerobna razgradnja

Pročišćavanje otpadnih voda

Pri ispuštanju neobrađenih otpadnih voda dolazi do niza promjena u vodi prirodnih vodotoka:

- mijenjaju se fizička svojstva vode(mutnoća, boja, miris, talog)
- mijenjaju se kemijska svojstva vode(pH,sadržaj organskih i anorganskih tvari)
- smanjuje se količina otopljenog kisika
- mijenja se broj i vrsta mikroorganizama
- dolazi do promjene flore i faune, do djelomičnog ili potpunog uništenja

Najvažniji test za određivanje zagađenosti otpadnih voda je određivanje biološke potrebe kisika, BPK. BPK5 - označava količinu kisika potrebnu za oksidaciju organskih tvari u otpadnoj vodi pomoću aerobnih mikroorganizama na 20° C za 5 dana. Izražava se u mg kisika po litri otpadne vode, a određuje se tako da se uzorak otpadne vode razrijedi destiliranom vodom i nacijepi određenim mikroorganizmima. Kisik se određuje na početku i na kraju pokusa, a razlika pokazuje BPK5 vrijednost.

Prema vrijednosti BPK5 vode se mogu podijeliti:

1. niski BPK5 je 20 – 100 mg O₂/ l otpadne vode - slabo onečišćene vode
 2. srednji BPK5 je 100 – 300 mg O₂/ l otpadne vode - srednje onečišćene vode
 3. visoki BPK5 je 300 – 500 mg O₂/ l otpadne vode, pa i više - jako onečišćene vode
- npr. svježe gradske otpadne vode imaju BPK5 240 mg O₂/ l otpadne vode
 - otpadne vode iz šećerne industrije imaju BPK5 500-1500 mg O₂/ l otpadne vode
 - otpadne vode iz industrije celuloze imaju BPK5 10000-85000mg O₂/ l otpadne vode BPK5 vrijednost otpadnih voda se mora smanjiti na 5 prije ispuštanja u vodotoke, a to se postiže adekvatnom obradom.

Osim BPK može se provoditi i KPK test (kemijska potreba na kisiku), a izražava se količinom kisika u mg/l otpadne vode potrebnom za oksidaciju nestabilnih organskih tvari pomoću $K_2Cr_2O_7$ ili $KMnO_7$ u kiseloj otopini.

Sve otpadne vode bi se po pravilu trebale tretirati u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda. Otpadne vode se od mjesta nastajanja do postrojenja za pročišćavanje, odnosno do ispuštanja u vodotoke, odvođe kanalizacijom koju čini sistem cijevi, kanala i uređaja.

Kanalizacije nisu izum novijeg doba. Još u staroj Indiji za vrijeme tzv. Indus kulture bila su u upotrebi moderna postrojenja (3000 p.n.e.). Kao pravi majstori za kanalizacije dokazali su se Rimljani.

Nehigijenska, zagađena voda često je bila uzrok velikih tragedija i epidemija u srednjem stoljeću, ali i kasnije sve do kraja XIX stoljeća (npr. velika epidemija kolere 1854. godine koja je zadesila London i od koje je umrlo oko 5 000 ljudi i epidemija kolere u Hamburgu 1892. godine, od koje je umrlo 10 000 ljudi).

Tek u novije vrijeme čovjek je primijetio da odvod otpadnih voda u rijeke ili njihovo poniranje u tlo može imati štetne posljedice za pitku vodu.

Metode pročišćavanja otpadnih voda

Pročišćavanje otpadnih voda obuhvaća postupke za poboljšanje kvalitete vode, a u cilju ponovne uporabe vode ili ispuštanja u vodotoke.

Ovisno o količini i sastavu otpadne vode određuju se postupci za njenu obradu i pročišćavanje. Za pročišćavanje otpadnih voda mogu se koristiti mehaničke, fizikalno-kemijske i biološke metode.

Mehaničke metode

Predstavljaju prvi i najjednostavniji postupak pročišćavanja otpadnih voda. Ovim postupkom uklanjaju se :

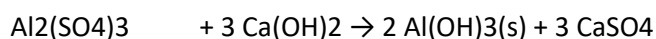
- čvrste tvari, neotopljene nečistoće i mineralne tvari čija je specifična težina veća od vode. To su pijesak i šljunak koji se odvajaju u taložnicima.
- tvari lakše od vode (masti, ulja, nafta) isplivaju na površinu i odstranjuju se hvatačima za masti i ulja. Mehaničko pročišćavanje se provodi tako da se voda propušta kroz taložne bazene u kojima se taloži pijesak i šljunak, koji se nakon izdvajanja i sušenja mogu iskoristiti ovisno o sastvu otpadnih tvari. Prije ispuštanja u prirodne vodotoke otpadna voda se dezinficira, npr, klorom, da se unište patogene bakterije.

Na ovaj način ukloni se 40-60% suspendiranih tvari i 25-35% otpadnih tvari koje troše kisik.

Fizikalno-kemijske metode

Osnivaju se na upotrebi različitih spojeva koji s otpadnim vodama stvaraju neotrovne produkte ili produkte koji se razmjerno lako mogu ukloniti. Pri tome se provodi najčešće neutralizacija, oksidacija ili redukcija. Ovim postupkom

uklanjaju se neotopljeni i koloidna onečišćenja otpadnih voda, a operacije koje se koriste su koagulacija, flotacija, adsorpcija, ekstrakcija. Često se koristi gašeno vapno s dodatkom Fe i Al soli pri čemu nastane voluminozni talog aluminijske hidroksida, koji iz onečišćene vode povlači suspendirane čestice i veću količinu bakterija.



Kemijske metode su skupe jer zahtijevaju velike količine kemikalija i nisu dovoljno sigurne.

Biološke metode

Mogu se primjenjivati samostalno ili u kombinaciji s drugim metodama, a osnivaju se na djelovanju mikroorganizama koji razgrađuju organske tvari u koloidnom i otopljenom obliku. Pomoću ovih metoda mogu se gotovo potpuno ukloniti organske tvari koje ostaju poslije mehaničke obrade. Postupak može biti aerobni i anaerobni, a djelotvorniji je aerobni postupak. Uklanjaju se organska i djelomično anorganska onečišćenja vode. Bit postupka je u tome da se biokemijskim reakcijama oksidacije organski spojevi, anorganski sulfidi i amonijeve soli oksidiraju u bezopasne ili manje štetne produkte: H₂O, CO₂, NO₃⁻, SO₄²⁻.

Postupci obrade otpadnih voda

Način obrade otpadne vode ovisi o: karakteru otpadne vode, stanju vodotoka u koji se ispušta otpadna voda, zahtjevima sanitarnih i vodoprivrednih uprava, te cijeni postrojenja za obradu i cijeni procesa.

Primarna obrada

Obuhvaća uklanjanje krupnijih i suspendiranih čestica od tekućeg dijela preko rešetki i sita. Obavlja se prosijavanje i taloženje mulja mehaničkim metodama, a odvija se u taložnicima. Odvojeni mulj se može dalje obrađivati ili se ispušta bez obrade. Taloženje se može ubrzati dodavanjem koagulanata (Al-sulfat, vapno, Fe-sulfat) koji stvaraju pahuljasti talog. Može se istaložiti 90% krutih čestica, a BPK se smanji do 85%. Tekući dio nakon primarne obrade ide na sekundarnu obradu. Neki postupci primarne obrade su: rešetanje, usitnjavanje, taloženje, isplivavanje, cijedenje...

Sekundarna obrada

To je daljna obrada tekućeg dijela fizikalno-kemijskim i biološkim metodama. BPK se znatno smanji. Tekućina se izlaže djelovanju mikroorganizama uz aeraciju (biološka metoda). Voda se odvodi u bazene s poroznim materijalom (usitnjeni koks) gdje se dovodi i aktivni mulj (razmuljeni ugljen obogaćen aerobnim bakterijama) u zraku. Uvođenjem zraka aktivni mulj se održava u lebdećem stanju. Biološkim djelovanjem bakterija iz aktivnog mulja i oksidacijom kisika iz zraka organske tvari se brzo razgrađuju.

Dio taloga (mulj) koji nastaje razgradnjom vraća se natrag u bazen radi ponovne upotrebe aerobnih bakterija, a višak se suši, može se spaliti, primjeniti za nasipavanje zemljišta ili kao gnojivo. U novije vrijeme za aeraciju se koristi čisti kisik.

Tercijarna obrada

Obuhvaća daljnju obradu nakon sekundarne obrade. Sastoji se u koagulaciji i sedimentaciji fosfata pomoću Al-sulfata i vapna, denitrifikacija nitrata i nitrita pomoću mikroorganizama ili ionskim izmjenivačima, adsorpcija preko aktivnog ugljena da se uklone mirisi. Prije ispuštanja u vodotoke voda se klorira, na taj način se BPK smanji do ispod 1.

Ovim načinom uklanjaju se postojeće organske tvari, teški metali i otopljene anorganske tvari. Navedenim postupcima nije moguće ukloniti nerazgradive organske tvari poput pesticida. Kao konačni prijemnik otpadnih voda najčešće služe vodotoci i priobalno more. Pod posebnim se uvjetima pročišćena otpadna voda može ispuštati i u prirodna ili umjetna jezera (akumulacije). Ispuštanje u tlo, odnosno podzemne vode, također je jedan od načina konačnog ispuštanja koji istodobno može biti i dio postupka ponovne uporabe voda.

Zbrinjavanje mulja

Procesima pročišćavanja otpadnih voda uklanjaju se nepoželjni sastojci vode –raspršene i otopljene otpadne tvari koje kao koncentrirani otpad nazivamo mulj. Mulj pretežno sadrži vodu (čak i preko 90

%), te organsku i anorgansku tvar. Sirovi mulj je neugodnog izgleda i mirisa, a zbog sadržaja štetnih i opasnih tvari te patogenih organizama, predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje i okoliš, te se ne smije

ispuštati iz uređaja, odnosno odlagati, prije dodatne obrade.

Zbrinjavanje mulja obuhvaća postupke (a) obrade i (b) konačnog odlaganja mulja, što je u načelu složenije od procesa pročišćavanja otpadnih voda i često iziskuje veće troškove.

- a) Obrada mulja - obrađeni mulj je otpadni mulj koji je podvrgnut biološkim, fizikalno-kemijskim i toplinskim postupcima, te dugotrajnom skladištenju (najmanje šest mjeseci), ili bilo kojim drugim postupcima kojima se znatno smanjuje fermentabilnost i opasnost po zdravlje koje bi proizašle iz njegovog korištenja. Smanjenje sadržaja vode u mulju jedan je od temeljnih ciljeva obrade mulja.

Glavni postupci obrade mulja jesu:

- zgušnjavanje – postupak povećanja koncentracije krutina u mulju, odnosno smanjenja vode, a time i smanjenje ukupnog volumena;
- stabilizacija – postupak kojim se smanjuje, ometa ili sprječava (stabilizira) mogućnost daljnje biološke razgradnje (truljenja, gnijiljenja) organskog dijela mulja.
- uklanjanje vode (dehidracija) – postupak kojim se iz stabiliziranog mulja uklanja slobodna voda
- toplinska (termička) obrada uključuje postupke: sušenje, spaljivanje, piroliza

Mulj može biti podvrgnut postupcima spaljivanja i pirolize zajedno s komunalnim otpadom

- b) Konačno odlaganje mulja-obrađeni mulj se u konačnosti može odlagati na nadziranim odlagalištima i na poljoprivrednim i tlima srodnih djelatnosti. Mulj se, između ostaloga, mora prethodno stabilizirati, kako bi se u njemu uništili patogeni organizmi, potencijalni uzročnici oboljenja.

Alternativni postupci obrade otpadnih voda

Jednostavniji postupci koji pročišćavaju vodu uz niže troškove. Neki postupci koriste se u cilju pročišćavanja vode za ponovnu uporabu u poljoprivredi, dok se neki koriste kao treći stupanj obrade. Neki postupci alternativne obrade otpadnih voda su:

1. čišćenje na tlu ili u tlu- često primjenjivan postupak i to kao:

- protjecanje vode po površini tla – temelji se na toku otpadne vode u tankom mlazu preko travom zasađene površine, koja je pod nagibom. Trava zadržava raspršene tvari dok organske tvari razgrađuju mikroorganizmi koji su na travi. kao istovremeno zalijevanje biljaka (navodnjavanje)
- procjeđivanje vode kroz slojeve tla- voda se isprekidano ispušta preko spremnika kroz propusno tlo (pijesak, šljunak)

2. čišćenje primjenom akvakultura – postupak se temelji na uzgoju i primjeni određenih vodenih biljaka ili organizama koji razgrađuju organsku otpadnu tvar (hrana za biljke). Postupak je moguće provoditi u prirodnim ili umjetnim močvarama. Razgradnja podrazumijeva pretvorbu organske u anorganske tvari, te ponovo u organsku tvar.

3. čišćenje u dubokim spremnicima

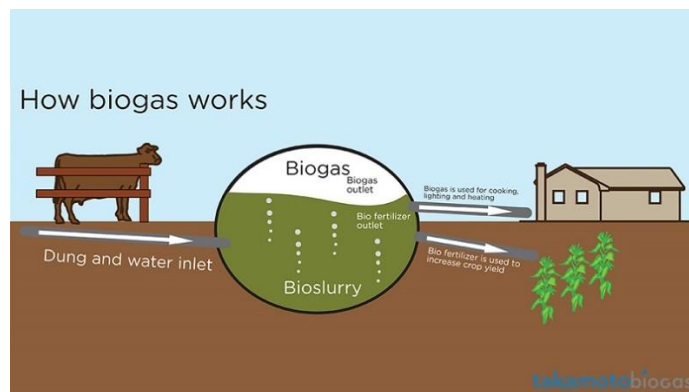
Sve otpadne vode bi se po pravilu trebale tretirati u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda, međutim u praksi to nije slučaj. Dok u razvijenim zemljama postoji čitav niz različitih postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda, u našoj zemlji se većina otpadnih voda ispušta u vodotoke bez prethodnog pročišćavanja.

ORGANSKI OTPAD / BIOOTPAD

UVOD

Zbrinjavanje otpada predstavlja ozbiljan problem koji je decenijama zanemarivan, međutim u novije vrijeme sve se više pažnje posvećuje otpadu u poljoprivredi za koji se smatralo da se brzo razgrađuje i da ne predstavlja opasnost za okoliš. Osim toga, žetveni ostaci i hrana u sirovom obliku poput silaže do sada su uglavnom imali hranidbenu ulogu, dok im je uloga potencijalne sirovine za proizvodnju energije zanemarivana. Iz tog razloga, proizvodnja i korištenje biogasa doživjeli su intenzivan razvoj u toku proteklih godina, posebno u zemljama zapadne Evrope u kojima je, pored povećanja postojećeg broja biogas postrojenja, došlo i do vidljivih promjena i napretka primjenjene tehnologije. Anaerobna fermentacija postaje sve atraktivniji način obrade otpada s visokim udjelom organske tvari, budući da rezultuje

proizvodnjom obnovljive energije, metana te visokovrijednog fermentisanog ostatka, koji se može koristiti kao biognojivo. Biogas se ubraja u skupinu gasovitih goriva, a dobiva se anaerobnom fermentacijom biomase i/ili biorazgradivog otpada, uključujući gnojivo, kanalizacijski mulj, komunalni otpad ili bilo koji drugi biorazgradivi otpad.¹



Slika 1: Nastajanje biogasa

Korištenjem biomase za dobijanje toplotne i električne energije doprinosi se unapređenju održivog korištenja obnovljivih izvora energije, ruralnom i lokalnom ekonomskom razvoju, kao i smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte. Zamjena fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije doprinosi ne samo zaštiti klime, već i poboljšanju kvaliteta vazduha. Istovremeno se korištenjem lokalno dostupnih obnovljivih izvora energije unapređuje ekonomski razvoj i stvaraju mogućnosti za zaposlenje u slabije razvijenim i ruralnim sredinama.² Iz navedenog se da zaključiti kako postoje brojni razlozi za implementaciju ovakvog načina zbrinjavanja otpada, počev od okolišnih, energetskih ali i ekonomskih, stoga je cilj rada objasniti proces anaerobne fermentacije, šta je to biogas i na koji način nastaje, te kako je moguće iskoristiti ostatke fermentacije na efikasan način, umjesto njegovog pretvaranja u otpad.

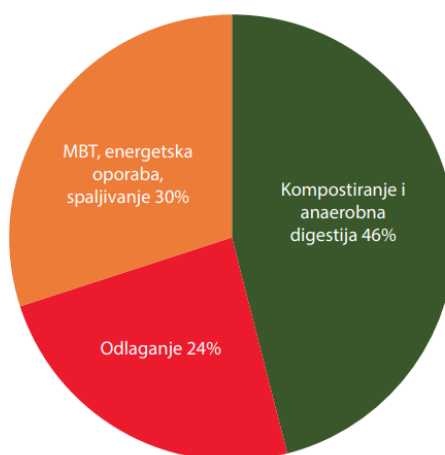
¹ Izvor: <https://www.bib.irb.hr/334449> (pristup 06.06.2020.)

² Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

ORGANSKI OTPAD / BIOOTPAD

Pod pojmom biomasa podrazumijeva se sva organska materija nastala rastom biljaka i životinja, odnosno svi tipovi životinjskog i biljnog materijala koji se mogu pretvoriti u energiju. Budući da dosadašnja praksa nekontrolisanog odlaganja otpada danas više nije prihvatljiva, jedan od poželjnih načina njegovog zbrinjavanja jeste njegovo odvajanje prilikom prikupljanja i sortiranje, jer je značajan dio otpada zapravo biološki razgradljiv otpad koji je organskog porijekla i to posebno iz poljoprivredne proizvodnje, industrije, domaćinstava i postrojenja za obradu otpadnih voda. Prema tome, biološki razgradljiv otpad (biootpad) je svaki otpad koji se može razgraditi aerobnim ili anaerobnim putem kao što su hrana, otpad iz vrtova, papir i karton. U biootpad spada i kuhinjski otpad (ostaci od pripreme hrane) i vrtni (zeleni) otpad koji čini oko jednu trećinu komunalnog otpada te je vrijedna sirovina za proizvodnju kvalitetnog biokomposta.³

Na slici 1 je prikazan način na koji se postupa sa komunalnim biootpadom u okviru EU:



Slika 2: Postupanje sa proizvedenim količinama komunalnog biootpada na EU razini⁴

Biomasa

Biomasa čine svi tipovi životinjskog i biljnog materijala koji se mogu pretvoriti u energiju.⁵ Na taj način biomasa zapravo predstavlja svaki vid organskog otpada, biljnog i životinjskog porijekla, koji služi kao sirovina za dobijanje biogasa procesom anaerobne fermentacije. U ovu skupinu se stoga ubrajaju razne vrste biootpada, a to su:

- **šumska biomasa:** grane i kore drveta, piljevina iz šumarske i drvne industrije;
- **ratarska biomasa:** slama, kukuruzovina i stabljike ostalih usjeva, ostaci pri rezidbi vinove loze i maslina, košpice i kore voća i povrća;
- **stočarska biomasa:** životinjski izmet i ostaci iz stočarstva;

³ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁴ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

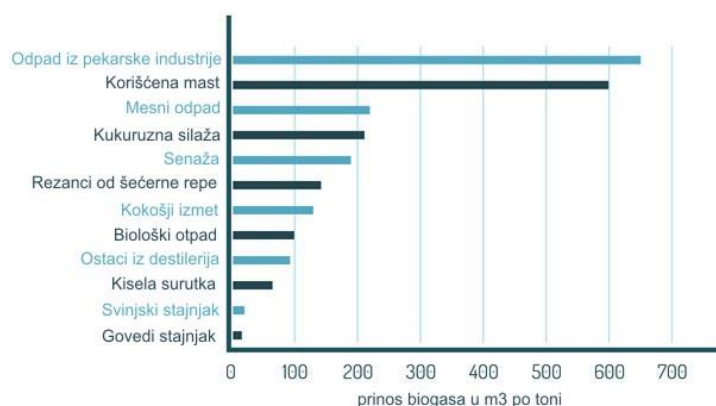
⁵ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

- o posebna kategorija biomase: komunalni i industrijski otpad.⁶

Pri tome, budući da biomasa spada u kategoriju obnovljivih izvora energije, može se podijeliti u dvije skupine:

- o otpadni organski materijali;
- o biomasa iz plantažnog uzgoja specifičnog rastinja isključivo namijenjena za utrošak u energetici.⁷

Iako je za proizvodnju supstrata pogodan skoro sav biološki razgradiv otpad, različite vrste biološkog otpada se pak razlikuju svojom sposobnošću fermentacijskog raspada i proizvodnje biogasa. Ta razlika je definisana kako **porijeklom supstrata**, tako i njihovim najznačajnijim karakteristikama kao što su **sadržaj suhe materije (SM)**, **organske suhe materije (oSM)**, **hranljivih materija (N, P, K)** ili **postojećih organskih štetnih materija**. Na sljedećem grafikonu se vidi prinos biogasa u m³ po toni najčešće korišćenih sirovina:



Slika 3: Prinos biogasa u m³ zavisno od sirovine⁸

Podaci o prinosima biogasa, odnosno metana, navedeni su uvijek u normiranim kubnim metrima (Nm³). Pošto zapremina gasa zavisi od temperature i vazdušnog pritiska (zakon idealnog gasnog stanja), normiranje zapremine omogućava poređenje različitih uslova rada. Normirana količina gasa odnosi se na temperaturu od 0 °C i vazdušni pritisak od 1.013 mbara. Važno je napomenuti također kako prikazani supstrati podliježu godišnjim promjenama kvaliteta, zbog čega prikazani podaci o materijalnim karakteristikama i o prinosima gasa ne predstavljaju apsolutne vrijednosti, već se uvijek navodi kako raspon, tako i srednja vrijednost dotičnih parametara.⁹

Supstrati pogodni za anaerobnu fermentaciju

Supstrati pogodni za proces anaerobne razgradnje klasificiraju se na razne načine, a najčešće prema sadržaju suhe tvari:

⁶ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁷ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁸ Izvor: <http://www.biotecku.eu/sr/24-biotec/vlazna-fermentacija/70-anaerobna-fermentacija> (pristup 07.06.2020.)

⁹ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

- **supstrat sadržaja do 20% suhe tvari koristi se za tzv. mokru fermentaciju** – u ovu kategoriju supstrata svrstavaju se stajski gnoj, gnojnica i gnojovka kao i organski otpad iz prehrambene industrije visokog sadržaja vode;
- **supstrat sadržaja 20–35% suhe tvari ili više predstavlja tzv. suhu fermentaciju**, a tipičan je za anaerobnu razgradnju energetskih usjeva i silažu.¹⁰

Postoji čitav niz supstrata koji se mogu koristiti za dobivanje biogasa kao npr. pljeva i prašina žitarica, ostaci hljeba i tijesta, kvasac ili ostaci slični kvascu, talozi iz proizvodnje jestivih ulja ili masti, skrobni talog, otpaci želatine, otpaci kuhinja i kantina itd.¹¹ S tim u vezi, razlikuje se nekoliko skupina supstrata, a to su : **supstrati iz poljoprivrede, supstrati iz prehrambene industrije, supstrati od održavanja travnjaka i materijal od održavanja pejzaža.**

Supstrati iz poljoprivrede

Usljed porasta veličine stočnih farmi i povećanih ekoloških zahtjeva u odnosu na dalje korištenje ekskremenata, neophodno je da se pronađu alternativni načini iskorištenja i tretmana nastalog tečnog, odnosno čvrstog stajnjaka. I sa stanovišta zaštite klime je neophodno energetsko iskorištenje organskih đubriva da bi se ostvarilo značajno smanjenje emisija koje nastaju prilikom skladištenja.¹² Anaerobno se mogu fermentisati sljedeće sirovine poljoprivrednog porijekla:

- **stajski gnoj, gnojovka i gnojnica**
- **ostaci i nusproizvodi iz poljoprivredne proizvodnje**
- **razgradivi organski otpad iz poljoprivredne industrije (ostaci biljnog i životinjskog porijekla)**
- **energetski usjevi, kultivirana biomasa (kukuruz, sirak, različite vrste trava, djetelina).**¹³

Kada su u pitanju sirovine poljoprivrednog porijekla, značajnu ulogu u smislu količine dobivene energije zauzimaju životinjski ekskrementi, prije svega ekskrementi **goveda, svinja i peradi** (tabela 1.).

¹⁰ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

¹¹ <https://www.bib.irb.hr/334449> (pristup 07.06.2020.)

¹² Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

¹³ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

Substrat		SM	oSM	N	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
		[%]	[% SM]	[% SM]			
Tečni stajnjak goveda	Δ	6–11	75–82	2,6–6,7	1–4	0,5–3,3	5,5–10
	Ø	10	80	3,5	n.p.	1,7	6,3
Tečni stajnjak svinja	Δ	4–7	75–86	6–18	3–17	2–10	3–7,5
	Ø	6	80	3,6	n.p.	2,5	2,4
Čvrsti stajnjak goveda	Δ	20–25	68–76	1,1–3,4	0,22–2	1–1,5	2–5
	Ø	25	80	4,0	n.p.	3,2	8,8
Stajnjak peradi	Ø	40	75	18,4	n.p.	14,3	13,5

Δ: Raspon merenih vrednosti; Ø: Srednja vrednost

Tabela 1: Karakteristike stajnjaka goveda, svinja i peradi¹⁴

Korištenje životinjskih ekskremenata za anaerobnu razgradnju ima određene prednosti, s obzirom na sljedeće osobine:

- **sadrži anaerobne bakterije;**
- **ima visoki sadržaj vode (4–8% suhe tvari u gnojnici) koja služi kao otapalo za druge materije i omogućuje dobro miješanje s drugim supstratima;**
- **jeftino je i lako dostupno, sakuplja se kao otpad stočarskih gospodarstava.**

Posljednjih godina, osim životinjskih ekskremenata, testirani su i drugi supstrati za potrebe procesa anaerobne razgradnje. Oni uglavnom pripadaju energetskim usjevima koji predstavljaju poljoprivredne kulture proizvedene isključivo za proizvodnju energije. Energetski zasadi se uglavnom sastoje od jednogodišnjih biljaka (vrste iz porodice trava, kukuruz, repa i ostalo), a mogu biti višegodišnji zasadi drvenastih vrsta (vrba, topola) koji se prije anaerobne fermentacije moraju obraditi da bi se uklonio lignin, te je ta tehnologija još uvijek u razvoju.¹⁵

Od supstrata biljnog porijekla, **kukuruz** je sirovina koja se najčešće koristi u poljoprivrednim biogas postrojenjima. On je usljed visokih energetskih prinosa po hektaru i dobrih fermentacionih osobina posebno pogodan za korišćenje u biogas postrojenjima. Žetveni prinosi u velikoj mjeri zavise od uslova lokacije i uslova u okruženju i mogu da se kreću od 35 t svježe mase (SvM) na pjeskovitim do preko 65 t SvM/ha na visokoprinostnim lokacijama. Prinos u prosjeku iznosi oko 45 t SvM/ha. Kukuruz je relativno nezahtjevna kultura i stoga je pogodan gotovo za svaku lokaciju.¹⁶

Silaža cijelih biljaka žitarica (SCB) - za proizvodnju silaže cijelih biljaka žitarica pogodne su gotovo sve vrste žitarica kao i njihove mješavine, ukoliko do sazrijevanja dolazi istovremeno. U zavisnosti od lokacijskih uslova, prednost treba dati

¹⁴ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

¹⁵ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

¹⁶ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

proizvodnji one vrste žitarica za koju se iz iskustva zna da može da ostvari najveći prinos suhe materije. Na većini lokacija se to postiže sa raži ili tritikaleom.¹⁷

Travna silaža može da se proizvodi od jednogodišnjeg ili višegodišnjeg zasada trave sa oranica ili sa trajnih pašnjaka. Prinosi variraju značajno u zavisnosti od lokacije, uslova u okruženju i intenziteta korištenja pašnjaka. U zavisnosti od vremenskih prilika i klimatskih uslova, pri intenzivnom korištenju moguća su tri do pet otkosa godišnje. U ovom kontekstu treba ukazati na to da bi prilikom proizvodnje travne silaže za biogas postrojenja u prvom planu trebalo da stoji svarljivost, odnosno razgradivost. Stoga treba voditi računa da sadržaj suhe materije po mogućnosti ne prelazi 35 %SM. Kod previsokih sadržaja SM raste udio lignina i vlakana, čime dolazi do znatnog opadanja stepena razgradnje i samim tim i prinosa metana u odnosu na organsku suhu materiju. Ta travna silaža može da se unese u proces, ali usljed visokih sadržaja suhe materije i djelimično dugih vlakana može da prouzrokuje procesno-tehničke probleme.¹⁸

Zrna žitarica su kao dopuna uz postojeće supstrate posebno pogodna za korištenje u biogas postrojenjima. Usljed visokih prinosa biogasa koje daju i brze razgradivosti, posebno su pogodna za precizno upravljanje proizvodnjom biogasa. Pri tome vrsta žitarice nije bitna, ali da bi se osigurala brza dezintegracija, bitno je da se zrna žitarica prije doziranja usitne (na primjer drobljenje, gnječenje).¹⁹

Repa (stočna ili šećerna repa) je usljed svog visokog masenog prirasta veoma pogodna kao obnovljiva sirovina. Prinosi zavise od lokacijskih preduslova i uslova u okruženju i kod šećerne repe se u prosjeku kreću oko 50–60 t SM/ha. Kod prinosa stočne repe dodatno postoje i razlike između sorti, tako da se prinos kod masovne stočne repe kreće oko 90 t SM/ha, a kod sadržajne stočne repe oko 60–70 t SM/ha. U slučaju korištenja šećerne repe za proizvodnju biogasa načelno se javljaju dva problema - s jedne strane, repu treba očistiti od ostataka zemlje, koja se prilikom unosa u fermentor taloži na dnu i smanjuje prostor za fermentaciju, a s druge strane je skladištenje usljed niskih sadržaja suhe materije repe problematično.²⁰

Supstrati iz prehrambene industrije

Kada su u pitanju supstrati iz prehrambene industrije koji se koriste za proizvodnju biogasa, pod time se obično podrazumijevaju nusproizvodi koji zaostaju nakon proizvodnje, najčešće komina, pulpa i sl.

Proizvodnja piva- prilikom proizvodnje piva nastaju različiti sporedni proizvodi, od kojih pivski trop sa 75 % čini najveći dio. Po hektolitr piva nastaje oko 19,2 kg pivskog tropa, 2,4 kg kvasca i kvasnog taloga, 1,8 kg vrućeg taloga, 0,6 kg hladnog taloga, 0,5 kg dijatomejske zemlje i 0,1 kg sladne prašine. Skladištenje i manipulisanje su relativno jednostavni.

¹⁷ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

¹⁸ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

¹⁹ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²⁰ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

Kod skladištenja na otvorenom prostoru, međutim, relativno brzo dolazi do značajnih energetske gubitaka i pojave buđi.²¹

Proizvodnja alkohola- komina nastaje kao sporedni proizvod u proizvodnji alkohola od žitarica, repe, krompira ili voća. Prilikom proizvodnje alkohola po litru alkohola nastaje otprilike 12-struka količina komine, koja se trenutno nakon sušenja pretežno koristi kao stočna hrana ili đubrivo.²²

Proizvodnja biodizela- sporedni proizvodi iz proizvodnje biodizela su pogača uljane repice i sirovi glicerol. Obje materije su usljed svog prinosa gasa, koji se može smatrati visokim, pogodne kao kosupstrati za poljoprivredna biogas postrojenja. Visina prinosa gasa kod pogače uljane repice u velikoj mjeri zavisi od preostalog sadržaja ulja, koji opet zavisi od podešenosti uljanih presa i sadržaja ulja u sirovini. Iz tog razloga u praksi postoje razlike u prinosu gasa različitih pogača uljane repice. Prilikom proizvodnje jedne tone biodizela nastaje oko 2,2 t pogače uljane repice i 200 kg glicerina. Iako se od njih može dobiti visok prinos biogasa, njihovo se korištenje preporučuje se samo u malim udjelima.²³

Proizvodnja krompira- kod proizvodnje skroba od krompira, pored organski opterećenih otpadnih voda kao sporedni proizvod nastaje i takozvana pulpa krompira. Ona se pretežno sastoji od kore, ćelijskih zidova i nedezintegrisanih ćelija skroba koje preostaju nakon dobijanja skroba. Po toni prerađenog krompira nastaje oko 240 kg pulpe, kao i 760 litara soka krompira i 400–600 litara takozvane procesne vode, koju je potrebno zagrijati prije postupka fermentacije.²⁴

Proizvodnja šećera- prilikom prerade šećerne repe za proizvodnju kristal šećera nastaju različiti sporedni proizvodi, koji se pretežno koriste kao stočna hrana. To su s jedne strane takozvani svježi rezanci šećerne repe, koji nastaju nakon usitnjavanja repe i ekstrakcije šećera, i s druge strane melasa, koja preostaje nakon izdvajanja kristala šećera iz zgusnutog šećernog sirupa. Jedan dio rezanaca se miješa sa melasom i suši i tako prerađuje u sušene repine rezance i takođe koristi kao stočna hrana. Posebni zahtjevi u pogledu skladištenja i korištenja trenutno ne postoje, što znatno olakšava njihovo korištenje.²⁵

Prerada voća- prilikom prerade grožđa i voća u vino i voćne sokove nastaje komina kao sporedni proizvod, a koja se odlikuje visokim sadržajem šećera. Po hektolitr vina, odnosno voćnog soka, nastaje oko 25 kg komine i po hektolitr voćnog nektara oko 10 kg komine.²⁶

Supstrati od održavanja travnjaka

²¹Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²² Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²³ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²⁴ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²⁵ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²⁶ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

U okviru održavanja parkova i zelenih pojaseva duž saobraćajnica nastaju velike količine zelenog i travnatog otpada. Međutim, pošto je nastanak tog materijala sezonski uslovljen, on mora da se silira da bi u toku cijele godine mogao da se koristi kao supstrat za proizvodnju biogasa. Iako je njegova upotreba moguća u svježem stanju, dodavanje ovakvog materijala se u tom slučaju mora izvršiti s velikim oprezom.²⁷

Materijal od održavanja pejzaža

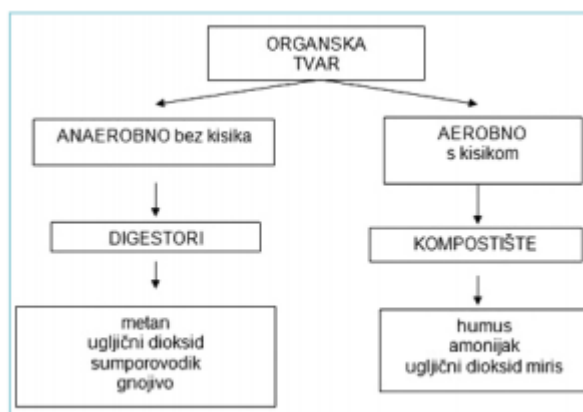
Materijalom od održavanja pejzaža (uključujući travu) smatra se svaki materijal koji nastaje prilikom sprovođenja mjera koje pretežno služe ciljevima zaštite prirode i održavanja pejzaža. Tu ne spadaju kulture proizvedene u komercijalne svrhe, zeleni otpad, kao ni travnati otpad sa pojaseva duž saobraćajnica ili rubnih pojaseva industrijskih i privrednih zona, kao ni zelenih površina oko aerodroma. Travom od održavanja pejzaža smatra se samo materijal sa površina na kojima se vrši otkos maksimalno dva puta godišnje.²⁸ Usljed činjenice da održavanje površina zaštićenih prirodnih područja uglavnom može da se vrši samo jednom godišnje, taj materijal pretežno posjeduje visoke sadržaje suhe materije i lignina. To je opet povezano sa umanjenim prinosom gasa i malom pogodnošću za siliranje. Osim toga, korištenje opisanih materijala zahtijeva primjenu određenih tehnologija, odnosno postupaka za preradu, koji su trenutno ili troškovno veoma intenzivni ili još uvijek ne odgovaraju aktuelnom stanju tehnike.

²⁷ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

²⁸ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

ANAEROBNA FERMENTACIJA

Štetni uticaj neobnovljivih izvora energije na okoliš pa tako i na sva živa bića na Zemlji dovodi do potrebe pronalaženja alternativnih, ekološki prihvatljivijih načina proizvodnje energije. Paralelno s time javlja se i potreba za zbrinjavanjem velike količine organskog otpada. Postoji način koji omogućuje rješavanje oba problema istovremeno, a to je iskorištavanje organskih ostataka u proizvodnji bioplina procesom anaerobne fermentacije.²⁹ Naime, anaerobna fermentacija/ digestija je biohemijski proces u kojem se biorazgradivi organski supstrati razgrađuju mikrobiološkim procesima bez prisustva kisika, uz proizvodnju biogasa i digestata.³⁰ Kao nusproizvod anaerobne fermentacije nastaju tečni, čvrsti i gasoviti ostatci koji predstavljaju korisne resurse (slika 4).



Slika 4: Razlike u procesu razgradnje organske materije između aerobne i anaerobne fermentacije³¹

Biogas, kao produkt anaerobne fermentacije, se iskorištava za proizvodnju toplotne i električne energije, dok se nastali čvrsti i tekući ostaci u vidu digestata nakon kompostiranja koriste kao gnojivo za poljoprivredne površine zbog velikog sadržaja korisnih sastojaka (azot, fosfor, kalij) neophodnih za uzgoj biljaka. Drugim riječima, anaerobna fermentacija

²⁹ Izvor: <https://www.bib.irb.hr/902962>(pristup 07.06.2020.)

³⁰ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

³¹ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

jeste proces promjene biomase u biogas u rezervoarima (fermentorima) uz pomoć mikroorganizama, pri čemu je krajnji proizvod ovog biohemijskog procesa biogas - mješavina metana, ugljen-dioksida i sporednih komponenata.³² Proces anaerobne fermentacije je široko rasprostranjen u prirodi i odvija se u močvarama, na dnu mora i okeana, u jamama za tečni stajnjak kao i u buragu preživara. Pri tome se organska masa pomoću niza mikroorganizama gotovo u cjelini konvertuje u biogas. Uz to dodatno nastaje određena količina energije (toplota) i nove biomase.

Biogas

Definicija biogasa

Biogas se može definisati na više načina, u zavisnosti od autora. Shirley (1667.) definiše bioplin kao močvarni plin koji nastaje u močvarama i rovovima rudnika.³³ Đulabić (1986.) navodi kako je bioplin smjesa plinova nastalih djelovanjem bakterija pri anaerobnoj razgradnji organskih materija.³⁴ Nadalje, Udovčić (1988.) definiše bioplin kao gorivi plin koji je nastao anaerobnom fermentacijom organske materije (vodene trave ili organskih otpadaka u sistemu kanala) pri određenoj temperaturi, sadržaju vlage i kiselosti.³⁵ Na osnovu navedenog se može navesti okvirna definicija biogasa, koja glasi: bioplinom nazivaju se plinovi koji se uglavnom sastoje od metana i ugljikovog dioksida, a nastaju anaerobnom fermentacijom (bez prisustva kisika) organskih materija u fermentoru, djelovanjem anaerobnih bakterija.³⁶

Sastav biogasa

Kao što već i samo ime govori, „bio“-gas nastaje u biološkom procesu. Po hemijskom sastavu to je smjesa 2/3 metana i 1/3 ugljik (IV) oksida.³⁷ Dakle, formirana mješavina gasova sastoji se pretežno od metana (50–75 vol%) i ugljen-dioksida (25–50 vol%). Pored toga se u biogasu nalaze i male količine hidrogena, hidrogen-sulfida, amonijaka i drugih gasova u tragovima. Na sastav načelno utiču korišteni supstrati, postupak fermentacije i različite tehničke izvedbe.³⁸ Količina i sastav bioplina ovisi o samim metanogenim bakterijama tj. o brzini njihovog razvijanja u organskom supstratu, te u zavisnosti od toga varira kao što je prikazano u tabeli 2:

Gorivi sastojci	%	Negorivi sastojci	%
Metan CH ₄	55–75	Ugljikov dioksid CO ₂	25–45
Vodik H ₂	0–1	Dušik N ₂	0–2
Sumporovodik H ₂ S	0–1	Kisik O ₂	0–0,5
		Vodena para H ₂ O	0–2
		Amonijak NH ₃	0–2

³² Izvor: <http://www.biotecsk.eu/sr/24-biotec/vlazna-fermentacija/70-anaerobna-fermentacija>(pristup 07.06.2020.)

³³ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

³⁴ Đulabić, M. (1986) : Biogas, dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja. Tehnička knjiga Beograd, Beograd, Srbija.

³⁵ Udovčić, B. (1988) : Energija društvo i okolina. Knjiga 1. Energija i izvori energije. IRO Građevinska knjiga, Beograd, Srbija.

³⁶ Izvor: <https://www.bib.irb.hr/902962>(pristup 07.06.2020.)

³⁷ Izvor: <https://www.bib.irb.hr/334449>(pristup 07.06.2020.)

³⁸ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

Tabela 2: Sastav biogasa³⁹

Metan je osnovni sastojak biogasa, ali u njemu ima i drugih gasova kao što su sumpor-vodonik i vodonik koji također gore i imaju znatnu energetska vrijednost. Povećanjem udjela masti u supstratu za proizvodnju biogasa povećava se udio metana. Ako u supstratu prevladavaju ugljikohidrati i bjelančevine, količina razvijenog biogasa je manja i s manjim sadržajem metana. Pojedine gasovite komponente u biogasu imaju svoju ulogu i zastupljene su u različitom postotnom udjelu. Metan (CH₄) je prvi i najvažniji sastojak biogasa koji je nastao metaboličkom aktivnošću metanogenih bakterija pri anaerobnim uslovima. Goriv je i eksplozivan te se kvalitet biogasa mjeri po udjelu metana. Ugljen dioksid (CO₂) je najzastupljeniji negorivi sastojak biogasa, ali zbog dobrog sagorijevanja nije poželjno da njegov udio bude manji od 15%. Optimalan odnos ugljika (C) i azota (N) je C:N=(10–16):1 ili (30–35):1. Sumpor-vodonik (H₂S) je nepoželjan jer izgaranjem nastaje vrlo korozivna sulfatna (H₂SO₄) ili sulfitna (H₂SO₃) kiselina koja uništava opremu za proizvodnju. Zato je potrebno ukloniti sumpor-vodonik kod većih količina od 1%. Voda ili vodena para (H₂O) spada u negorive sastojke bioplina. Odvajanje vlage obavlja se zbog postizanja bolje gorive vrijednosti (sagorijevanja) i kvalitetnijeg biogasa. Kisik (O₂) i njegov udio u biogasu je nepoželjan i trebao bi biti ispod 0,5% jer i najmanja prisutnost kisika smeta metaboličkoj aktivnosti anaerobnih bakterija.⁴⁰

Faze anaerobne fermentacije

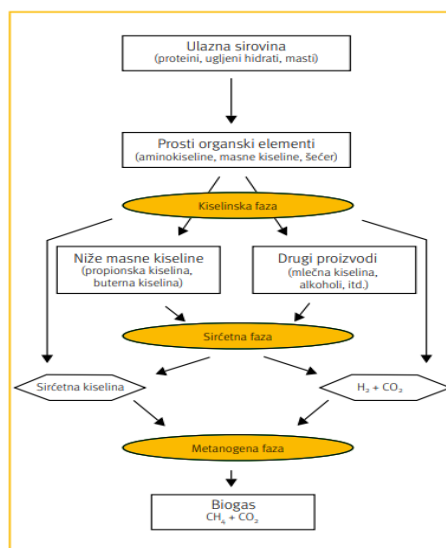
Proces nastanka biogasa može da se podijeli u nekoliko faza, kako je prikazano na slici 5, a to su:

- prva faza - hidroliza
- druga faza - acidogeneza/ kiselinska faza
- treća faza - acetogeneza/ sirćetna faza
- četvrta faza - metanogeneza

Pri tome je bitno da su pojedinačne faze fermentacije optimalno međusobno usklađene da bi se cjelokupan proces odvijao bez smetnji.

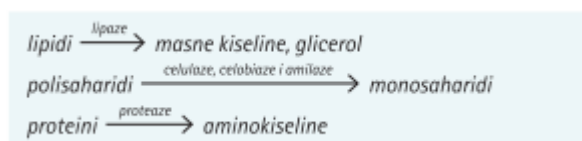
³⁹ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁴⁰ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.



Slika 5: Šematski prikaz anaerobne fermentacije⁴¹

U prvoj fazi, tzv. „hidrolizi“, se kompleksna jedinjenja ulazne sirovine (npr. ugljikohidrati, proteini, masti) razlažu na jednostavnija organska jedinjenja (npr. aminokiseline, šećer, masne kiseline). Hidrolitičke bakterije, uključene u taj proces, u tu svrhu oslobađaju enzime koji organsku masu razlažu biohemijskim putem, kako je prikazano jednačinom:



Slika 6: Faza hidrolize⁴²

Nastali intermedijarni proizvodi se zatim u takozvanoj „kiselinskoj fazi“ (**acidogenezi**) pomoću fermentativnih (acidogenih) bakterija dalje razlažu na niže masne kiseline (sirćetna, propionska i buterna kiselina) kao i ugljen-dioksid i hidrogen. Međutim, pored toga se formiraju i male količine mliječne kiseline i alkohola. Na vrstu proizvoda nastalih u ovoj fazi utiče koncentracija intermedijarno formiranog hidrogena. Ovi proizvodi se nakon toga u okviru **acetogeneze**, tj. „sirćetne faze“, pomoću acetogenih bakterija konvertuju u prekursorne supstance biogasa (sirćetna kiselina, vodonik i ugljen-dioksid). U tom kontekstu veliki značaj ima parcijalni pritisak hidrogena. Previsok sadržaj hidrogena iz energetskih razloga sprečava konverziju intermedijarnih proizvoda acetogeneze. Kao posljedica toga dolazi do akumulacije organskih kiselina, npr. propionske, izobuterne, izovalerijanske i kapronske kiseline, i inhibiranja nastanka

⁴¹ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

⁴² Majkovičan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

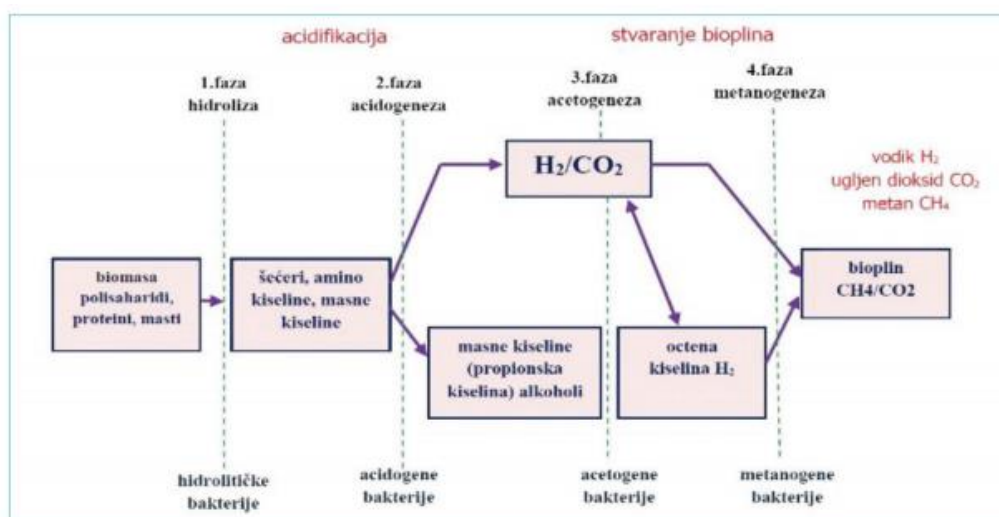
metana. U narednoj „**metanogenezi**“, posljednjoj fazi nastanka biogasa, se prije svega sirćetna kiselina kao i vodik i ugljendioksid u strogo anaerobnim uslovima konvertuju u metan, kako je prikazano jednačinom:⁴³



Slika 7: Faza metanogeneze⁴⁴

Metanogeneza je ključni korak u cijelom procesu anaerobne razgradnje, jer predstavlja najsporiju biohemijsku reakciju u proizvodnji biogasa. Metanogeneza uvelike ovisi o uslovima rada, odnosno uslovima medija. Na uspješnost metanogeneze utiče niz faktora kao što su sastav sirovine, stepen dopune digestora, temperatura i pH vrijednost supstrata.⁴⁵

Navedene faze anaerobne fermentacije se jednačinom mogu sumarno prikazati na sljedeći način:



Slika 8: Četiri faze fermentacije za dobijanje biogasa⁴⁶

Parametri koji utiču na proces anaerobne fermentacije i dobivanje biogasa

Kod opisa uslova u okruženju treba praviti razliku između mokre fermentacije i fermentacije čvrste materije (nazvana i suha fermentacija), pošto prije svega u pogledu sadržaja vode, sadržaja hranjivih materija i transporta materijala postoje razlike između ova dva postupka. Precizna definicija granice između mokre i suhe fermentacije doduše ne postoji, ali se u praksi ustalilo da se **u slučaju korištenja energetskih biljaka sa udjelom suhe materije u fermentoru od oko 12 % govori o mokroj fermentaciji**, pošto sadržaj fermentora pri tolikom udjelu vode po pravilu još može da se pumpa. **Ako**

⁴³ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

⁴⁴ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

⁴⁵ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

⁴⁶ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

udio suhe materije u fermentoru naraste na vrijednost preko 15–16 %, materijal uglavnom više ne može da se pumpa i proces se tada naziva suhom fermentacijom.⁴⁷ Međutim, u praksi je od većeg značaja mokra fermentacija, stoga opisani faktori vrijede za taj tip fermentacije.

Općenito, postoje tri grupe faktora koji utiču na proces anaerobne fermentacije:

- **fizičko-hemijski faktori**
- **biološki faktori**
- **tehnološki/procesni faktori**

Fizičko-hemijski faktori

Anaerobnost je osnovni uslov za odvijanje proizvodnje bioplina jer se metanogene bakterije mogu razviti samo u takvim uvjetima. Nakon unošenja supstrata u bioreaktor proces je aeroban sve dok se kisik ne potroši djelovanjem aerobnih bakterija, nakon toga počinje anaeroban proces.⁴⁸

Temperatura je jedan od najvažnijih faktora i o njoj ovisi vrsta i trajanje procesa proizvodnje, stepen razgradnje te količina dobivenog biogasa. Ispod 3°C nema metaboličke aktivnosti bakterija pa, prema tome, prestaje anaerobna fermentacija.

Prema djelovanju bakterija i temperaturi proces se dijeli na:

Psihrofilan proces odvija se pri temperaturi 10–20°C uz vrijeme fermentacije 90 dana i 90% razgradnje organske tvari.

Mezofilan proces odvija se na temperaturi 20–40°C uz vrijeme fermentacije 30 dana i 90% razgradnje organske tvari i najčešće je korišten.

Termofilan proces odvija se na temperaturi 50–60°C uz vrijeme fermentacije 10 dana i 90% razgradnje organske tvari.⁴⁹

Pritisak je, uglavnom, uvjetovan pritisku koji je potreban potrošaču te gubicima u cjevovodima, pročišćivačima i regulatorima pritiska. Bakterije za svoj rast također zahtijevaju odgovarajući pritisak u biorektoru (2,5–4 kPa).⁵⁰

pH, količina isparljivih masnih kiselina i alkalitet utiču na metanogene i acetogene bakterije koje su posebno osjetljive na pH. Aktivnost metanogenih bakterija prestaje pri pH vrijednosti nižoj od 6,5. Previsoke količine bjelančevina i aminokiselina u organskoj tvari povećavaju pH vrijednost. Porast pH vrijednosti iznad 8 znatno usporava proces

⁴⁷ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

⁴⁸ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁴⁹ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁵⁰ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

fermentacije i smanjuje količinu proizvedenog metana. Proizvodnja metana odvija se u rasponu pH 6,6–7,2 uz optimum kod 7,0–7,2. U toku anaerobne razgradnje pH se mijenja od 5,5 do 8,2 i poželjno je da taj raspon bude što kraći.⁵¹

Odnos C:N je u rasponu 25–35:1, ali je najpovoljniji 30:1. Važan je jer bakterije oko 30 puta brže troše ugljik od azota (u prirodi većina organskih tvari ima ovakav odnos). Ako se upotrebljava supstrat koji ima naglašen odnos u korist azota potrebno ga je pomiješati s tvari koja obiluje ugljikom. Povišen udio azota dovodi do većeg stvaranja amonijaka što usporava, a može i zaustaviti proces metanogeneze.⁵²

Odnos suhe tvari i vode je bitan u svim fazama anaerobne razgradnje, posebno količina vode u fazi hidrolize. Pri nedostatku ili obilju vode usporen je rad bakterija, razgradnja se ne odvija u predviđenom obimu, pa supstrat izlazi iz bioreaktora gotovo nerazgrađen. Sadržaj suhe tvari u supstratu trebalo bi biti 6,5–12%. Supstrat koji fermentira, ako nema potreban odnos, korigira se dodavanjem vode.⁵³

Inhibitori i toksične tvari svojom prisutnošću u supstratu negativno djeluju na bakterije usporavajući njihov razvoj, a samim time i proces metanogeneze. One u bioreaktor dopijevaju zajedno sa supstratom ili nastaju tijekom samog postupka fermentacije. U inhibitore ubrajamo: teške metale i njihove soli, alkalne i zamnoalkalne metale, amonijak, nitrati, sulfide, organska otapala, antibiotike i ostale toksične tvari.⁵⁴

Amonijak (NH₄) je važna hranjiva tvar te se susreće kao plin odbojnog mirisa, a nastaje procesom anaerobne razgradnje bjelančevina. Previsoka koncentracija amonijaka, osobito u nejoniziranom obliku, može potpuno zaustaviti proces anaerobne fermentacije. Koncentracija slobodnog amonijaka direktno je proporcionalna temperaturi te je stoga rizik inhibicije amonijakom veći kod termofilnih procesa nego kod mezofilnih bakterija.⁵⁵

Biološki faktori

Hranjive tvari i elementi u tragovima poput željeza (Fe), nikla (Ni), kobalta (Co), selena (Se), molibdena (Mo) i volframa (W) važni su za rast i preživljavanje anaerobnih bakterija jednako kao i makronutrijenti. Nedostatan sadržaj hranjivih tvari i elemenata u tragovima, kao i prevelika razgradivost supstrata, može uzrokovati inhibiciju ili narušavanje procesa anaerobne razgradnje. Kako bi bakterije rasle i razvijale se neophodni su im ugljik, kisik, hidrogen, azot, sumpor, fosfor, alkalni elementi i elementi u tragovima.

Aktivnost metanskih bakterija u proizvodnji bioplina zavisi od brojnih uslova u bioreaktoru, a sama proizvodnja biogasa o kvalitetu metanskih bakterija. Poznato je 10 vrsta metanskih bakterija od kojih su najpoznatije **Methanobacterium**

⁵¹ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁵² Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁵³ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁵⁴ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁵⁵ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

spp., Methanosarcina spp., Clostridium spp. i njihovi hibridi.⁵⁶ Stvaranjem hibrida metanskih bakterija nastoji se povećati produktivnost, otpornost i aktivnost pri nižim temperaturama.

Tehnološki faktori

Usitnjenost i vrsta supstrata su bitni jer neusitnjene čestice produžuju vrijeme razgradnje i smanjuju količinu dobivenog bioplina. Usitnjavanje se vrši strojevima za usitnjavanje prije unošenja u bioreaktor.

Vrijeme zadržavanja supstrata u bioreaktoru je nužno za dimenzioniranje bioreaktora. Svaki faktor podjednako utječe na vrijeme zadržavanja u bioreaktoru. Viša temperatura, kvalitetan supstrat i dobro tehnološki riješen pogon skraćuju vrijeme zadržavanja supstrata u bioreaktoru.

Miješanje u bioreaktoru sprečava taloženje velikih čestica na dno te se tako omogućava dotok hranjivih tvari metanogenim bakterijama kako bi proizvodile metan jer su slabo pokretne. Anaerobnom razgradnjom supstrata nastaje mikrobna biomasa koja stvara pahuljice anaerobnog mulja. Zbog prisutnosti mjehurića plina pahuljice mulja lebde u tekućini, slabo se talože i teško recikliraju. Time se smanjuje koncentracija mikroba u bioreaktoru i učinkovitost anaerobnog procesa.⁵⁷

Otklanjanje plivaće kore s površine supstrata vrši se zbog negativnog uticaja na aktivnost bakterija i izlučivanje metana. Plivaću koru stvaraju pjena i lagane čestice.

⁵⁶ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

⁵⁷ Majkovčan Ivana (2012): PROIZVODNJA ENERGIJE ANAEROBNOM FERMENTACIJOM RAZLIČITIH KONZERVIRANIH BIOMASA. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska.

RAD BIOGAS POSTROJENJA

Karakteristike postupaka za proizvodnju biogasa

Proizvodnja biogasa odvija se uz primjenu različitih vrsta postupaka, a tipični postupci prikazani su u **tabeli**:

Kriterijum	Specifične karakteristike
Sadržaj suve materije u substratu	<ul style="list-style-type: none">• mokra fermentacija• suva fermentacija
Način punjenja	<ul style="list-style-type: none">• diskontinualni• polukontinualni• kontinualni
Broj procesnih faza	<ul style="list-style-type: none">• jednofazan• dvofazan
Procesna temperatura	<ul style="list-style-type: none">• psihofilna• mezofilna• termofilna

Tabela 3: Klasifikacija postupaka za proizvodnju biogasa prema različitim kriterijima⁵⁸

Konzistencija supstrata zavisi od sadržaja suhe materije. Na tome je bazirana načelna podela tehnologije za proizvodnju biogasa na postupke mokre fermentacije i postupke suhe fermentacije. Kod postupaka mokre fermentacije koriste se

⁵⁸ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

supstrati koji mogu da se pumpaju. Kod suhe fermentacije koriste se čvrsti supstrati. U poljoprivrednim biogas postrojenjima pretežno se primjenjuje mokra fermentacija u klasičnim cilindričnim rezervoarima.

Način punjenja - režim punjenja fermentora u biogas postrojenju u velikoj mjeri zavisi od raspoloživosti svježeg supstrata za mikroorganizme i samim tim se odražava na proizvodnju biogasa.

Načelno se pravi razlika između kontinualnog, polukontinualnog i diskontinualnog punjenja. Kod kontinualnog i polukontinualnog punjenja može da se pravi razlika između protočnog postupka i kombinovanog poluprotočnog postupka. Šaržni postupak se iz ekonomskih i procesno-tehničkih razloga u praksi gotovo i ne primjenjuje. Za razliku od kontinualnog punjenja, kod polukontinualnog punjenja se najmanje jednom u toku radnog dana fermentor puni novom šaržom nefermentisanog supstrata. Pogodnim se pokazalo punjenje u malim šaržama nekoliko puta dnevno.

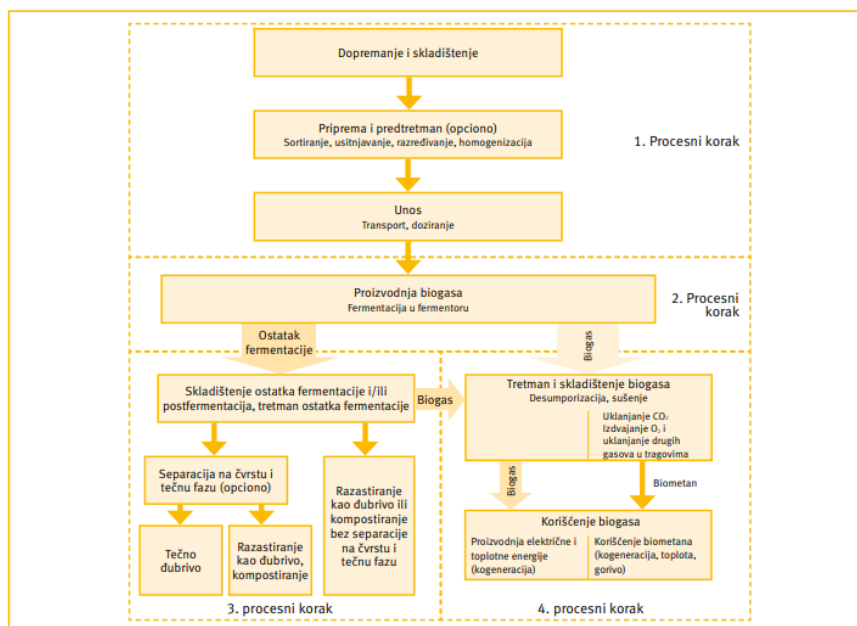
Diskontinualno punjenje - kod fermentacije u šaržnom postupku fermentor se u cjelini puni supstratom i hermetički zatvara. Supstrat u fermentoru ostaje do kraja odabranog retencionog vremena bez dopunjavanja ili izuzimanja supstrata. Fermentor se nakon isteka retencionog vremena prazni i puni svježim supstratom, pri čemu mali deo fermentisanog materijala može da ostane u fermentoru za inokulaciju sljedećeg punjenja.

Broj procesnih faza i stepena pod procesnom fazom podrazumijeva se biološko okruženje – faza hidrolize, odnosno metanizacije – sa dotičnim specifičnim procesnim uslovima kao što su pH vrijednost i temperatura. U slučaju prerade u istom rezervoaru govori se o vođenju jednofaznog procesa. Kod sprovođenja hidrolize i metanizacije u odvojenim rezervoarima proces se odvija dvofazno. Stepenu označava procesni rezervoar nezavisno od biološke faze. Kod poljoprivrednih biogas postrojenja se najčešće primjenjuju jednofazni ili dvofazni postupci, pri čemu je težište na jednofaznim postrojenjima.

Procesna tehnika - poljoprivredno biogas postrojenje načelno nezavisno od režima rada može da se podijeli na četiri različita procesna koraka:

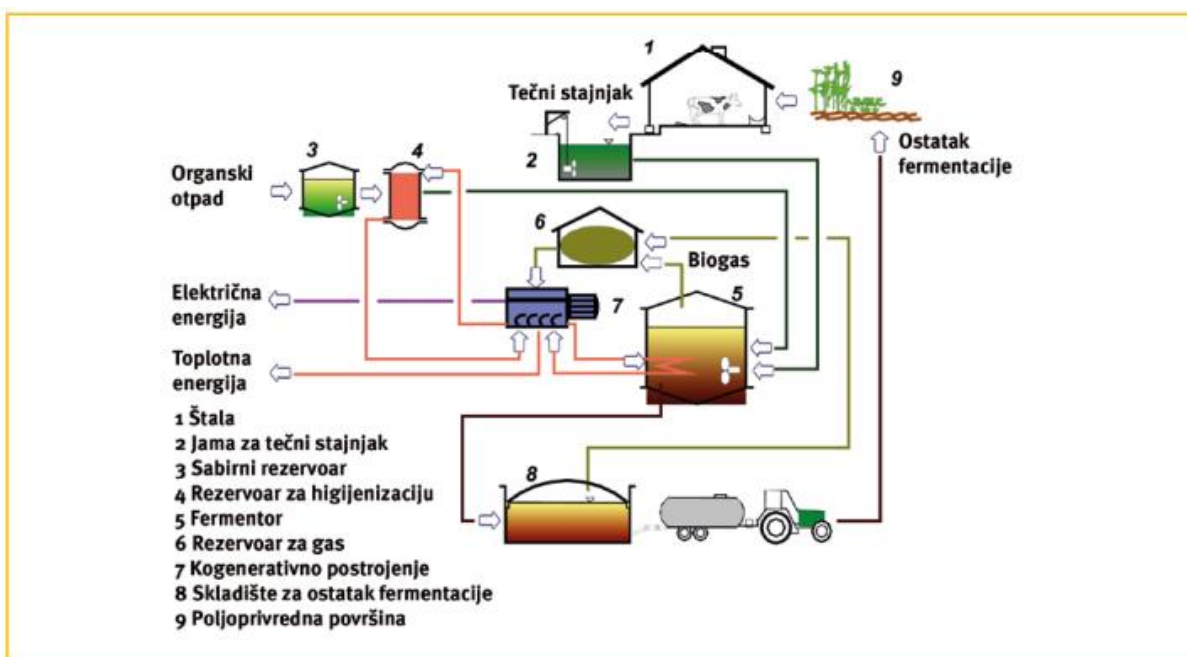
- 1. Manipulacija supstratom** (dopremanje, skladištenje, priprema, transport i unos),
- 2. Proizvodnja biogasa,**
- 3. Skladištenje, tretman i korištenje ostatka fermentacije kao đubriva i**
- 4. Skladištenje, tretman i korištenje biogasa.**

Pojedinačni koraci su detaljno prikazani na slici 9:



Slika 9: Odvijanje procesa proizvodnje biogasa⁵⁹

Navedena četiri procesna koraka nisu nezavisna jedan od drugog. Posebno između drugog i četvrtog koraka postoji tijesna veza, pošto četvrti korak u normalnom slučaju obezbeđuje procesnu toplotu neophodnu u drugom koraku. Na osnovu ovoga se konstruišu poljoprivredna biogas postrojenja, čiji izgled je prikazan na slici 10:



Slika 10: Izgled poljoprivrednog biogas postrojenja

Uspješnim sistemom anaerobne digestije smatra se onaj koji ostvaruje prihod i to kroz:

⁵⁹ Izvor: Nemački centar za istraživanje biomase, neprofitno d.o.o. (2016): PRIRUČNIK O BIOGASU - Od proizvodnje do korišćenja. Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR), OT Gülzow, Njemačka.

Plin - proizvodnja struje, grijanje, prodaja eventualnog viška.

Digestorski mulj - distribucija po poljima u tekućem obliku, cijeđenjem i sušenjem dobiva se humus koji se također koristi kao gnojivo.

Ugljični dioksid - njegovim odvajanjem povećava se kalorijska vrijednost gasa, odvojeni CO₂ se može direktno upuštati u staklenike, može se proizvoditi suhi led.

Sumporovodik H₂ S - njegovim odvajanjem smanjuje se miris pri izgaranju, a smanjuje se i opasnost od korozije u sistemima i dobiva se elementarni sumpor.⁶⁰

Mini bioplinsko postrojenje pogodno za urbane sredine

Pored navedenih postrojenja namijenjenih za proizvodnju većih količina biogasa, moguća su i tehnička rješenja u vidu mini bioplinskih postrojenja, pogodnih za kućnu upotrebu. Sa stanovišta urbane poljoprivrede ovakva postrojenja su ključna i vrlo korisna, iz nekoliko razloga. Prvi razlog zasniva se na činjenici da je troškovna struktura urbanih farmi znatno drugačija u odnosu na konvencionalne farme u ruralnim područjima, zato što su troškovi znatno veći, pogotovo kada je potrošnja energije u pitanju, stoga se korištenjem bioplina mogu ostvariti znatne uštede. Drugi razlog jeste taj što urbane sredine odlikuje ograničenost prostora, a budući da ovakva mini postrojenja ne zauzimaju previše prostora, idealna su za korištenje na urbanim farmama.

Karakteristike postrojenja: dobivena količina biogasa gori oko cca. 20-30 min na plameniku. Može se koristiti bilo šta od kuhinjskog otpada (osim luka i ljuski jaja). Za 12 sati gas je spreman za upotrebu.

Izgradnja je vrlo laka i isplativa (samo 2-3 dolara), a krajnji proizvodi ovog sistema su:

1) Metan: (može se koristiti kao gorivo)

2) Kaša: (potrošena gnojnica je izvrsno stajsko gnojivo)

Glavne komponente ovog sistema su:

1) dovodna cijev

2) rezervoar za digestore

3) rezervoar za gas

⁶⁰ Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

4) odvodna cev gnoja

5) odvodna cijev za gas

KORACI ZA IZGRADNJU

Korak 1: odabir ispravnog spremnika – potrebno je odabrati spremnik ispravne veličine koji će djelovati kao spremnik digestora.

Korak 2: napraviti rupe u rezervoaru za dovod i odvod pomoću stare gvozdene šipke koju treba zagrijati da se naprave rupe.

Korak 3: popraviti ulazne i izlazne cijevi, ulijepiti dovodnu i izlaznu cijev bilo kojim vodootpornim lijepkom.

Korak 4: pravljenje spremnika za gorivo. Potrebna je kanta s bojom od 20 litara za izradu rezervoara za plin. Ovaj rezervoar drži zadržani gas. Rezervoar treba učvrstiti ventilom koji se koristi za vodovodne potrebe.

Korak 5: pomiješati kravlji gnoj (5 kg za 50 litara) i dodati vodu da se dobije fina kaša, a zatim staviti mulj u rezervoar za digestore.

Korak 6: staviti spremnik za plin prevrnut u spremnik digestora nakon dodavanja suspenzije. NAPOMENA: potrebno je otvoriti ventil dok se stavlja rezervoar za plin. Mini postrojenju treba 10-15 dana da se proizvede prva količina plina. Spremnik plina će se povećavati kako se plin proizvodi.⁶¹

⁶¹ Izvor: <https://www.instructables.com/id/Biogas-at-home-Cheap-and-Easy/>(pristup: 09.06.2020.)

KORIŠTENJE OSTATAKA FERMENTACIJE

Karakteristike ostataka fermentacije, odnosno njihove sastojke, u najvećoj mjeri određuju materije korištene za anaerobnu fermentaciju i sam proces fermentacije. U poljoprivrednim biogas postrojenjima pretežno se koristi tečni stajnjak goveda i svinja, čvrsti stajnjak goveda i svinja i ekskrementi peradi iz tova živine. Organska đubriva od kokošaka nosilja se zbog visokog sadržaja amonijuma koriste u manjem obimu.

Kao proizvod anaerobnog procesa u digestoru nastaje digestorski mulj (digestat, efluent) iskoristiv kao izvanredno gnojivo dobiveno nakon aeriranja, cijedenja i sušenja tokom nekoliko sedmica. Vrijednost gnojiva u obliku humusa koje se dobije iz digestora je neusporedivo veća od umjetnih gnojiva, što je ogromna prednost. Naime, dovoljna snabdjevenost faune zemljišta organskom materijom, kao i unos hranljivih materija u skladu sa potrebama biljaka i vrstom zemljišta, čine osnovne preduslove za održivo korištenje poljoprivrednih površina. Pri organskoj gnojidbi humus obogaćuje hranjivim tvarima površinski sloj (u kojem rastu biljke) i štiti ga, dok umjetna gnojiva ne sudjeluju u zaštiti površinskog sloja, već doprinose njegovoj eroziji i zasićenju zagađivačima. Usljed porasta cijene mineralnih đubriva u toku posljednjih godina, dostignut je prag ekonomske isplativosti transporta i razastiranja ostatka fermentacije i organskih đubriva, tako da ostaci fermentacije zbog svoje hranjive vrijednosti po pravilu predstavljaju materiju čiji se transport isplati. Osim toga, đubrenje ostacima fermentacije i organskim đubrivima u pogledu energetskog bilansa treba ocijeniti pozitivnijim od đubrenja baziranog isključivo na primjeni mineralnih đubriva. Naime, ovisno o sirovini i uslovima digestije anaerobni digestor razvija između 50 i 70% metana u bioplinu, idealnog za korištenje u ruralnim prostorima kao pogon stacionarnih motora, proizvodnju struje, grijanje, osvjetljenje i dr.

Komparativna istraživanja provedena u tekućoj fazi digestata i gnoju pokazala su da je tekuća faza digestata u odnosu na gnoj:

- bogatija amonijačnim jonima ($\text{NH}_4\pm\text{N}$)
- ima smanjen sadržaj organske tvari i biološkog kisika (O_2)

- ima povišen pH
- ima smanjen C:N omjer

	jedinica	digestat
Sadržaj suhe tvari	%	4
Sadržaj hranjiva		
Dušik, N	kg/t	5
Fosfor, (P ₂ O ₃)	kg/t	0,5
Kalij, (K ₂ O)	kg/t	2,0
Magnezij, (MgO)	kg/t	0,1
Sumpor, (SO ₂)	kg/t	0,4
Raspoloživ dušik, N	kg/t	4

Slika 11: Sadržaj hranjiva u digestatu iz prehrambene industrije

Analize su pokazale kako količina ukupno dostupnog azota u digestatu varira između 45-70% Istraživanja usmjerena na primjenu digestata kao izvora azota su pokazala da je 60% od ukupnog sadržaja azota, 50% ukupnog fosfora i 80% ukupnog kalija dostupno biljkama na iskorištavanje u godini aplikacije na tlo. Primjenom digestata kao izvora azota u tlo se unose fosfati te kalij koji zajedno s manjim količinama drugih mikro hranjiva i elemenata u tragovima pomažu održavanju plodnosti tla.

Praktična iskustva u korištenju digestata:

- značajno je poboljšanje strukture tla za poljoprivrednike koji koriste digestat
- konvencionalni poljoprivrednici navode smanjeno korištenje hemijskih raspršivača i manju potrebu za mineralnim gnojivom zbog upotrebe digestata
- mnogi poljoprivrednici koji koriste digestat za gnojidbu, i to kroz duže vrijeme, potvrđuju povećani udio vrijednih travnatih vrsta na svojim poljima
- rezultat je i povećana mikrobiološka aktivnost u tlu (zdrave biljke)
- mnogi poljoprivrednici navode povećane prinose pri sakupljanju slame i sijena kao i bolji kvalitet usjeva, što povezuju s primjenom digestata kao gnojiva⁶²

Prednosti digestata u odnosu na stajski gnoj

⁶²Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

Digestat ima poboljšanu gnojdbenu učinkovitost radi homogenizacije hranjivih tvari, veću gnojdbenu vrijednost od svježeg stajskog gnoja zbog svoje ujednačenosti i hranidbenih tvari u obliku u kojem ih biljke mogu bolje apsorbirati, bogat je azotom, fosforom, kalijem, te brojnim mikro nutrijentima, može se aplicirati na tlo poput obične gnojovke ili komposta. Prednosti digestata pred svježim stajskim gnojem su i smanjenje neugodnih mirisa i muha pri proizvodnji bioplina, neugodni mirisi se značajno smanjuju zajedno sa sjemenom korova u gnoju, dok se hranjive tvari zadržavaju u digestatu. Također, upotreba digestata u gnojdbi je ekonomičnija od upotrebe mineralnih gnojiva, ali je potrebno naglasiti da digestat nije u potpunosti zamjena mineralnim gnojivima, stoga bi se, shodno potrebama biljaka, trebale koristiti obje vrste.⁶³

⁶³Omerdić Nihada (2020): ANAEROBNOM DIGESTIJOM DO VISOKOVRIJEDNOG ORGANSKOG GNOJIVA. Hrvatske vode, Hrvatska.

ZAKLJUČAK

Budući da u posljednjih nekoliko godina zbrinjavanje biootpada postaje veliki problem, neophodno je da se pronađu alternativni načini njegovog iskorištenja. S druge strane, javlja se potreba pronalaženja alternativnih, ekološki prihvatljivijih načina proizvodnje energije. Način koji omogućuje rješavanje oba problema istovremeno jeste iskorištavanje organskih ostataka u proizvodnji bioplina procesom anaerobne fermentacije. Prema definiciji, biogas se ubraja u skupinu gasovitih goriva, a dobiva se anaerobnom fermentacijom biomase i/ili biorazgradivog otpada, uključujući gnojivo, kanalizacijski mulj, komunalni otpad ili bilo koji drugi biorazgradivi otpad. Dakle, kao ulazna sirovina za proizvodnju biogasa mogu da se koriste različite vrste biootpada, ali ono što je karakteristično za proces proizvodnje biogasa jeste što se krajnji proizvod, nakon završene anaerobne fermentacije, može koristiti kao visokovrijedno gnojivo. Na taj način je moguće potpuno iskorištavanje organskog materijala, bez njegovog pretvaranja u otpad.

Sa stanovišta urbane poljoprivrede veliki značaj imaju mini bioplinska postrojenja, kako iz ekonomskih razloga, tako i sa stanovišta iskorištenja prostora. Budući da se ovom proizvodnjom ostvaruje ušteda energije, a svojom veličinom postrojenje ne zauzima puno prostora, idealna je za urbane farme.

Zaključno, brojni su načini na koje je moguće korištenje ostataka od fermentacije. Naime, ovisno o sirovini i uslovima digestije anaerobni digester razvija između 50 i 70% metana u bioplina, idealnog za korištenje u ruralnim prostorima kao pogon stacionarnih motora, proizvodnju struje, grijanje, osvjetljenje i dr. Pored toga, kao proizvod anaerobnog procesa u digestu nastaje digestorski mulj (digestat, efluent) iskoristiv kao izvanredno gnojivo dobiveno nakon aeriranja, cijeđenja i sušenja tokom nekoliko sedmica. Vrijednost gnojiva u obliku humusa koje se dobije iz digestora je neusporedivo veća od umjetnih gnojiva, što je ogromna prednost i ukazuje na značaj njegovog korištenja. Iz navedenog se da zaključiti da postoje brojni razlozi za primjenu proizvodnje biogasa, a jedan od ključnih jeste njena održivost, te mogućnost izvedbe samo u ruralnim nego i urbanim sredinama.

UVOD

Otpad je svaka tvar ili predmet koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Ovisno o sastavu otpada, otpad se može podijeliti na opasni, neopasni i inertni otpad.

Po mjestu nastanka, razlikuju se više vrsta otpada: komunalni otpad, proizvodni otpad, ambalažni otpad, otpad iz rudarstva i eksploatacije mineralnih sirovina, otpadni električki i elektronički uređaji i oprema, vozila kojima je istekao vijek trajanja, otpadne gume, građevinski otpad, infektivni otpad iz zdravstvenih ustanova, otpadna ulja, mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, itd.

Ono što nas u ovom slučaju zanima jeste biološki otpad ili biootpad odnosno biorazgradivi otpad.

Biološki razgradivi otpad je otpad koji se može razgraditi biološkim aerobnim ili anaerobnim postupkom.

Biootpad je biološki razgradiv otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i slični otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda.

Biorazgradivi komunalni otpad je otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede, šumarstva, a koji u svom sastavu sadrži biološki razgradiv otpad.

Otpad nipošto ne smijemo odbaciti u prirodu. Time ćemo sačuvati okoliš i ljudsko zdravlje, te novac potreban za uklanjanje neodgovorno odbačenog otpada.

Najvažnija stvar koje se moramo sjetiti kada bacamo otpad je ovih pet riječi:

1. Promisli - promislite o stvarima koje kupujete i resursima koje iskoristavate - treba pokušati smanjiti potrošnju i smanjiti količinu otpada koju proizvodimo
2. Smanji - smanjite količinu svakodnevnog otpada
3. Iskoristi - ponovno iskoristite nešto prije negoli stvarno postane otpad
4. Popravi - popravite potrgane igračke, predmete i ostale stvari
5. Recikliraj - reciklirajte sve što se može reciklirati

BIOLOŠKI OTPAD

Postoji nekoliko različitih vrsta otpada, a jedan od njih je i biološki otpad. Ono po čemu se ova vrsta otpada toliko razlikuje od ostalih jest činjenica da je jedino biološki otpad razgradiv u prirodi. Zahvaljujući sastavu, najmanje šteti okolišu i prirodi, a gotovo uopće ne zagađuje okoliš.

Biootpad je kuhinjski otpad (ostaci od pripreme hrane) i vrtni ili zeleni otpad. Čini gotovo trećinu kućnog otpada i vrijedna je sirovina za proizvodnju kvalitetnog biokomposta. Najbolje je da se biootpad biološki prerađuje na mjestu njegovog nastanka kompostiranjem.





Slika br. 1,2,3 (prikaz kruženja biootpada u prirodi i prikaz šta to čini biootpad)

PONOVNA UPOTREBA OTPADA

Ponovna upotreba otpada je višekratno korištenje proizvoda za istu ili neku drugu svrhu. Time se izbjegava odbacivanje proizvoda nakon njegove primarne upotrebe. Pri tome je poželjno proizvod koristiti u istom obliku, bez prethodne obrade.

Primjeri ponovne upotrebe su: prazne staklenke u domaćinstvu, doniranje rabljene odjeće, pokućstva, tehnike, povratna ambalaža .

Kompost hrani biljke, osigurava prozračnost tla, zadržava vodu i pogoduje rastu korjenitog bilja, te se stoga kompostiranje treba primijeniti gdje god je to moguće (voćnjaci, povrtnjaci, rasadnici, parkovi, zelene površine, poljoprivredna, stočarska i šumarska gospodarstva, tržnice, groblja, škole, dječji vrtići, stambeni i drugi objekti, prehrambena industrija, ugostiteljstvo i dr.).

Drugi je način korištenja biootpada za proizvodnju bioplina. Bioplin je ekološko biogorivo koje se može koristiti za proizvodnju električne energije ili kao pogonsko gorivo u vozilima, kao zamjena za benzin. Pritom se manje onečišćuje zrak i ne pridonosi emisiji stakleničkih plinova.

U kućanstvima biootpad treba odlagati u posude od oko 10 l, s poklopcem, te prazniti ih barem jednom u 3 dana. U smeđe spremnike dozvoljeno je odlagati: kuhinjski, vrtni ili zeleni otpad i ostali biootpad.

Recikliranje

To je proces prerade/obrade otpadnog materijala koji je pogodan da se učini pogodnim za ponovnu upotrebu i proizvodnju istog ili nekog drugog proizvoda. Uključuje i organsko recikliranje, kompostiranje, brikiranje, peletiranje itd.

Cilj je učiniti otpad pogodnim za ponovnu upotrebu, ali ne i korištenje u energetske svrhe. Reciklažom se smanjuje iskorištavanje sirovina iz prirodnih resursa, a štedi se i energija (npr.

reciklažom Al- konzerve uštedi se energija za rad TV-a u trajanju od 3 sata; svaka tona recikliranog papira spašava 17 stabala, 4000 kWh energije i oko 30 m³ prostora na odlagalištu).

Karike u lancu recikliranja su:

1. Skupljanje i razvrstavanje otpada,
2. Proizvodnja novog proizvoda,
3. Kupovina recikliranog proizvoda.



Slika br. 4 (simbol za recikliranje)

Kada se želi pričati o reciklaži biorazgradivog otpada onda se u suštini se govori o kompostiranju. Međutim nije kompostiranje jedini način rješavanja biootpada tu se nalaze i procesi peletiranja i briketiranja otpada.

Šta se može sve kompostirati ?

Kompostirati se mogu sljedeće stvari :

- kuhinjski otpad (ostaci kora voća i povrća, ljuske jaja, talog od kave, vrećice od čaja, ostaci kruha, listovi salate, blitve, kelja i sl.)
- vrtni ili zeleni otpad (uvelo cvijeće, granje, otpalo lišće, otkos trave i živice, zemlja i lončanica, ostaci voća i povrća i sl.);
- male količine ostalog biootpada (kora drveta, kosa i dlaka, piljevina, papirnate maramice, borove iglice, male količine papira u koje su bili zamotani kuhinjski otpaci).

A sljedeće stvari se ne mogu reciklirati :

- ostaci termički obrađene hrane, meso, riba, kosti, koža, mliječni proizvodi, ulja i masti, pepeo, ambalaža (kartonska, staklena, plastična), guma, opasni otpad,
- obojeni i lakirani drveni otpad, odjeća, cigarete i dr.

Kompostiranje u vlastitom dvorištu

Proizvodnja komposta iz vlastitog biootpada je korist i zadovoljstvo. Po vrijednosti se izjednačava s postupcima za izbjegavanje i smanjivanje količina otpada, a najbolji pomagači su djeca.

U procesu kompostiranja učestvuju :

- Makrofauna organizmi veličine 2-20 mm usitnjavaju supstancu, čime se povećava obujam i rahlost tla,
- Mezofauna organizmi veličine 0,2-2 mm sudjeluju u razgradnji biootpada,
- Mikroorganizmi razgradnja biootpada

Optimalni uvjeti su: dovoljno različitog, biološki lako razgradivog biootpada (organizmima jamči hranu), stalna i dostatna vlažnost (prevelika količina vode zatvorit će zračne prolaze, aerobni organizmi ugibaju, zastoje procesa, brzo razvijanje anaerobnih organizama i pojava neugodnog mirisa) – provjera vlažnosti “metodom knedle”, dostatna količina zraka (neugodan miris je znak da nema dovoljno zraka, prozračivanje hrpe postiže se prevrtanjem i miješanjem te dodavanjem strukturnog materijala: najbolje usitnjene grančice), odgovarajuća temperatura (zimске temperature ne pogoduju biološkim procesima, a ljetne mogu dovesti do isušivanja materijala; optimalna temperatura okoline je 20-25°C).

Temelj dobrog kompostiranja je miješanje: (suhih i vlažnih dijelova biootpada, većih i manjih dijelova biootpada, svježih i starijih dijelova biootpada, kuhinjskog i vrtnog biootpada).

1. Kompostiranje u hrpama/ograđenom prostoru - najčešće

2. Vrtne komposterije - zbog nedostatka prostora

Kompostiranje u hrpama ili u ograđenom prostoru

Minimalna površina za kompostiranje je 2 m². Od oko 5 prostornih metara biootpada dobije se oko 2 prostorna metra komposta – dovoljno za kvalitetan uzgoj cvijeća i povrća u vrtu). Najpogodnije mjesto za kompostiranje je sjenoviti kut vrta/ dvorišta zaštićen od izravnih udara vjetra (izbjegavati mračna i hladna mjesta).

- U ograđeni prostor (drvena oplata, opeka ili dr.) na dno hrpe staviti usitnjenu granje (visina sloja do 15 cm).
- Na to dodati sloj lišća, a zatim slojeve biootpada, koje prethodno treba izmiješati i usitniti na komade manje od 5 cm (visina sloja oko 20 cm).
- Između slojeva biootpada nasuti tanki sloj vrtne zemlje ili svježeg komposta.
- Postupak ponavljati dok kompostna hrpa ne dosegne visinu od 1,2 m.
- Zgotovljenu hrpu prekriti materijalom (jutena vreća, slama ili sl.) koji propušta zrak, smanjuje isušivanje i gubitak topline, onemogućava ispiranje hranjivih sastojaka te sprječava raznošenje vjetrom).
- Kompostnu hrpu treba prevrtati radi prozračivanja, otklanjanja neugodnih mirisa i suvišne vlage – na početku najkasnije nakon 5-6 tjedana, poslije toga svaka 2 mjeseca.
- Nakon 3 do 4 mjeseca temperatura se smanjuje s 50-60°C na temperaturu okoline.
- Poslije 9 do 12 mjeseci kompost je zreo i treba ga prosijati (sito s veličinom rupa oko 1 cm). Veće komade koji su ostali na situ vratiti u proces kompostiranja.

Kompostiranje u vrtnom komposteru

Konstrukcijom tzv. brzih vrtних kompostera bitno je smanjeno isušivanje materijala i pretjerano ovlaživanje oborinama. Materijal se slaže u komposter na isti način kao i u bilo koji drugi ograđeni prostor. Radi dodatnog miješanja i prosijavanja, potrebno je barem dva puta godišnje komposter skinuti s kompostne hrpe

PELETIRANJE – BRIKETIRANJE

Tehnologija briketiranja - peletiranja je postupak prilikom kojeg se usitnjeni materijal pod visokim pritiskom pretvara u kompaktnu formu velike zapreminske mase, pogodne za dalju manipulaciju i korištenje. Konačan proizvod briketiranja naziva se briket.

Proces briketiranja primjenjuje se odavno u rudnicima uglja. Na klipnoj presi presuje se prašina i sitni otpaci od uglja. Reč „briquet“ na engleskom jeziku znači cigla ili opeka. Zbog toga briket može da bude u obliku opeke (prizmatičan) ili u obliku cilindričnog valjka. Riječ „pellet“ na engleskom znači loptica, kuglica ili valjak.

Pod briketima se podrazumeva proizvod tehnološkog postupka briketiranja - kompaktna forma biomase koja ima daleko veću zapreminsku masu, nego što je to zapreminska masa materijala biomase od koga je briket napravljen. Standardom D.B9.021. se pod energetske briketom podrazumeva proizvod dobijen postupkom briketiranja lignoceluloznog materijala. Sam postupak briketiranja se sastoji u sabijanju lignoceluloznog materijala u što manju zapreminu pomoću sistema presa.

Podjela peleta se može izvršiti prema namjeni, obliku, kvalitetu, zapreminskim masama i broju komponenata koji ga čine na sljedeći način:

1. prema namjeni na:

- energetske;
- za organsko đubrivo;
- za stočnu hranu;

2. prema obliku na:

- brikete - koji u poprečnom preseku mogu biti kružni, poligonalni i drugi, obrazujući na taj način obla - cilindrična tela ili uglasta tijela oblika prizme, poliedra i dr., obično se koriste u energetske svrhe;
- pelete - u obliku lopte, tetraedra, kocke, oktaedra i dr., obično se koriste za prehranu domaćih životinja;

3. prema zapreminskim masama na:

- teške brikete (čija je zapreminska masa preko 1000 kg/m³);

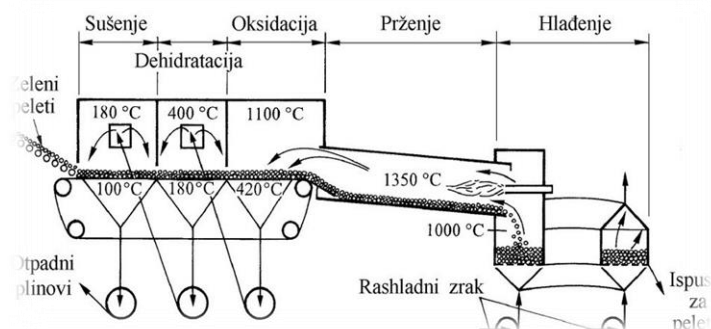
- lake brikete (do max. 400 - 650 kg/m³);
4. prema broju komponenata koji učestvuju u formiranju briketa na:
- jednokomponentne brikete načinjene samo od biomase (gde može biti zastupljena samo jedna ili više vrsta masa biljnog porekla u njenom sastavu);
 - kompozitne brikete, kada se osnovnoj biomasi mogu dodavati jedna ili više aditivnih komponenata koje nisu biljnog porekla u cilju poboljšavanja termičkih, fizičkih, mehaničkih ili estetskih svojstava

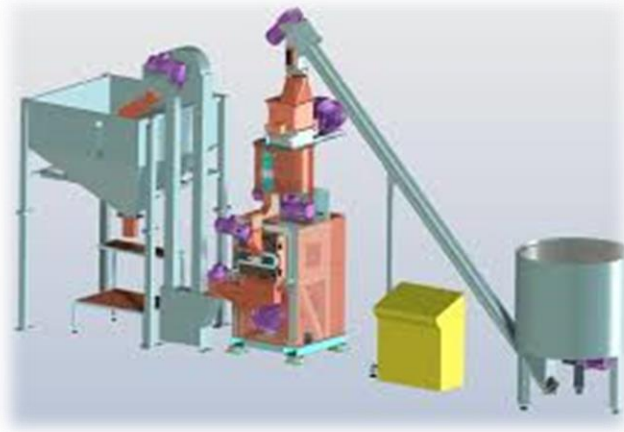
Šta je to briketiranje / peletiranje?

Briketiranje-peletiranje lignocelulozne biomase je jedna od najvažnijih primjena biomase radi efikasnije primjene u termoenergetske svrhe. U pitanju je smanjenje zapremine rastresite biomase, radi lakše manipulacije i efikasnijeg sagorjevanja u kotlovima na čvrsto gorivo. Od ukupnog kapaciteta cjelokupne biomase u BiH, koja iznosi preko 10 miliona tona, na drvo i na drvnu biomasu otpada 0.5 miliona tona drvene biomase. Što se tiče poljoprivredne biomase, od blizu 12 miliona tona, 25% ove biomase je prilagođeno za termoenergetke potrebe, odnosno za proces briketiranja, ili proces peletiranja.

Po ekonomskoj klasifikaciji sistema za alternativne izvora energije, upotreba biomase radi dobijanja peleta (briketa) koje se mogu koristiti za sagorjevanje u posebnim pećima je najisplativiji vid alternativnog izvora energije. Ova činjenica važi zahvaljujući velikoj potražnji na domaćem i stranom tržištu, zbog čega je visoka otkupna cijena ovog proizvoda. Ovaj obnovljiv izvor energije koji koristi ligno-celulozne ostatke kao resurse iz proizvodnih aktivnosti koji se dobijaju od:

- Proizvoda dobijenih aktivnostima u oblasti šumarstva (piljevina iz prerade drveta...)
- Ostaci dobijeni aktivnostima u oblasti šumarstva (strugotine i grane drveća...)
- Proizvodi od zemljoradnje (slama, kukuruzovina, ljuska suncokreta, silosna prašina...)





Slike br 5, 6, 7 (prikaz procesa peletiranja i izgled krajneg produkta tj peleta)

Upotreba dobijenih peleta (briketa):

Dobijene pelete ili brikete koriste se za:

- zagrijavanje prostora u domaćinstvima i zgradama korištenjem briketa i peleta od biomase
- proizvodnju električne energije
- daljinsko grijanje - posebno u dijelovima BiH, gdje još uvek nije razvijena gasna mreža, i gdje se za potrebe daljinskog grijanja koriste mazut i ugalj; u ovim slučajevima bi se uz korištenje fosilnih goriva mogla koristiti i biomasa-pelete ili bi se mogla izvršiti potpuna zamjena goriva.

ZAKLJUČAK

Upotrebom biootpadnih materijala omogućavamo veliku uštedu novca, resursa, okoline i vremena.

Postoji nekoliko različitih vrsta otpada, a jedan od njih je i biološki otpad. Ono po čemu se ova vrsta otpada toliko razlikuje od ostalih jest činjenica da je jedino biološki otpad razgradiv u prirodi. Zahvaljujući sastavu, najmanje šteti okolišu i prirodi, a gotovo uopće ne zagađuje okoliš.

Biootpad je kuhinjski otpad (ostaci od pripreme hrane) i vrtni ili zeleni otpad. Čini gotovo trećinu kućnog otpada i vrijedna je sirovina za proizvodnju kvalitetnog biokomposta. Najbolje je da se biootpad biološki prerađuje na mjestu njegovog nastanka kompostiranjem.

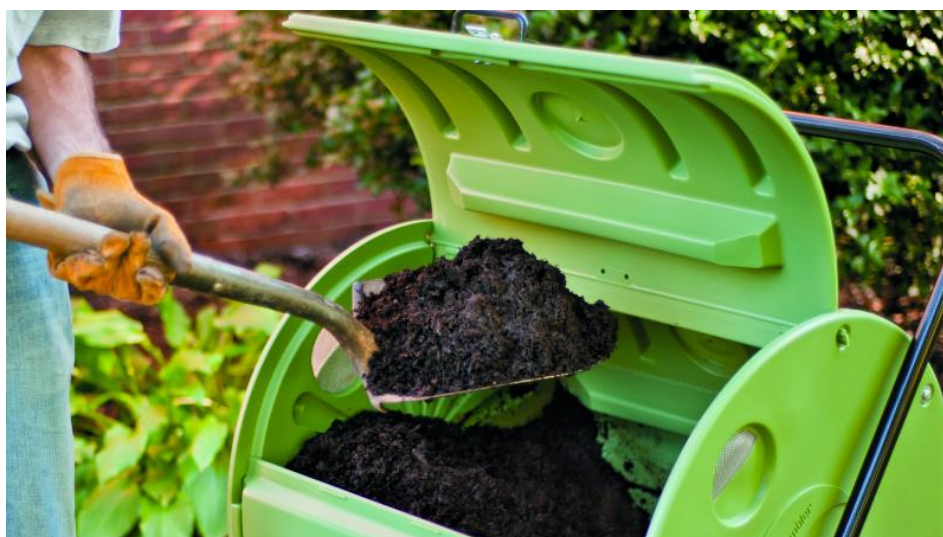
Ponovna upotreba otpada je višekratno korištenje proizvoda za istu ili neku drugu svrhu. Time se izbjegava odbacivanje proizvoda nakon njegove primarne upotrebe. Pri tome je poželjno proizvod koristiti u istom obliku, bez prethodne obrade.

Po ekonomskoj klasifikaciji sistema za alternativne izvora energije, upotreba biomase radi dobijanja peleta (briketa) koje se mogu koristiti za sagorjevanje u posebnim pećima je najisplativiji vid alternativnog izvora energije. Ova činjenica važi zahvaljujući velikoj potražnji na domaćem i stranom tržištu, zbog čega je visoka otkupna cijena ovog proizvoda.

UVOD

Godinama i decenijama čovjek se neodgovorno ponaša prema svojoj životnoj okolini. Zagađuje je stvaranjem divljih deponija sa ogromnom količinom organskog i neorganskog otpada.

Shvativši da na taj način ugrožava i sebe samog, pokušava da ublaži negativne posljedice takvog ponašanja sprovodeći mnoge akcije radi očuvanja prirode. U nekim zemljama su uvedene tačno definisane metode i zakoni. Jedna od široko zastupljenih metoda je kompostiranje kojim se dobija kompost, proizvod koji neki nazivaju „crno zlato“. Važnost ovog procesa potvrđuje se time što se i u školama (npr. u Engleskoj) uči kako se pravilno sprovodi kompostiranje.⁶⁴



Slika 1 - Kompost (Izvor: <https://mantis.com/composting/>)

Generalno, kompost je dobar iz dva vrlo uvjerljiva razloga. Neophodan je za vrt i ekološki je prihvatljiv. Najvažnija ekološka prednost je da kompostiranje može značajno smanjiti količinu otpada iz dvorišta i hrane koja bi se inače našla u smeću i na odlagalištima. Jedan od sjajnih aspekata kompostiranja jeste da su ključni sastojci stvari koje biste inače bacili.⁶⁵

⁶⁴ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija.

⁶⁵ <https://mantis.com/composting/> (Pristup: 1.6.2020.)

KOMPOSTIRANJE

Svjedoci smo skoro svakodnevnih divljih deponija, a često su takvi prizori prisutni i u dnevnoj štampi. Vremenom su ljudi postali sve odgovorniji i svjesniji, pa su saznali da se u tom otpadu nalaze sirovine koje nisu „naplaćene“, odnosno iskorištene. Širom svijeta ljudi su organizovano pristupili i postigli značajne rezultate u preradi otpada. Cilj većine zemalja u svijetu jeste napredak i bolji život, a toga nema bez novih znanja. Osim toga, jedan od ciljeva je i da se sačuva životna okolina. Ako se ne nauči koristiti otpad, zagadit će se životna okolina, a zapravo ga možemo koristiti na razne načine, tj. možemo ga „naplatiti“. Jedan od najpoznatijih načina danas u svijetu jeste kompostiranje.⁶⁶



Slika 2 - Deponija otpada

(Izvor: <https://www.nytimes.com/2020/04/27/world/asia/indonesia-jakarta-trash-mountain.html>)

Najjednostavnije rečeno, kompostiranje je prirodan proces razlaganja organskog materijala namijenjen ekološkoj preradi domaćeg gnojiva s visokim udjelom humusa. Zapravo to je prirodni proces razlaganja i recikliranja organske materije i njenog pretvaranja u krajnji proizvod koji se naziva kompost, a to je ekološki najprihvatljivije organsko gnojivo. Kompostiranjem se rješava problem organskih ostataka iz kuhinje i vrta, a u isto vrijeme se dobiva kvalitetno organsko gnojivo kojim će se obogatiti zemlja u vrtu. Zemlja obogaćena na taj način će ojačati biljke koje će zbog toga biti otpornije na određene štetnike i bolesti. Hrana uzgojena bez hemijskih sredstava ima bolji kvalitet i nema štetnih utjecaja na zdravlje ljudi. Kompostiranje je dakle jedan zatvoreni krug saradnje čovjeka i okoliša u kojem svi profitiraju. Kod izrade komposta treba posvetiti pažnju odabiru idealnog položaja u vrtu, tipu kompostera, te na vrstu otpada koji odlažemo

⁶⁶ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija.

na kompostnu hrpu. Zavisno od godišnjeg doba i klimatskih uslova, treba voditi računa o vlazi, zračenju, te o temperaturi komposta.⁶⁷

Proces kompostiranja treba razmatrati kao postupak gajenja mikroorganizama. Iako se kompostiranje odvija vijekovima, tek u novije vreme se pristupilo bližem proučavanju ove pojave da bi se odgovorilo na koji način se može smanjiti količina organskog otpada putem bržeg razlaganja. Istraživanja su dokazala da se ovaj proces, koji dugo traje, može ubrzati i poboljšati smišljenim postupcima koji nam sada stoje na raspolaganju.



Slika 3 - Kružni tok biootpada (Izvor: <https://www.emteh.hr/kompostiranje-bio-otpada/>)

Razumijevanje procesa kompostiranja je važno za nastajanje proizvoda visokog kvaliteta i radi sprječavanja pojave operativnih problema.

Mikroorganizmi i beskičmenjaci koji razlažu stajnjak i druge organske ostatke na farmi zahtijevaju kisik i vodu i proizvode kompost, SO₂, toplotu i vodu. Organski otpad obezbeđuje hranu (azot i ugljik) neophodnu mikroorganizmima da bi efikasno vršili razlaganje. Ovo povećanje temperature dovodi do pojačanog isparavanja vode koje se za vrijeme hladnijih dana može vidjeti kao magla koja se diže sa kompostne gomile. Približavanjem procesa kraju (poslije nekoliko mjeseci, do godinu dana, a i više u zavisnosti od kompostnog materijala i načina praćenja procesa) temperatura kompostne gomile se ponovo približava temperaturi okolnog vazduha.

⁶⁷ <https://homeogarden.com/hr/portfolio-posts/kompost-sve-male-tajne-pravilnog-kompostiranja/> (Pristup: 1.6.2020.)

Kompostiranjem dolazi do smanjivanja zapremine kompostnog materijala. Do ove redukcije dolazi zbog oslobađanja SO₂, vode i drugih gasova u atmosferu. Dalje smanjivanje dolazi sa pretvaranjem kompostne mase u kompost, u kome se ne može prepoznati struktura početnog materijala. Krajnji proizvod kompost sastavljen je od mikroorganizama i beskičmenjaka, njihovih skeleta i produkata razlaganja i organske materije koju ovi organizmi nisu mogli da razgrade. Zreli kompost ima mnoge karakteristike humusa, koji je organski dio zemljišta.



Slika 4 - Kompostna gomila (Izvor: <https://gospodarski.hr/casopis/izdanja-2020-casopis/broj-8-od-01-05-2020/sto-trebate-znati-o-kompostiranju-u-vrtu/>)

Brzina kojom se kompost stvara kao i temperatura tokom kompostnog procesa zavise od mnogih faktora o kojima će se diskutovati. Po završetku kompostiranja, kompostna gomila se smanji po zapremini za 20-60%, sadržaj vlage je ispod 40%, a težina je smanjena 50%. pH vrednost dobijenog komposta je oko 7, znači neutralna, a odnos ugljenika prema azotu (C/N) treba da je ispod 80 : 1. Karakterističan, nepoželjan miris, koji se redovno javlja u početnom materijalu, menja se u miris koji podseća na miris zemlje.⁶⁸

⁶⁸ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija.

IZVORNI „MATERIJALI“ ZA KOMPOSTIRANJE

Osnovni uslovi potrebni za proces kompostiranja su zrak, vlaga i toplina. Kompostna hrpa mora biti prozračna, kako bi se spriječilo vrenje. Kod većih količina ostataka, kompostna hrpa se mora redovno prozračivati, odnosno prevrtati. Količina vlage zavisiće od vrste otpada i o vremenskim uslovima. Kompost će trebati ponekad zaliti, a ponekad zaštititi od padavina. Temperatura unutar kompostne hrpe može dostignuti 70°C. Temperaturu proizvode mikroorganizmi prerađujući „hranu“ – ugljik i azot iz razgrađenog bio otpada.

Omjer ugljika i azota u kompostnoj hrpi bi trebao biti otprilike 3:1 u korist ugljika. Ako se ne može postići takav omjer, ugljik bi trebao biti više prisutan u odnosu na azot. Zeleni otpad sadrži više azota (ostaci trave, voća i povrća, talog čaja i kafe, gnoj).⁶⁹

Materijali koji se koriste za kompostiranje mogu se podijeliti na više načina, a osnovni uslov je da otpaci moraju biti zdravi, porijeklom od organski proizvedenih sirovina, a dodavanje stimulatora razgradnje mora biti u skladu sa standardima za organsku proizvodnju.⁷⁰

Materijali koji se smiju i ne smiju kompostirati

Jedan od najjednostavnijih načina podjele materijala za kompostiranje je podjela na materijale koji se smiju i materijale koji se ne smiju kompostirati. Pravilan odabir materijala za kompost, te njegovo pravilno odlaganje važni su preduslovi za proizvodnju visokokvalitetnog komposta. Veći ostaci se trebaju usitniti (na nekoliko centimetara) zbog ubrzavanja razgradnje. Otpad iz vrta i kuhinje se na kompostnu hrpu slaže u tanjim slojevima, a potom se lagano zalijeva vodom.⁷¹

Kompostirati se smiju:

1. Ostaci iz vrta – pokošena trava, lišće, uvelo cvijeće, korov, usitnjeno granje;
2. Kuhinjski ostaci – sirovi ostaci povrća, kora krompira, ostaci voća, usitnjene kore agruma, talog kafe, ostaci čaja, ljuske jaja;
3. Ostalo – životinjska dlaka, perje, male količine papira, pepeo drvenog uglja ili drva;
4. Teško razgradivi ostaci – čepovi od pluta, ljuske oraha, kosti (ne preporučuje se stavljati velike količine ovih ostataka zbog toga što se teško razgrađuju);⁷²

⁶⁹ <https://homeogarden.com/hr/portfolio-posts/kompost-sve-male-tajne-pravilnog-kompostiranja/> (Pristup: 2.6.2020.)

⁷⁰ <http://www.ekocrep.eu/kompost-materijal-za-kompostiranje/> (Pristup: 3.6.2020.)

⁷¹ <https://homeogarden.com/hr/portfolio-posts/kompost-sve-male-tajne-pravilnog-kompostiranja/> (Pristup: 3.6.2020.)

⁷² <http://www.ekocrep.eu/kompost-materijal-za-kompostiranje/> (Pristup: 3.6.2020.)



Slika 5 - Materijal za kompostiranje (Izvor: <https://homeogarden.com/hr/portfolio-posts/kompost-sve-male-tajne-pravilnog-kompostiranja/>)

Kompostirati se ne smiju:

1. Ostaci iz vrta – osjemenjeni korovi, lišće oraha, bolesne biljke;
2. Kuhinjski ostaci – ostaci kuhanih jela (privlače štakore), meso, kosti;
3. Ostalo – velike količine novinskog papira, časopisa u boji, pelene, pseći i mačji izmet, izmet općenito, ostaci duhana, sadržaj vrećica iz usisivača, pepeo kamenog i smeđeg uglja za roštilj (zbog sadržaja teških metala);
4. Ostaci koji sadrže hemikalije – stari lijekovi, ulja, plastične ambalaže, obojeno i impregnirano drvo, stiropor;

Može se kompostirati pod određenim uslovima:

1. Meso i kosti – u svakom ih slučaju treba pokriti, jer mogu privući male životinje;
2. Korov sa sjemenom i bolesni dijelovi biljke – pod uslovom da je temperatura u kompostu viša od 50°C treba ih staviti u unutrašnjost kompostne hrpe;
3. Ostaci jestivog ulja – samo u malim količinama;
4. Nebojeni papir ili karton – papir ili karton u boji može u sebi sadržavati teške metale;
5. Ostaci domaćih životinja – ali ne ako je životinja bolesna ili zaražena;
6. Pepeo – upotrijebiti samo pepeo od drveta i to u manjim količinama;
7. Kore južnog voća – u većini slučajeva su prskane;

8. Ljuske oraha, lišće hrasta, oraha i kestena – treba im dosta vremena da se raspadnu;⁷³

Mikrobiološka aktivnost se odvija na površini čestica materijala koji se kompostira. Površina materijala koji se kompostira može biti povećana sjeckanjem na manje dijelove. Povećavanjem površine omogućava se mikroorganizmima da svare više materijala, da se brže razmnožavaju i stvore veću toplotu.

Što više ima manjih čestica, veća će biti biološka aktivnost i brzina kompostiranja. Danas postoje različiti uređaji koji mogu da samelju ili isjeckaju kompostni materijal prije deponovanja na gomilu za kompostiranje.⁷⁴

Podjela materijala za kompostiranje prema načinu odvijanja procesa humifikacije

Sljedeća podjela materijala za kompostiranje jeste prema načinu odvijanja procesa humifikacije, a materijali se dijele u tri osnovne grupe.

Te grupe su:

1. Teško razgradive tvari – kosti, perje, dlake, rožnate tvari;
2. Tvari koje imaju sposobnost apsorpcije vode i hranjiva – zemlja, pepeo, mulj;
3. Tvari koje potiču raspadanje – fekalije, vapno, ekskrementi domaćih životinja, mineralna gnojiva;⁷⁵

Podjela materijala za kompostiranje s obzirom na komercijalnu i proizvodnju komposta za vlastite potrebe

Materijali za kompostiranje se još dijele i s obzirom na komercijalnu, ali i proizvodnju komposta za vlastite potrebe, a materijali se mogu podijeliti u četiri osnovne grupe.

Te grupe su:

1. Grupa – najčešće korišteni ostaci
 - Lucerka (bogata azotom);
 - Kukuruzni oklasci (male hranidbene vrijednosti, zahtijevaju usitnjavanje);
 - Trava (bogata dušikom i kalijem);
 - Lišće širokolisnih kultura (povoljan sadržaj hranjiva, potrebno usitnjavanje);

⁷³ <http://www.ekocrep.eu/kompost-materijal-za-kompostiranje/> (Pristup: 4.6.2020.)

⁷⁴ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija.

⁷⁵ <http://www.ekocrep.eu/kompost-materijal-za-kompostiranje/> (Pristup: 4.6.2020.)

- Treset (siromašan hranjivima, sporo se raspada);
- Borove iglice (siromašne hranjivima, sporo se razgrađuju, sadrže toksične rezidue);
- Piljevina (siromačna azotom, sporo se razgrađuje, može sadržavati toksične elemente, kisele je reakcije);
- Morske trave (umjerena hraniva vrijednost, bogate kalijem, visokog saliniteta, želatinozne);
- Slama (vrlo mali sadržaj hranjiva);
- Korovi (umjereni sadržaj hranjiva, treba izbjegavati korove s klijavim sjemenkama);
- Drvo (nizak sadržaj hranjiva, sporo se razgrađuje);
- Tlo (korisno kao izvor hranjiva i mikroorganizama, pomaže zadržavanju vode, osigurava hranjiva, dovoljno je 2 – 10% tla u kompostnoj hrpi);

2. Grupa – industrijski ostaci

- Voćni trop (umjerena biljno – hranid -bena vrijednost, sjemenke mogu preživjeti kompostiranje);
- Krvno brašno (bogato azotom);
- Ljuske graha (visok sadržaj hranjiva);
- Gradsko smeće (mala do srednja hranidbena vrijednost, novine i karton bogat celulozom);
- Ostaci prehrambene industrije (graška, paradajza, žitarica, povoljna biljno – hranidbena vrijednost, ali mogu sadržavati tehnološke kontaminante);
- Mulj otpadnih voda (dobre biljno – hranidbene vrijednosti, može sadržavati teške metale i antibiotičke kontaminante);

3. Grupa – tvari koje povećavaju biljno – hranidbenu vrijednost komposta

- Koštano brašno (dodaje se zbog fosfata, ali se polako raspada, pa je količina oslobođenog fosfora mala);
- Organska gnojiva (nezavisno od porijekla, male su do umjerene biljno – hranidbene vrijednosti);
- Sirovi fosfati (slabo topljivi);
- Pepeo drveta (izvor kalija, kalcija i drugih hranjiva, u početku može dovesti do velikog porasta pH vrijednosti čak od 9 – 10);

4. Grupa – tvari koje služe za uklanjanje viška kiselosti

- Thomasov fosfat (snižava kiselost, ali i osigurava biljna hranjiva);

- Vapnenac (izvor je kalcija, a što je jače ustinjen to je učinkovitiji);
- Dolomit (osigurava kalcij i magnezij, a potrebno ga je usitniti);
- Pepeo drveta (u samom početku primjene je jako bazičan);⁷⁶



Slika 6 - Materijali koji se trebaju i ne trebaju kompostirati (Izvor: <https://www.tes.com/lessons/Jjp6kvXiosjaLA/poster-on-composting>)

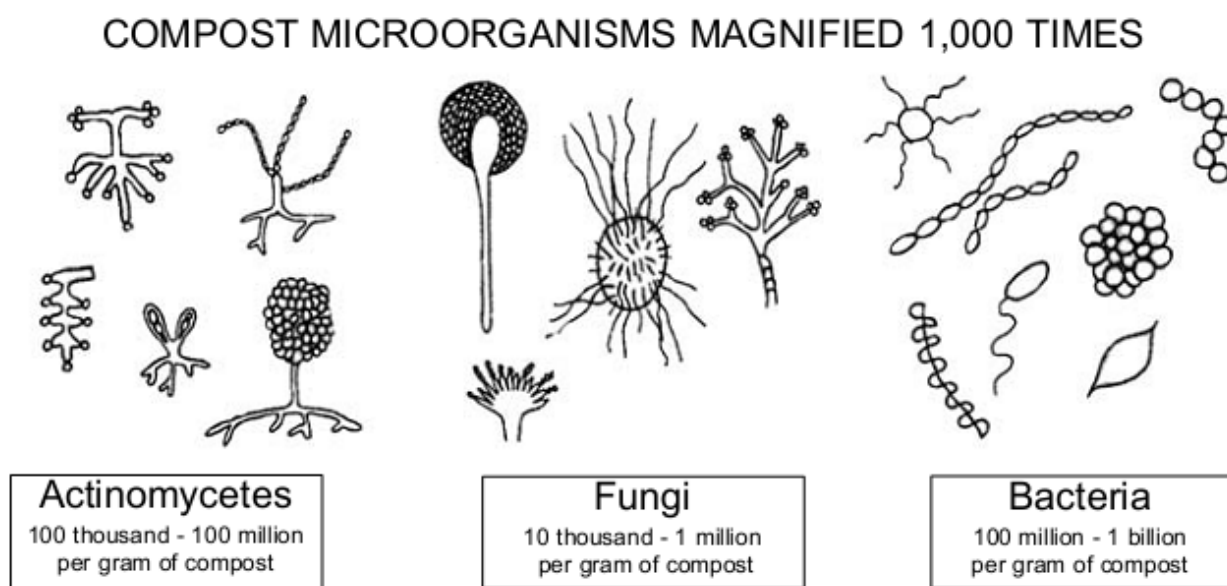
⁷⁶ <http://www.ekocrep.eu/kompost-materijal-za-kompostiranje/> (Pristup: 4.6.2020.)

MIKROORGANIZMI U KOMPOSTIRANJU

Mikroorganizmi i beskičmenjaci kojih ima u prirodi predstavljaju prirodne razlagače koji „napadaju“ organski otpad i kompostiraju ga. Ovi mikroorganizmi obuhvataju bakterije, plijesni i gljive aktinomicete protozoe. Sitni beskičmenjaci kao što su grinje, stonoge, insekti, kišne gliste i puževi, primarni su za fizičko razlaganje. Oni razgrađuju otpad i transportuju mikroorganizme sa jednog mjesta na drugo.

Brzina kojom se organski materijal razlaže zavisi od vrste razlagača i tipa organskog materijala koji se kompostira, kao i od metoda kompostiranja.

Različiti razlagači „napadaju“ različit organski materijal pod različitim temperaturama, a što je različitija mikrobska populacija, bolji su rezultati. Ako uslovi sredine postanu nepovoljni za određenog razlagača, taj organizam postaje dormantan, izumire ili se premiješta u mnogo povoljniji dio gomile. Aktivnost na razlaganju se smanjuje kada mikroorganizmi ne mogu lako da konzumiraju preostali organski materijal.⁷⁷



Slika 7 - Mikroorganizmi koji učestvuju u procesu kompostiranja (Izvor:

<https://sabacooperative.wordpress.com/permaculture-compost-microorganisms/>)

⁷⁷ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija.

Mikroorganizmi kao što su bakterije, gljive i antinomicete smatraju se najvećim razlagačima i uzročnicima povišenja temperature koja nastaje u kompostnom procesu. Nekim mikroorganizmima je potreban kisik, a nekima nije. Oni kojima je potreban kisik poželjniji su za kompostiranje. Različiti mikroorganizmi žive u različitim temperaturnim režimima.

Aerobni i anaerobni mikroorganizmi

Aerobni mikroorganizmi žive u sredinama gdje je nivo kisika veći od 5%. U svježem vazduhu ima približno 21% kisika. Ovi mikroorganizmi su mnogo povoljniji, jer obezbjeđuju brzo i efikasno kompostiranje.

Nasuprot ovim organizmima, anaerobni organizmi se razvijaju kada u kompostnoj gomili nedostaje kisik. Razlaganje putem anaerobnih mikroorganizama naziva se fermentacija. Anaerobni uslovi su nepoželjni u kompostnoj gomili. Neki od proizvoda anaerobnog razlaganja (vodik - sulfid i drugi) stvaraju neprijatan miris. Pored toga, anaerobnim procesom se stvaraju kiseline i alkoholi koji su štetni za biljke.⁷⁸

Aerobni mikroorganizmi i temperatura

Od svih mikroorganizama, aerobne bakterije su najvažniji inicijatori razlaganja i porasta temperature u kompostnoj gomili. Psihrofilne bakterije su aktivne na nižim temperaturama od 5°C. Mezofilne bakterije su najaktivnije na temperaturama između 10 i 15°C, da bi na temperaturama od 50°C i više, najviše došle do izražaja termofilne bakterije. Između ovih graničnih vrijednosti postoje mnogi sojevi bakterija.

Početna temperatura kompostne gomile je slična temperaturi okolnog vazduha. Ako je temperatura kompostne gomile niža od 21°C, psihrofilne bakterije počinju razlaganje. Njihova aktivnost stvara neznatnu toplotu i prouzrokuje povećanje temperature kompostne gomile koja sada pogoduje aktivnosti mezofilnih bakterija. Zahvaljujući aktivnosti mezofilnih bakterija dolazi do bržeg razlaganja i povećanja temperature kompostne gomile, pa se stvaraju uslovi za razvoj termofilnih bakterija u kompostnoj gomili. Kasnije, sa smanjivanjem termofilnih bakterija u kompostnoj gomili, dolazi i do snižavanja temperature, tako da mezofilne bakterije ponovo postaju dominantne.

Prednost visokih temperatura jeste u tome što dolazi do uništavanja sjemena korova i patogenih organizama koji prouzrokuju bolesti kod biljaka i ljudi. Sa druge strane, umjerena temperatura omogućava razvoj aerofilnih bakterija koje su neefikasniji razlagači. Mnogi razlagači su uništeni na temperaturama iznad 60°C. Rast i pad temperature tokom procesa kompostiranja zavise od materijala koji se kompostira, od metoda kompostiranja i od raspoloživosti vode koja isparavanjem hladi materijal koji se kompostira.⁷⁹

⁷⁸ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija.

⁷⁹ Izvor: Marjanović V., Mančić A., Cvejić M. (2008): Kompostiranje. Demokratska stranka / Istraživačko – izdavački centar, Beograd, Srbija



Slika 8 - Bakterije pod mikroskopom (Izvor: <https://lavandamia.hr/blog/savjeti/crijeвне-bakterije-mogu-uzrokovati-autoimune-bolesti-21/>)

PROCES KOMPOSTIRANJA

Približno trećinu kućnog otpada čini biološko – organski otpad, kao što su trava, lišće, cvijeće, ostaci povrća i voća i slično. Prikupljeni ostaci biljaka nisu smeće već su visoko vrijedna sirovina za proizvodnju komposta. Kompostiranje je prirodan proces razgradnje biomase i događa se svuda oko nas, mehaničko – biološka obrada otpada, razgradnja biootpada uz pomoć živih organizama, najstariji i najprirodniji način recikliranja otpada i egzotermni aerobni proces razlaganja organske tvari uz djelovanje različitih mikrobni populacija u određenom vremenskom periodu.

Produkti kompostiranja su ugljikov dioksid, voda, toplina i kompost. Kompost je tamnosmeđi zrnati produkt sličan humusu. To je smjesa organskih ostataka iz gospodarstva, kućanstva i naselja, prerađena radom mikroorganizama i faune, a služi kao organsko gnojivo.⁸⁰

Kompostiranje se može provoditi kao:



Slika 9 - Slojevi u kompostnoj gomili (Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-kompostiranje-i-gospodarenje-tlom/>)

1. Kompostiranje u vlastitom vrtu;
2. Zajedničko kompostiranje, npr. u naselju;
3. Kompostiranje u velikoj kompostani;

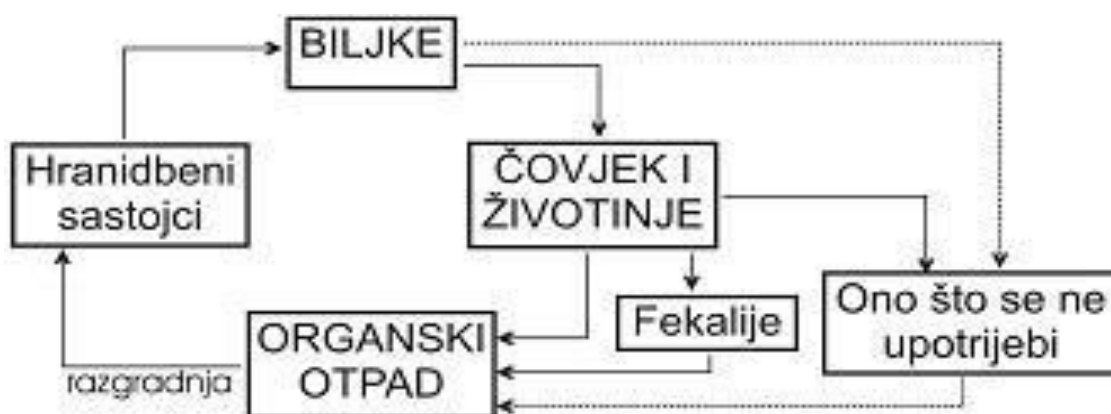
Proces kompostiranja se odvija u pet osnovnih faza, a te faze su:

1. Prikupljanje i razvrstavanje biootpada – iz otpada treba ukloniti sve ono što se ne može kompostirati. Kuhinjski otpad se odlaže u smeđi komposter. Ostali biootpad se stavlja direktno u komposter. Komposteru mogu biti različitog oblika i od različitih materijala. Idealno mjesto je u polusjeni, zaštićeno od vjetra. Moraju stajati uvijek na tlu. Dobro je imati bar dva kompostera ili još bolje tri.
2. Prosijavanje i miješanje biootpada – otpad treba usitniti na veličinu čestica 4 – 7 cm što omogućava dobro prozračivanje, miješanje i prodor mikroorganizama. Na taj način se osigurava dovoljno zraka i hrane za mikroorganizme. Meki dijelovi (vodenasti ostaci voća i povrća, pokošena trava, lišće) i tvrdi dijelovi biljaka

⁸⁰ Izvor: Zbrinjavanje otpada – Interni materijal 2020.

(drvenaste komponente, slama) miješaju se u približno jednakim omjerima. U ovoj fazi se može podesiti i stepen vlage.

3. Biološka razgradnja otpada – stvaranje komposta. Ako se kompostiranje provodi u kompostnim hrapama na otvorenom biološka razgradnja traje 4 – 6 sedmica, prozračivanje se obavlja ručnim miješanjem komposta. Ako je kompostiranje u zavrenom sistemu, vrijeme biološke razgradnje je kraće, a miješanje je mehaničko.
4. Zrenje komposta – je završni stepen stabilizovanja komposta, jer ako kompost nije dovoljno zreo mogao bi iz tla ukloniti azot. Razdoblje zrenja traje oko dvije sedmice. Zreo kompost ima ujednačen izgled, grumenast izgled tamne boje, miris po šumskoj zemlji i ne mogu se prepoznati početne tvari.
5. Dogotavljanje komposta – obuhvata sušenje komposta. Za poljoprivredu i cvjećarstvo suši se kako bi imao manje od 30% vlage. Važna je i konzistencija komposta pa se vrši prosijavanje zbog uklanjanja većih komada ostataka. Ako se pakuje u male kese može se pripremiti i u obliku zrnaca. Ako se kompost koristi za popunu tla ne mora se dogotavljati.⁸¹



Slika 10 – Kružni tok tvari u prirodi (Izvor: Interni material)

⁸¹ Izvor: Zbrinjavanje otpada – Interni materijal 2020.

METODE KOMPOSTIRANJA

Osam metoda kompostiranja smatraju se najčešće korištenim metodama kompostiranja u poslovnom ili kućnom okruženju.

Tradicionalno kompostirane u dvorištu se obično postiže:

1. Kompostiranjem na otvorenom zraku (vruće kompostiranje) – je tradicionalno rečeno gomila zelene i smeđe materije u vašem dvorištu. To je uglavnom mjesto izgrađeno od svega što je ljudima na dohvat ruke, što je jeftino i lako za sastaviti. Kompostiranje na otvorenom se općenito smatra metodom vrućeg kompostiranja. Neki ga često nazivaju i hladnim kompostiranjem kada se koriste manje količine otpada jer ne stvara istu količinu topline.;
2. Izravno kompostiranje (kompostiranje u zemlji) – predstavlja jednostavno kopanje rupe ili rova u zemlji u koje se zakopavaju ostaci. To je najstarija i najučinkovitija metoda kompostiranja, ali kao i sve druge metode kompostiranja i ona ima svoja ograničenja. Najveći problem predstavlja to što treba dosta vremena da se sve razgradi, ukoliko se svi ostaci ne usitne.;

Novije metode kompostiranja su:

3. Kompostiranje prevrtanjem (oblik vrućeg kompostiranja) – za mnoge ljude ovo je odličan sistem ako su jaki i vole ga okretati svaki dan ili svakih nekoliko dana. Za druge ljude je naporan rad, posebno ako se time bave godinama. Ovo može biti dobar sistem ako postoji velika količina zelenog i smeđeg otpada za odlaganje i prostor za njega.;

4. Kompostiranje pomoću crva – za mnoge je ovo najčešći i najomiljeniji izbor kompostiranja. Farme crva s emogu koristiti čak i kada osoba nema vrt. Većina ljudi je u nekom trenutku pokušala napraviti vlastitu farmu crva s različitim stepenima uspjeha, koristeći bilo šta što smatraju da je jeftino. Najbolje vrste crva za ovaj način kompostiranja su crveni crvi (*Lumbricus rube do llus*) i tigrasti crvi (*Eisenia fetida*), jer se u idealnim uslovima brzo razmnožavaju, 8 do 1500 crva. Također, često se upotrebljavaju i grupe *Pontoscolex corethrunus* ili *Pheretima* koje se često nalaze u vrtovima. Ribolovni crvi nisu dobri za kompostiranje.;
5. EMO kompostiranje (kompostiranje uz pomoć bakterija) – ovo je sistem koji se obično koristi za kompostiranje u zatvorenom prostoru. Najčešći proizvod koji koristi EMO je Bokashi, ali mogu ga koristiti i drugi unutrašnji sistemi, dok postoje i neki sistemi koji upotrebljavaju karbonski filter u poklopcu i filtriraju mirise.;
6. Kombinovano kompostiranje – ovo je kombinovana metoda kompostiranja na otvorenom, izravnog kompostiranja, vermikompostiranja i EMO kompostiranja. Detaljno se čisti jednom godišnje, brži je i zahtijeva manje rada od većine ostalih kompostera.;
7. Komercijalno kompostiranje – razlikuje se od kompostiranja u dvorištu i koristi različite materijale. Kompost se izrađuje u dugim redovima koristeći različite materijale, a okreće se svaka 3 do 4 dana i uglavnom je spreman kroz 6 sedmica za pakovanje. U jeftinom komercijalnom kompostu nema mnogo hranivih vrijednosti. Jeftini komercijalni kompost je dobro punilo za podignute vrtne krevete. Ako se kupuje kompost komercijalne kvalitete za uzgoj nečega, najbolje je kupiti visokokvalitetnu smjesu za razmnožavanje.;
8. Mehaničko kompostiranje – ovo je učinkovita metoda kompostiranja koja koristi električnu energiju za stvaranje potrebne topline i rotacije sadržaja potrebnih za stvaranje polu – kompostiranog otpada uglavnom u roku od 24 sata. Ovaj sistem kompostiranja odgovara restoranima, hotelima, motelima, bolnicama, školama, vrtićima i svim drugim velikim ustanovama koje stvaraju puno više otpada nego mala domaćinstva.⁸²

⁸² <https://www.directcompostsolutions.com/8-methods-composting/> (Pristup: 6.6.202.)



Slika 11 - Kompostiranje ostataka hrane (izvor:

<http://nepagoogreen.blogspot.com/2015/07/the-takakura-home-method-of-composting.html>)

Elementi koji su potrebni u većini sistema kako bi se proizveo kompost su:

1. Zrak – kompost treba prozračiti ili stvoriti anaerobno okruženje za bakterije koje proizvode neugodne mirise i privlače štetnike;
2. Voda – nužno je da kompost ostane vlažan;
3. Ostaci povrća – bitno je da bi se dobio organski bogat kompost;
4. Crvi – razgrađuju kompostirane tvari i biljaka pružaju hranjive tvari potrebne za njihov rast;
5. Mješavima ugljika i azota (smeđi i zeleni otpad) – bitno je za stvaranje odgovarajuće temperature za stvaranje komposta iz zelenog otpada i ubijanje sjemena i bolesti;
6. Bakterije (EMO) – razgradit će hranu prije nego što je crvi pojedu;
7. Ostale korisne bube – žohari i drugi insekti koji pomažu u procesu raspadanja;⁸³

⁸³ <https://www.directcompostsolutions.com/8-methods-composting/> (Pristup: 6.6.2020.)

NAČINI KORIŠTENJA KOMPOSTA U AGRIKULTURI I HORTIKULTURI

Kompostiranje je kontrolisana mikrobiološka razgradnja gomile složenih organskih materijala u djelomično razgrađene rezidue, koje nazivamo kompost. U osnovi, proces čine mikroorganizmima potaknuta humifikacija i mineralizacija organske tvari.

Obogaćivanje tla hranjivima i organskom tvari primjenom komposta u poljoprivredi se primjenjuje od kada je ljudske civilizacije, tj. poljoprivrede. Prvi pisani trag o primjeni komposta u poljoprivredi potiče iz pradavne 1149. godine, kada je Chen Fu definisao metodu kompostiranja u svojoj knjizi „Chenfu Agricultural Book“. Od tada, pa do kraja II Svjetskog rata primjena raznih oblika komposta je bio jedan od glavnih načina ishrane biljaka. Završetkom II Svjetskog rata i prenamjenom vojen industrije u agrohemijsku poljoprivrednu industriju, primjena komposta naglo se smanjila.

Krajem 20. stoljeća, a posebno u ovom stoljeću zbog problema u okolišu koje je uzrokovala konvencionalna poljoprivreda zbog prevelike primjene agrohemijskih sredstava, a i zbog promjena odnosa ruralnog i urbanog stanovništva primjena komposta u poljoprivredi sve je izraženija i o njoj se sve više afirmativno govori.



Slika 12 - Gomila komposta (Izvor: <https://sophiespatch.com.au/2018/10/06/organic-matter-obsession/>)

Istovremeno, količine otpada koje se stvaraju iz dana u dan zbog povećanja broja stanovništva sve su veće. Od prahistorije svi koji su se bavili kompostiranjem slažu se da je kompost nezamjenjiv na obradivim površinama, s obzirom da osigurava biljkama hranu i što je važnije poboljšava strukturu tla i mikrobiološku aktivnost tla. Za razliku od mineralnih gnojiva koja se moraju kupiti, organski vrtni i kuhinjski biološki otpad stalno je dostupan i lako se može pretvoriti u materijal koji poboljšava navedene parametre tla. Iako sirovine koje se koriste za izradu komposta ne podliježu Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13.) kompostiranje se uklapa u koncept održivosti, jer se od otpada dobiva novi visoko vrijedni proizvod. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/14.) reguliše koncentraciju onečišćenja koja je dozvoljena u gnojivima, odnosno u kompostu. U Zakonu o gnojivima i poboljšivačima tla (NN 163/03., 40/07., 81/13., 14/14.) definisana je primjena komposta u poljoprivredi.⁸⁴

Pravi stepen zrelosti komposta najjednostavnije je utvrditi izgledom i mirisom. Kada se u dubini komposta više ne mogu prepoznati početne tvari iz kojih je napravljen i kada masa postigne ujednačen izgled, grumenast tamne boje, kada više ne pokazuje karakteristike tvari u raspadanju, te kada je postigao miris tipičan za šumsko tlo, može se bez sumnje utvrditi završetak cijelog procesa i tada je kompost spreman za primjenu u agrikulturi i hortikulturi.⁸⁵

⁸⁴ <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-kompostiranje-i-gospodarenje-tlom/> (Pristup: 7.6.2020.)

⁸⁵ <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-kompostiranje-i-gospodarenje-tlom/> (Pristup: 7.6.2020.)



Slika 13 - Miješanje u procesu kompostiranja (Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-kompostiranje-i-gospodarenje-tlom/>)

Upotreba komposta ima niz drugih prednosti koje proizilaze iz postupka kompostiranja. Oni uključuju stabilizaciju hranivih stajnjaka, a posebno smanjuju ispiranje dušika, pasterizacija kojom se izbjegavaju rizici od širenja štetočina, bolesti i korova koji su s tim povezani sa sirovom organskom materijom.⁸⁶

PRIMJENA KOMPOSTA

Stope primjene komposta, vrijeme uspostavljanja usjeva, sve su to faktori koji mogu utjecati na rezultate. Kompost se tradicionalno emitira i uključuje u neposrednoj blizini sadnje, međutim kad je kompost nezreo može stvarati probleme kod malih sjemenskih kultura. Da bi se „izvukla“ maksimalna korist od komposta, to zahtijeva redovnu, ponovljenu upotrebu. Kako se razvijaju organske tvari u tlu i mikrobna populacija, moguća je primjena gnojiva, navodnjavanja i pesticida.

Razine organskog ugljika u tlu su pod utjecajem:

- Vrste tla
- Upravljanje
- Klima

⁸⁶ Izvor: B. Paulin, P. O'Malley (2008): Compost production and use in horticulture. Department of Agriculture and Food. Western Australia, Perth. Bulletin 4746.

Kao i za sve, predložene su stope za upotrebu komposta u raznim hortikulturnim kulturama. Dodavanje gline, bilo izravno ili kao sastavni dio komposta, također će pomoći organskom nakupljanju materije. To je zbog pozitivnog utjecaja u stvaranju šireg raspona pora. Upotreba komposta u hortikulturi i agrikulturi u velikoj mjeri je pokazao njegov potencijal, poboljšavajući na taj način kvalitetu i performanse tla povećanjem razine organskog ugljika u tlu. Upravljanje, vrsta tla i klima utiču na razinu organskog ugljika u zemlji i određivat će koliko komposta je potrebno za održavanje zdravih i funkcionalnih tala.

Upotreba komposta u hortikulturi može značajno doprinijeti stalnom razvoju industrija koje se bave ovom proizvodnjom. Osim poboljšanja prinosa i smanjenja gnojiva, navodnjavanje i unos pesticida, kompost može minimalizirati štetne učinke svega navedenog.



Slika - Institut za hortikulturu (Izvor: <https://www.britannica.com/science/horticulture>)

Prednosti upotrebe komposta u hortikulturi:

- Smanjena nasipna gustoća, što rezultuje pojačanom aeracijom tla;
- Povećan kapacitet za izmjenu kationa ili sposobnost držanja kationa, kao što su kalij, kalcijum, magnezij, što objašnjava smanjenje potreba za kalijem za 20%;
- Stabilizuje pH vrijednost u neutralnom rasponu koji odgovara većini usjeva;

- Zadržavanje ukupnog azota,⁸⁷

ZAKLJUČAK

Danas je u svijetu potrebno poduzeti sve mjere koje bi na ekološki održivi način promicala svijest o potrebi dobrog upravljanja otpadom. Od svih danas poznatih vrsta i načina zbrinjavanja otpada, najekonomičniji i ekološki najprihvatljiviji je kompostiranje kao način upravljanja organskim otpadom. Potreba zaštite okoliša potaknula je svijest građana da počnu razmišljati o pretvaranju tzv. nekorisnog otpadnog prirodnog organskog materijala u oblik koji biljka može koristiti kao hranjivo. Gledati globalno, djelovati lokalno se itekako može, a kompostiranje je jedan od načina da se to uradi. Treba početi od sebe i od onoga što mi možemo učiniti. Trebamo promijeniti uobičajena shvatanja i iskorijeniti loše životne navike. Kažu, da su najjednostavnije rješenja, obično najbolja rješenja.

⁸⁷ Izvor: B. Paulin, P. O'Malley (2008): Compost production and use in horticulture. Department of Agriculture and Food. Western Australia, Perth. Bulletin 4746.

UVOD

Tehnologiju efektivnih mikroorganizama je razvio prof. Teruo Higa početkom '70-tih godina 20.st. na Sveučilištu Ryukyus, Okinawa, Japan. Prof. dr. Teruo Higa koji je otkrio, proučio i razvio EM koji se sastoji od raznih učinkovitih, korisnih i nepatogenih mikroorganizama proizvedenih prirodnim putem. Dolaze u tekućem obliku, imaju široku primjenu, nema negativnih učinaka, korisni su za biljke, životinje i ljude. Efektivni mikroorganizmi žive od našeg otpada, dok mi živimo od „njihovog otpada“ koji se jednostavno pretvara u zdrav okoliš za nas u kojem EM postaje inaktivan, dakle može se ostaviti uzajamna suradnja. Mikroorganizmi postoje, naravno, u cijeloj okolini od pukotina u stijinama pa do naših unutarnjih organa. U našem okruženju danas prevladavaju mikroorganizmi odgovorni za truljenje organske tvari koji uzrokuju bolesti kod organizmima. EM ima potencijal da suzbija mikroorganizme uzročnike truljenja i da ovisno o uvjetima dominira u ovoj sferi te reanimira okolicu kroz proces fermentacije za razliku od procesa truljenja, a živi organizmi, kao i anorganski materijali su u tom slučaju sposobni da spriječe propadanje materijala. Pod propadanjem materijala ovdje se misli na djelovanje aktivnog kisika ili slobodnih radikala kroz koje organizam i anorganski materijali korodiraju (npr. korozija željeza). EM se na taj način može smatrati i kao antioksidans.

Tehnologija bazirana na efektivnim mikroorganizmima se primjenjuje u preko 130 zemalja svijeta, a u 12 zemalja primjenjuje se kao državni program u ekološkom uzgoju i proizvodnji zdrave hrane. EM Tehnologiju mnogi smatraju i imuno sistemom Planete Zemlje jer njenom primjenom osiguravamo čistu vodu, tlo i zrak te zdravi razvoj ljudskog, biljnog i životinjskog svijeta. Moguće je neutralizirati štetno djelovanje teških metala, radijacije, elektromagnetskog zračenja, štetnih isparavanja i plinova nastalih kemijskim reakcijama u otpadnim vodama, odlagalištima otpada, industriji itd. Efektivni mikroorganizmi svojim antioksidacijskim procesima utječu na zdravlje kod ljudi, jačaju imunitet i u suradnji sa prirodnim procesima osiguravaju zdravo stanje organizma, otpornost na bolesti te usporavaju proces starenja (<http://emteh.hr/>, 2016.).

EM tehnologija se bazira na primjeni efektivnih mikroorganizama, njih oko 80 različitih postojećih vrsta. Među najučinkovitijim čimbenicima te mikrobne multikulture su:

- *bakterije mliječne kiseline (BMK) vrste: Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei, Streptococcus lactis;*
- *fotosintetske bakterije vrsta: Rhodospseudomonas palustris, Rhodobacter spaeroides;*
- *kvasci vrsta: Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis;*

- *aktinomicete vrsta: Streptomyces albus, Streptomyces griseus;*
- *plijesni vrsta: Aspergillus oryzae, Mucor hiemalis (Higa, 1995.)*

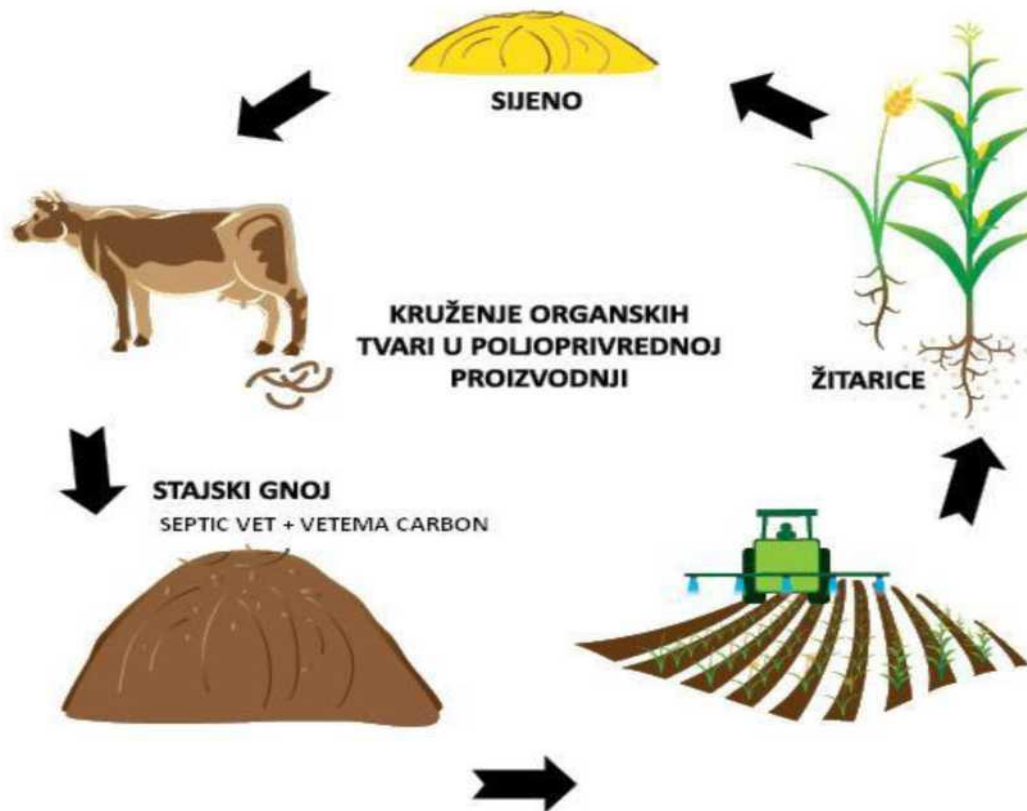
Osnova djelovanja efektivnih vrsta mikroorganizama njihova sposobnost stvaranja organskih kiselina, enzima, antioksidanasa i ostalih produkata metabolizma pomoću kojih složene organske tvari razlažu u jednostavne anorganske spojeve kao što su ugljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), amonijak (NH₃) i sl. od kojih neki služe kao hrana biljkama. (Higa i Chinen, 1998.)

KOMPOSTIRANJE GNOJA DOMAĆIH ŽIVOTINJA

Sav otpad organskog podrijetla može se kompostirati i na taj način značajno smanjiti količinu otpada i njegov odvoz, a osim toga kompostiranje omogućava vraćanje hranjivih tvari tlu te povećanje mikrobiološke aktivnosti tla. Kompostirati se može industrijski te kućanski otpad organskog podrijetla. Primjenom efektivnih mikroorganizama potiče se razgradnja organske tvari te ona ujedno teče i kontinuirano u cijeloj kompostnoj hrpi, čime se sprečavaju procesi truljenja i nastajanje neugodnih mirisa (Craford, 1983.).

Gnoj domaćih životinja je smjesa izmeta, mokraće i stelje, a uz vodik, kisik i ugljik najzastupljeniji elementi koje sadrži su dušik, fosfor, kalcij i kalij. Prosječno godišnje nastaje 5-8 m³ gnoja po grlu, s tim da odraslo govedo stvara i do 17 m³, a ovca ili koza do 1,5 m³ gnoja. Ova vrsta organskoga otpada odlaže se na velike hrpe i prepušta stajanju, kako bi mikrobiološkom aktivnošću tijekom najmanje godine dana prešla u stabilno stanje i mogla se iskoristiti kao organsko gnojivo. Međutim, ovakav gnoj je potencijalni nositelj uzročnika raznih oboljenja, a njegovom spontanom razgradnjom u biokemijskim reakcijama nastaju plinovi neugodnog mirisa (amonijak, sumporovodik, indol) koji mogu biti štetni i za okoliš. Stoga je puno prihvatljivija varijanta kompostiranje gnoja u kontroliranim uvjetima, kako bi se doveo u stabilno stanje i pretvorio u koristan proizvod koji će poslužiti kao poboljšivač tla.

Za pospješivanje ovoga procesa koristi se EM, koji značajno smanjuju vrijeme kompostiranja i djeluje na poboljšavanje kvalitete komposta. Kao supstrat za ovaj oblik kompostiranja, pored gnoja svih domaćih životinja (goveda, konji, ovce, koze, svinje, perad), mogu poslužiti i otpaci iz kućanstva, kukuruzovina, lišće, ostaci trave, sijeno i slama. Za tijek kompostiranja važan je odnos ugljika i dušika, aeracija, vlaga, kiselost i temperatura. Optimalni uvjeti za ovaj proces su: odnos ugljičnih i dušičnih tvari 30:1 u korist ugljika, vlaga od 55%, aeracija supstrata od 15 do 18% i pH vrijednost 6-8. U početku procesa kompostiranja prevladavaju mezofilne bakterije koje su aktivne na temperaturi od 20-45 °C, a zatim se temperatura kompostne mase penje na 50 °C, pri čemu se aktiviraju termofilne bakterije i gljivice koje razgrađuju i teže razgradljive tvari (pentozu, hemicelulozu). Pri kraju kompostiranja se masa hladi i kada temperatura padne ispod 40 °C mikrobiološka aktivnost gotovo prestaje. Rezultat ovoga procesa je kompost oplemenjen sojevima mikroorganizama, koji se može koristiti u gnojidbi tla.



Slika 1.

Kompostiranje gnoja domaćih životinja (<http://www.emteh.hr/kompostiranje-gnoia-domacih-zivotinja/>, 2016.)

KOMPOSTIRANJE KOMUNALNOG OTPADA

Komunalni otpad čine otpaci iz kućanstva, otpad nastao čišćenjem javnih površina, kao i otpad koji nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po svojstvima i sastavu slični otpadu iz kućanstava. Selektivnim odvajanjem organskog otpada iz ukupnog komunalnog otpada, količine otpada koje se moraju zbrinuti na odlagalištima

otpada smanjuju se za preko 30%. Obzirom da je organski otpad podložan nepoželjnim procesima, kao što je truljenje, pri čemu proizvodi stakleničke plinove i štetne procjedne vode, nužno ga je obraditi kompostiranjem. Kompostiranjem organskog otpada se u kontroliranim uvjetima odvija razgradnja organske tvari u stabilno stanje u kojemu dobivamo koristan proizvod koji može poslužiti kao poboljšivač tla. U procesu kompostiranja ključnu ulogu imaju

mikroorganizmi koji uz odgovarajući stupanj vlažnosti i kisika prerađuju organsku tvar u kompost. Na brzinu procesa kompostiranja ograničavajući činitelj je udjel ugljika i dušika u sastavu organske tvari, jer su ta dva elementa neophodna za mikrobiološku aktivnost i rast. Naime, ugljik (C) je izvor energije, a dušik (N) je neophodan za rast mikroorganizama koji sudjeluju u procesu kompostiranja organske tvari. Stoga dodavanje kultura mikroorganizama u kompostnu masu može značajno utjecati na brzinu kompostiranja i kvalitetu kompostne mase.

Prednosti primjene:

- ubrzava se proces razgradnje,
- spriječava se proces truljenja i pojava neugodnih mirisa,
- nadzor nad patogenim mikroorganizmima,
- kraće vrijeme kompostiranja, a manji troškovi kompostiranja,
- izbjegava se kontinuirano prevrtanje mase,
- finalni proizvod visoke kvalitete.

(<http://emteh.hr/kompostiranje-komunalnog-otpada/>, 2G16.)

Kompostiranje bio otpada

Biootpad je kuhinjski otpad (ostaci od pripreme hrane) i vrtni ili zeleni otpad. Čini gotovo trećinu kućnog otpada i vrijedna je sirovina za proizvodnju kvalitetnog biokomposta. Najbolje je da se biootpad biološki prerađuje na mjestu njegovog nastanka kompostiranjem. Kompostiranjem biootpada se u kontroliranim uvjetima odvija razgradnja organske tvari u stabilno stanje u kojemu dobivamo koristan proizvod koji može poslužiti kao poboljšivač tla. U procesu kompostiranja ključnu ulogu imaju mikroorganizmi koji uz odgovarajući stupanj vlažnosti i kisika prerađuju organsku tvar u kompost. Na brzinu procesa kompostiranja ograničavajući činitelj je udjel ugljika i dušika u sastavu organske tvari, jer su ta dva elementa neophodna za mikrobiološku aktivnost i rast. Naime, ugljik (C) je izvor energije, a dušik (N) je neophodan za rast mikroorganizama koji sudjeluju u procesu kompostiranja organske tvari. Stoga dodavanje kultura mikroorganizama u kompostnu masu može značajno utjecati na brzinu kompostiranja i kvalitetu kompostne mase.



Slika 2. Kompostiranje bio otpada (<http://www.emteh.hr/kompostiranje-bio-otpada/>. 2016.)

Kompostiranje organskog otpada iz vrtova

Kompostiranje je najstariji način recikliranja otpada. Radi se o postupku biološke razgradnje organskih materijala, čime se biološki otpad smanjuje, a kao rezultat toga nastaje kompost koji sadrži humus i druge hranjive tvari. Dolaskom jeseni u vrtovima i na okućnicama pojavljuje se obilje biljnih ostataka povrtnica i lišća drvenastih biljaka. To je idealan materijal za kompostiranje i na taj način se dobiva izvrsno gnojivo za gnojidbu povrtnica. Pomoću efektivnih mikroorganizama procesi kompostiranja se ubrzavaju. Kompost se obogaćuje korisnim mikroorganizmima i dobiva se visoko vrijedno hranjivo za biljke.

Prije samog procesa kompostiranja potrebno je znati: a strukturu kompostnog materijala, a količinu kompostnog materijala (godišnja), a lokalitet kompostiranja, a namjenu kompostnog materijala, a kako poboljšati kompostni materijala (C:N odnos).

Kompostiranjem iz organskog otpada nastaju vrijedne organske tvari koje poboljšavaju strukturu tla, pomažu zadržavanju vlage, tlo čine prozračnijim, povećavaju mikrobiološku aktivnost tla, obogaćuju ga hranjivim sastojcima te povećavaju otpornost biljaka na nametnike i bolesti. Kompostiranjem se biootpad aerobno razgrađuje pri čemu nastaje ugljikov dioksid, voda, toplina i kompost kao konačan produkt. Postupak kompostiranja traje relativno dugo, od 1G do 12 mjeseci, i ima tri glavne faze. Prva faza je faza razgradnje u kojoj glavnu ulogu imaju mikroorganizmi (bakterije i dr.). Oni prvi napadaju kompostnu masu i razgrađuju je i pritom se oslobađa velika količina topline (do 70°C na 1 m³ kompostne mase), koja uništava sjemenje korova i uzročnike bolesti. Druga faza je faza pretvorbe. U toj se fazi temperatura smanjuje, broj mikroorganizama se povećava, a kompostnu masu nastanjuju i prve gljivice, plijesni, kvasci

dr. Treća faza je faza izgradnje. U toj se fazi pojavljuju prvi višestanični organizmi (npr. gliste) koje miješaju i usitnjavaju materijal te koji probavom stvaraju tzv. kompostne grudice. Za kompostiranje nije potreban veliki prostor. Reciklažni kutak može se napraviti bilo gdje u vrtu, a korištenjem prikladnog spremnika za kompostiranje čak i na balkonu ili u garaži. Najpogodnije mjesto za kompostiranje je sjenoviti kut vrta/dvorišta zaštićen od izravnih udara vjetra (izbjegavati mračna i hladna mjesta).

Kompostirati možemo u hrpi koja može biti slobodnostojeća, ograđena drvom, ciglom, žicom ili u specijalnim komposterima koji se mogu kupiti u trgovini.



Slika 5. Proces kompostiranja

<http://www.civiggardencenter.org/green-learning-station/your-home/transform-trash-into-compost/>, 2G16.)

Odlagalište otpada

U razvijenim industrijskim zemljama godišnje nastaje 300-400 kg otpada po osobi. On se prikuplja i odlaže na odlagališta otpada. Odlagalište otpada predstavlja posebnu fazu u procesu gospodarenja otpadom. To je mjesto za trajno odlaganje otpadnog materijala, obično tako što se skuplja na jednu lokaciju i zatrpava. Otpad koji se odlaže biološki je vrlo aktivan. Kao produkt te aktivnosti stvaraju se različiti plinovi koji predstavljaju problem zbog mirisa i opasnosti od eksplozije. Kako bi se spriječila pojava neugodnih mirisa i ubrzao proces razgradnje primjenjuje se tehnologija efektivnih mikroorganizama.

Prednosti primjene:

- smanjenje neugodnih mirisa,
- ubrzava se proces razgradnje,
- nadzor nad patogenim mikroorganizmima.

Kompostiranje stajskog gnojiva

Korisni (efektivni) mikroorganizmi na kojima se zasniva EM tehnologija su mješavina različitih vrsta i sojeva mikroorganizama izdvojenih iz prirodnih staništa i uzgojenih tako da služe na korist čovjeku i životinjama koje uzgaja. Najvažniji od korisnih mikroorganizama su bakterije mliječne kiseline, kvasci i fotosintetičke bakterije. Gnojnicu u lagunama, odnosno stajski gnoj na hrpama možemo tretirati EM tehnologijom.

Primjena EM tehnologije u stočarstvu prvenstveno se bazira na:

- obradi organskog otpada (kompostiranju),
- eliminiranju neugodnih mirisa,
- obradi otpadnih voda,
- bioremedijacija okoliša.

Koliko će sam proces kompostiranja trajati ovisi prvenstveno o starosti odstajalog gnoja koji kompostiramo. Ukoliko je kompostni materijal već odstajao 2-3 mjeseca, tada se proces kompostiranja skraćuje i traje 2-3 mjeseca ovisno o sastavu materijala koji se kompostira. Primjenom EM tehnologije u procesu kompostiranja postizemo slijedeće prednosti:

- ubrzava se proces razgradnje,
- uklanjanje neugodnih mirisa,
- nadzor nad patogenim mikroorganizmima,
- ekonomičnost,
- skraćuje se vrijeme kompostiranja,
- nema pritužbi pučanstva,
- smanjuje gubitak vlage,
- nije potrebno kontinuirano prevrtanje mase.

Gospodarenje organskim gnojivima na farmama

Stočarska proizvodnja proizvodi velike količine organskog otpada bogatog hranjivim tvarima koji se može koristiti umjesto mineralnih gnojiva. Dakle organska gnojiva i drugi otpad sadrže vrijedna hranjiva za usjeve dušik (N) i fosfor (P). Premda su neophodni za rast usjeva, ujedno su i potencijalni izvor onečišćenja. Većina dušika (N), fosfora (P) i kalija (K) sadržanog u krmi za stoku izlučuje se kroz balegu i urin. Gnojovka i kruti gnoj sadrže korisne količine ovih biljnih hranjiva (iako ne toliko koliko mineralnih gnojiva), te drugih glavnih hranjiva poput sumpora (S), magnezija (Mg) i elemenata u tragovima (mikroelementi). Organska gnojiva treba aplicirati na poljoprivredna zemljišta u tijeku kalendarske godine

kada u njima sadržana hranjiva mogu biti najbolje iskorištena od strane uzgajane kulture (usjeva). To je posebno važno za tekući gnoj poput gnojovke, koja ima visoki sadržaj amonijskog dušika (50-70 %), koji prelazi u nitritni oblik za samo nekoliko tjedana i stoga može biti izgubljen ispiranjem. Primjena gnojovke ili krutog stajskog gnoja treba se provesti što je ranije moguće u razdoblju rasta s ciljem najvećeg prihvata hranjiva od strane usjeva i smanjenja opasnosti od onečišćenja. Idealno je kruti stajski gnoj i gnojovku primjeniti i odmah unijeti u tlo (oranjem, tanjuranjem ili frezanjem), neposredno prije sjetve ili sadnje usjeva.

ZAKLJUČAK

Značajnu ulogu u smanjenju onečišćenja ima EM tehnologija bazirana na primjeni efektivnih mikroorganizama. Od davnina se zna da je uloga mikroorganizama u okolišu značajna. Dinamičke interakcije između pojedinih mikrobnih populacija pridonose održavanju cijelog našeg ekosustava u različitim prebivalištima: voda, zrak, tlo. Efektivni mikroorganizmi djeluju na posve prirodan način, nisu genetski modificirani, a u potpunosti su neškodljivi i prihvatljivi za okoliš. EM tehnologija kvalitetna je i jeftina nadopuna koja može poboljšati bilo koju od postojećih metoda zbrinjavanja otpada, prvenstveno neutralizacijom neugodnih mirisa, štetnih plinova i procesa koji se javljaju na odlagalištima. Stoga ova tehnologija spada u sveobuhvatne metode poljoprivrednog uzgoja, kakve bi trebale prevladati u budućnosti. Uzgoj kultura pomoću ove tehnologije superioran ju u odnosu na uobičajene poljoprivredne metode bilo u klasičnom, integriranom ili ekološkom (organskom) uzgoju, jer poboljšava proizvodnju u kvalitativnom i kvantitativnom smislu.

UVOD

Napredak u tehnologiji i veliki rast svjetskog stanovništva doveli su do povećane potražnje za plastičnim materijalima koji se primjenjuju u svim područjima svakodnevnog života, u industriji i u poljoprivredi (Tokiwa i sur. 2009., Orhan i sur. 2004.). Plastika je naziv za niz umjetno stvorenih dugolančanih polimera koji se uglavnom dobivaju iz materijala dobivenih prilikom prerade nafte. U svijetu se proizvodi oko 140 milijuna tona sintetskih polimera godišnje, od čega se oko 30% koristi za pakiranje proizvoda kao što su hrana, lijekovi, kozmetički proizvodi, deterdženti i kemikalije, a ta potrošnja raste oko 12% godišnje. Plastični materijali su za potrebe pakiranja proizvoda zamijenili papir i druge proizvode od celuloze zbog svojih povoljnih osobina kao što su mehanička, kemijska i toplinska svojstva, te stabilnost i otpornost (Shah i sur. 2008.). Većina tih polimera je izuzetno stabilna i ne ulazi u cikluse razgradnje u biosferi, te se nakupljaju u okolišu. Zbog toga se u novije vrijeme javio veliki problem onečišćenja okoliša otpadnim plastičnim materijalima (Shimao 2001.).

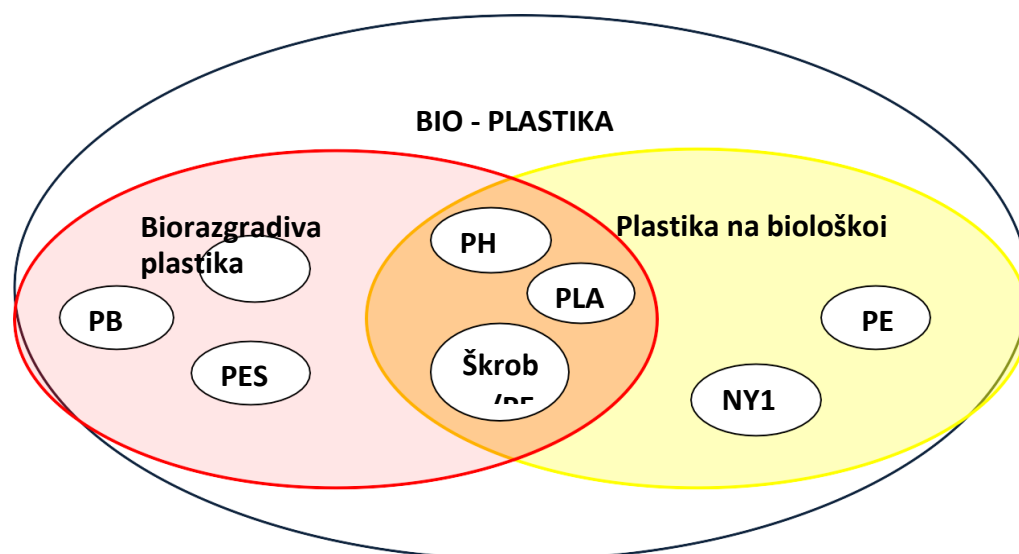
Plastični otpad se zbrinjava na odlagalištima otpada, spaljivanjem ili recikliranjem. Nepravilno zbrinuta plastika štetno utječe na biljke i životinje u prirodi (npr. morske životinje se mogu ugušiti plastičnim vrećicama) a ima i negativan estetski utjecaj na izgled gradova i šuma. Također, prilikom spaljivanja nekih vrsta plastika, primjerice PVC - a, nastaju trajna organska zagađivala kao što su furani i dioksini (Shah i sur. 2008.). Plastični otpad čini između 20 i 30 % komunalnog otpada te predstavlja veliki problem za odlagališta takvog otpada. Naime, čovječanstvo danas stvara enormne količine otpada pa smještaj i kapacitet odlagališta otpada postaje sve veći problem, posebno u gradskim područjima. Za postizanje odgovarajućeg kapaciteta odlagališta otpada trebala bi se smanjiti količina proizvedenog otpada, a onaj dio koji dolazi na odlagalište bi trebao biti razgradiv. Budući da su plastični materijali vrlo teško razgradivi, smatra se da oni trajno ostaju na odlagalištu, te tako značajno smanjuju vrijeme trajanja odlagališta otpada (Ishigaki i sur. 2004.).

Zbog svih navedenih razloga zadnjih tridesetak godina se počelo intenzivno istraživati biorazgradive polimere. Želi se postići veća i brža razgradivost postojećih polimera ili razviti alternativne polimere koji bi bili biorazgradivi, a imali sva pozitivna svojstva postojećih plastičnih materijala. (Tokiwa i sur. 2009., Shah i sur. 2008., Orhan i sur. 2004., Shimao 2001.).

Cilj ovog rada je prikazati najznačajnije vrste biorazgradive plastike i mehanizme njezine razgradnje, te prikazati biorazgradivost bakterija koje razgrađuju takvu plastiku.

BIORAZGRADIVA PLASTIKA

Biorazgradivu plastiku možemo svrstati u širu kategoriju bio - plastike. Bio - plastika se sastoji od biorazgradive plastike i plastike na biološkoj bazi (ona koja se proizvedena iz biomase ili obnovljivih izvora). U biorazgradivu plastiku se ubraja i plastika proizvedena iz fosilnih goriva i plastika na biološkoj bazi, ako su podložne biološkoj razgradnji. Neke plastike proizvedene na biološkoj bazi nisu podložne biološkoj razgradnji. Međudnos biorazgradive plastike i plastike na biološkoj bazi prikazan je na Slici 1. Može se vidjeti da neke vrste plastike proizvedene na bazi nafte, kao što su polikaprolakton (PCL) i poli(butilen sukcinat) (PBS), mogu biti biorazgradive. Poli(hidroksibutirat) (PHB), polimer mliječne kiseline (PLA) i uklopine škroba su proizvedene iz biomase ili obnovljivih izvora te su stoga biorazgradive. Međutim, i polietilen (PE) i najlon 11 (NY11) mogu biti proizvedeni iz biomase ili obnovljivih izvora, ali nisu biorazgradivi (Tokiwa i sur. 2009.).



Slika 1. Bio - plastiku čine biorazgradiva plastika i plastika na biološkoj bazi (prilagođeno prema Tokiwa i sur. 2009.).

Neke od biorazgradivih plastika se proizvode iz obnovljivih izvora i zbog toga smanjuju emisiju stakleničkih plinova. Primjerice, polihidroksialkanoati i mliječna kiselina (materijali potrebni za proizvodnju PLA) se proizvode fermentacijom proizvoda agrikulture pomoću mikroorganizama. Biorazgradiva plastika se može reciklirati u korisne metabolite (monomere i oligomere) pomoću mikroorganizama i enzima, a ti metaboliti se apsorbiraju u prirodni okoliš i na taj način povećavaju plodnost tla. Biorazgradiva plastika ima i drugih prednosti, smanjuje nakupljanje glomaznog plastičnog otpada u okolišu i smanjuje troškove upravljanja otpadom (Tokiwa i sur. 2009.).

Plastike dobivene iz obnovljivih izvora

Najvažnija skupina plastika dobivenih iz obnovljivih izvora su polihidroksialkanoati (PHA). To je naziv za linearne prirodne poliestere (monomeri povezani esterskom vezom) koji nastaju bakterijskom fermentacijom šećera i lipida, a bakterijama služe kao zaliha ugljika i energije (<http://en.wikipedia.org/wiki/Polyhydroxyalkanoates>). Organizmi koji proizvode ove spojeve, mogu ih i razgrađivati, ali ne nužno ako se ti spojevi nalaze izvan stanice. Za ekstracelularnu razgradnju polihidroksialkanoata potrebni su hidrolitički enzimi esteraze, koji su sveprisutni u živom svijetu. Najpoznatiji spoj iz skupine PHA je poli(3 - hidroksibutirat) (PHB) koji je privukao pažnju znanstvenika jer se može proizvesti iz prirodnih rezervi hrane uz minimalan utjecaj na okoliš, a može biti biološki razgrađen u aerobnim i anaerobnim uvjetima bez nastanka štetnih spojeva. Proizvod razgradnje PHB je R - 3 - hidroksi - maslačna kiselina. Još jedan spoj iz skupine PHA koji se koristi za proizvodnju biorazgradive plastike je poli(3 - hidroksibutirat - co - 3 - hidroksivalerat) (PHBV) (Tokiwa i sur. 2009., Shah i sur. 2008., Shima 2001.).

Polimer mliječne kiseline (PLA) je također biorazgradiva plastika koja se dobiva fermentacijom škroba iz obnovljivih izvora. Dobiva se katalitičkom polimerizacijom mliječne kiseline ili polimerizacijom laktida uz otvaranje prstena u prisutnosti katalizatora. Vjeruje se da se u životinjskom i ljudskom tijelu PLA razgrađuje ne - enzimskom hidrolizom, ali su identificirani i enzimi koji ju mogu razgrađivati: proteinaza K, pronaza i bromelain (Tokiwa i sur. 2009., Shima 2001.). PLA se koristi za proizvodnju čaša, plastičnih poslužavnika i različitih spremnika, te se smatra da bi za mnoge primjene ova plastika mogla zamijeniti polistiren i PET (polietilen tetaftalat) (Shah i sur. 2008.).

Plastike dobivene iz fosilnih izvora

Od mnogo vrsta plastike koje se svrstavaju u ovu skupinu ukratko će biti opisane samo biorazgradive plastike dobivene iz fosilnih izvora koje su u najčešćoj upotrebi. Poli(butilen sukcinat) (PBS) je biorazgradiv alifatski sintetski polimer odličnih mehaničkih svojstava, sličnih polietilenu niske gustoće. Temperatura taljenja mu je visoka, 112 - 114 °C (Tokiwa i sur. 2009.). Primjenjuje se za izradu plastičnih prekrivala za biljke u staklenicima i plastenicima, različitih ambalaža, vrećica i higijenskih proizvoda. Biološka razgradnja PBS-a počinje hidrolizom esterskih veza, pri čemu se smanjuje molekulska masa polimera i omogućuje daljnja mikrobiološka razgradnja. SK Chemicals (Koreja), vodeći proizvođač PBS-a, navodi da se u jednom mjesecu razgradi 50 % filma PBS -a debljine 40 μm (Shah i sur. 2008.). Poli(etilen sukcinat) (PES) je također kemosintetski proizveden polimer visoke temperature taljenja (103 - 106 °C), međutim njegova biološka razgradnja jako ovisi o okolišnim čimbenicima (Tokiwa i sur. 2009.).

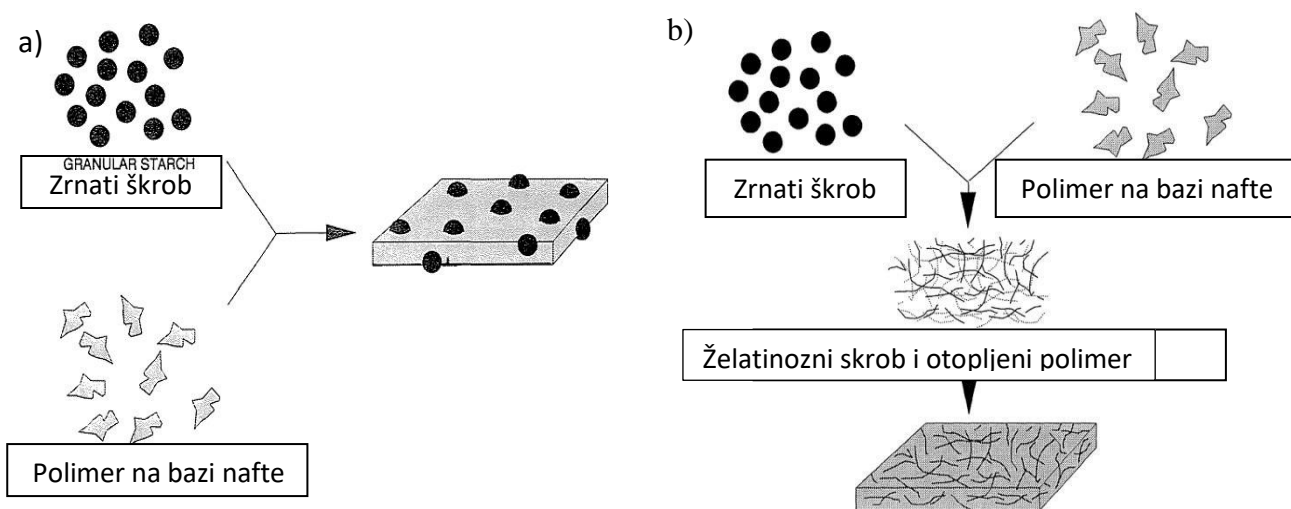
Polikaprolakton (PCL) je biorazgradivi sintetski djelomično kristalinični poliestar s niskom temperaturom taljenja (60 °C). Proizvodi se polimerizacijom ε - kaprolaktona. Mikroorganizmi koji ga razgrađuju su rasprostranjeni u prirodi i biološka razgradnja ovog spoja je laka. Enzimi koji razgrađuju PCL su lipaze i esteraze (Tokiwa i sur. 2009., Shima 2001.).

Smjese polimera

Većina biorazgradivih plastika koje trenutno postoje na tržištu su skupe i zbog toga im je primjena vrlo ograničena. Kako bi se smanjili troškovi proizvodnje takve plastike osmislio se postupak miješanja polimera, kojim se omogućuje kombinacija skupog polimera sa jeftinijim, ali i brzo postizanje željenih svojstava polimera. Kako bi konačni proizvod

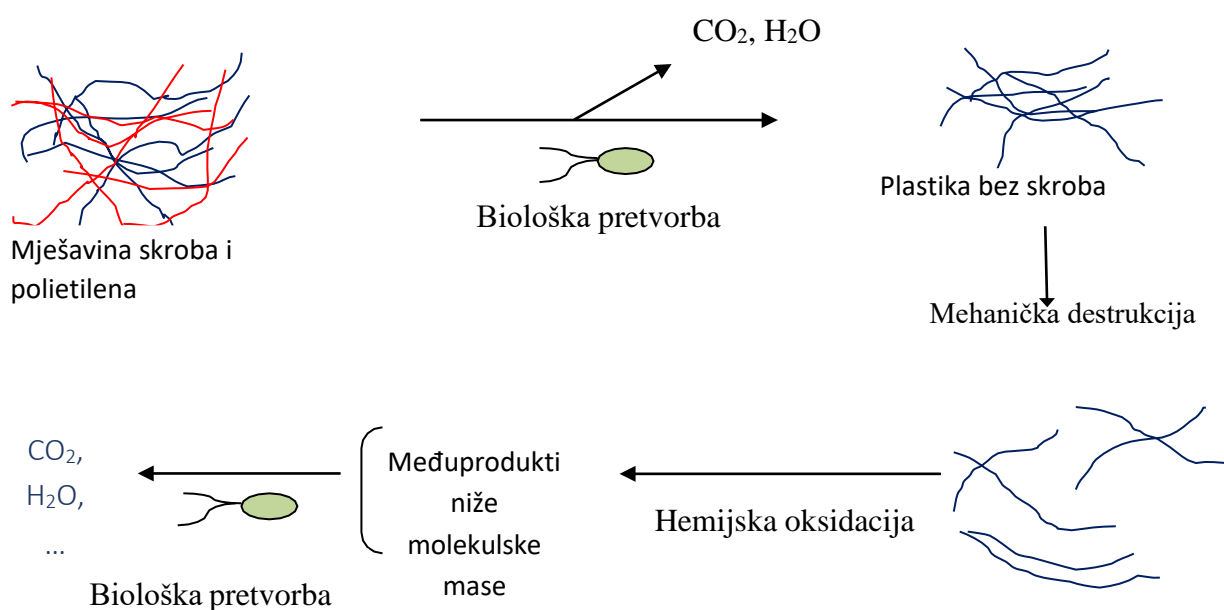
imao odgovarajuća svojstva, polimeri od kojih se sastoji moraju se moći dobro međusobno stopiti (Tokiwa i sur. 2009.). Često se ovako miješaju dva polimera koja su različito podložna biorazgradnji, a brzina razgradnje je kontrolirana razgradnjom komponente koja se lakše biološki razgrađuje (Shah i sur. 2008.).

Škrob je vrlo povoljna sirovina za izradu biorazgradivih smjesa polimera jer je jeftin, dolazi iz obnovljivih izvora i dostupan je cijele godine (Tokiwa i sur. 2009.). U zadnje vrijeme se puno radi na istraživanju mješavine polietilena i škroba. Polietilen je dugolančani polimer građen od monomernih jedinica etilena i to je jedna od najčešće korištenih plastika. Problem je što je polietilen jedan od najinertnijih sintetskih polimera i smatra se da nije biološki razgradiv. Ako se biološka razgradnja i događa, ona ide u dva koraka. Prvo mora doći do abiotičke oksidacije, a tek nakon što tako nastanu manji dijelovi polimera ili se stvore nove funkcionalne skupine, dolazi do mikrobiološke razgradnje (Hrenović i sur. 2010.). Kako bi se riješio problem velikih količina inertnog polietilena koji se nakuplja u okolišu, razvijene su metode miješanja polietilena sa škrobom. Griffin je razvio postupak ugrađivanja zrnatog škroba u plastičnu foliju (Slika 2. a)). Ovako proizvedena plastika sadrži 6 - 12 % škroba. Drugi postupak je razvio Otey; miješanjem želatiniziranog škroba s rastopljenom polietilenom, dobio je ravnomjerniju raspodjelu škroba u plastičnom matriksu (Slika 2. b)). Ovom tehnologijom se može dobiti plastika koja sadrži 20 - 50 % škroba (Gould i sur. 1990.).



Slika 2. Proizvodnja mješavina plastike i škroba prema Griffinu (a) i Oteyu (b) (preuzeto iz Gould i sur. 1990.)

Međutim, brojna istraživanja su pokazala da ovakve smjese polietilena i škroba nisu biorazgradive u punom smislu te riječi. Mikroorganizmi mogu razgraditi mrežu škroba u tim mješavinama, ali okosnica polietilena ostaje netaknuta i nakon dužeg vremena. Ipak, brzo uklanjanje škroba dovodi do mehaničkog slabljenja polietilenskog matriksa koji je onda podložan bržem fizičkom uništavanju (Shah i sur. 2001., Orhan i sur. 2004., Gould i sur. 1990.). No, ako se u takvu plastiku dodaju prooksidansi koji u određenim uvjetima stvaraju slobodne radikale, u polietilenskom lancu dolazi do oksidacije i promjena fizikalnih i kemijskih svojstava. Nakon takve oksidacije, može doći do mikrobiološke razgradnje i tog polietilenskog dijela smjese, te se tako postiže kvalitetnija biološka razgradnja i iz okoliša se mogu ukloniti veće količine ovog problematičnog polimera. Korištenjem mješavina škroba i polietilena se može i za 20 % smanjiti količina materijala koji puni smetlišta (Orhan i sur. 2004., Gould i sur. 1990.). Mehanizam bakteriološke razgradnje smjesa polimera prikazan je na Slici 3.

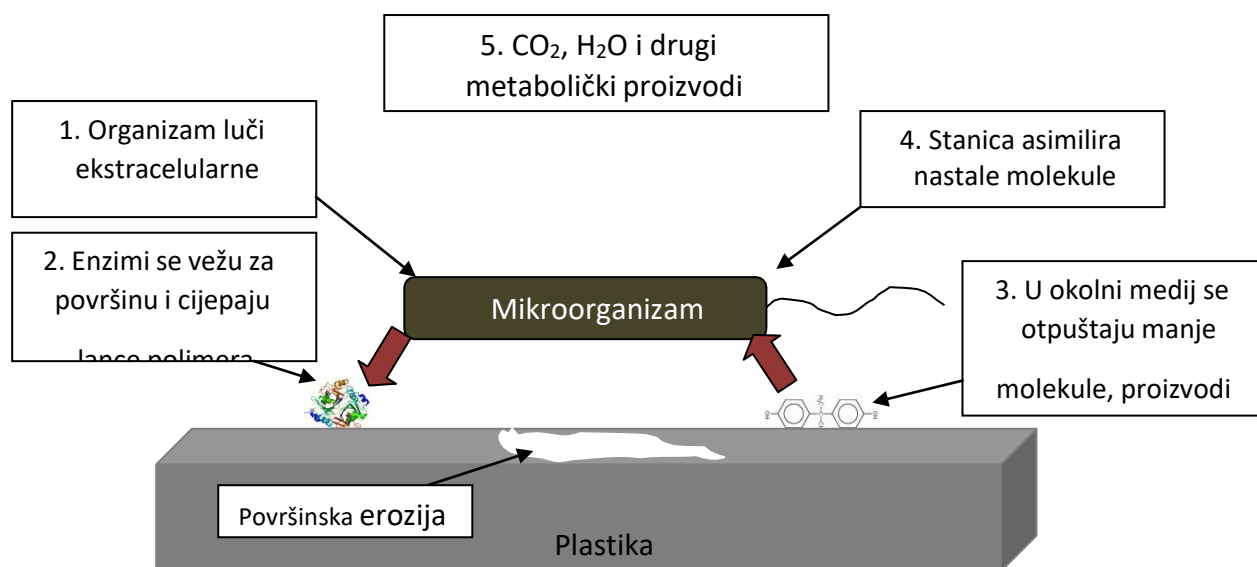


BIOLOŠKA RAZGRADNJA PLASTIKE

Razgradnjom plastike se smatra bilo koja fizikalna ili kemijska promjena u polimeru, a rezultat je okolišnih čimbenika kao što su svjetlost, toplina, vlaga, kemijski uvjeti i biološka aktivnost (Shah i sur. 2008., Orhan i sur. 2004.). Prilikom razgradnje dolazi do promjene svojstava polimera (smanjenje funkcionalnosti) zbog kemijskih, fizikalnih ili bioloških reakcija koje su dovele do cijepanja kemijskih veza u polimeru. Mijenjaju se mehanička, optička ili električna svojstva polimera, dolazi do pucanja, erozije, promjene boje, odvajanja faza i delaminacije polimera. Biološka razgradnja je podvrsta razgradnje, a definiramo ju kao proces kojim se organske tvari razgrađuju pomoću živih organizama. Uz nju se često spominje i pojam biološka mineralizacija, proces pretvorbe organskih tvari u minerale. Neki autori pod pojmom mineralizacija smatraju pretvorbu organskih molekula do vode, ugljikovog dioksida i metana. U biološkoj razgradnji plastike (prirodne i sintetske) najznačajniju ulogu imaju mikroorganizmi, i to bakterije i gljive (Shah i sur. 2008.). Upotreba bioloških čimbenika, kao što su gljive i bakterije, za razgradnju ili detoksikaciju zagađivala u nekom okolišu naziva se bioremedijacijom (Nester i sur. 2004.).

Polimeri su vrlo velike molekule i ne mogu slobodno difundirati kroz staničnu membranu, pa da bi polimer mogao biti biološki razgrađen on se prvo mora pretvoriti u manje fragmente, monomere ili dimere, koji se dalje razgrađuju do krajnjih produkata. Tu početnu razgradnju može izazvati niz fizikalnih faktora kao što su promjena temperature ili vlažnosti polimera, no za mikrobiološku razgrađuju plastike najvažniji su enzimi. Mikroorganizmi stvaraju dva tipa enzima koji su važni za biološku razgradnju, a to su ekstracelularne i intracelularne depolimeraze. Ekstracelularni enzimi (egzoenzimi) se izlučuju izvan stanice izravno na supstrat i razgrađuju ga na manje fragmente koji su dovoljno mali da difundiraju kroz polupropusnu staničnu membranu. Taj proces se naziva depolimerizacija, a enzimi depolimeraze. Nastali oligomeri, dimeri i monomeri se u stanici razgrađuju pomoću intracelularnih enzima, sve do H₂O, CO₂ i/ili CH₄. Općeniti mehanizam biološke razgradnje plastike prikazan je na Slici 4. Najčešći oblik depolimerizacije je hidrolitičko cijepanje (hidroliza) (Tokiwa i sur. 2009., Shah i sur. 2008.).

1. Organizam luči ekstracelularne enzime
2. Enzimi se vežu za površinu i cijepaju lance polimera
5. CO₂, H₂O i drugi metabolički proizvodi
4. Stanica asimilira nastale molekule
3. U okolni medij se otpuštaju manje molekule, proizvodi razgradnje



Slika 4. Općeniti mehanizam biološke razgradnje plastike u aerobnim uvjetima (prilagođeno prema Shah i sur. 2008.).

Biološka razgradnja plastike se odvija u aerobnim uvjetima, u sedimentu i odlagalištima otpada u anaerobnim uvjetima, a u kompostu i tlu u djelomično aerobnim a djelomično anaerobnim uvjetima. Pri aerobnoj razgradnji nastaju ugljikov dioksid i voda, a pri anaerobnoj razgradnji ugljikov dioksid, voda i metan (Shah i sur. 2008.).

U prirodi bakterije često rastu u bliskoj vezi s mnogim drugim organizmima. Aerobi i fakultativni anaerobi koriste kisik, stvarajući mikro - okoliše u kojima se nastanjuju anaerobi. Često metabolički nusproizvod jedne vrste služi kao nutrijent i izvor energije za drugu vrstu (Nester i sur. 2004.). To se događa i pri razgradnji plastičnih polimera do ugljikovog dioksida, za što je često potrebna zajednica nekoliko različitih mikroorganizama. Primjerice, jedna bakterija razlaže polimer do monomera, druga vrsta koristi te monomere i stvara još jednostavnije molekule, koje su supstrat za rast treće vrste (Shah i sur. 2008.). Očito je da su to vrlo kompleksni odnosi koje je teško reproducirati u laboratoriju pa možemo zaključiti da istraživanje biorazgradivosti plastike nije nimalo lak zadatak.

Čimbenici koji utječu na biološku razgradivost plastike

Biološka razgradivost plastike uvelike ovisi o kemijskim i fizikalnim svojstvima plastike. Neka od tih svojstava su veličina površine izložene vanjskim utjecajima, hidrofilnost i hidrofobnost površina, kemijska struktura i molekulska masa polimera, temperatura taljenja, stupanj kristaliniteta, elastičnost i dr.

Općenito vrijedi da se s povećanjem molekulske mase polimera smanjuje mogućnost njegove mikrobiološke razgradnje (Tokiwa i sur. 2009.). Naime, s porastom molekulske mase naglo se smanjuje topivost polimera, a bakterije mogu asimilirati samo otopljene supstrate koji prolaze kroz njihovu membranu (Shah i sur. 2008.). Pokazano je da su poilesteri s više bočnih lanaca manje podložni bakterijskoj asimilaciji nego oni bez bočnih lanaca. Stupanj kristaliniteta je također važan za biorazgradnju polimera jer enzimi uglavnom napadaju amorfne dijelove polimera. U tim dijelovima molekule su slabije povezane, što ih čini podložnijima za razgradnju. Što se temperature taljenja tiče, polimeri s višom temperaturom taljenja imaju manju biorazgradivost (Tokiwa i sur. 2009.). Hidrofilnost odnosno hidrofobnost površine polimera je značajna jer o njoj ovisi podložnost polimera hidrolitičkoj razgradnji. Hidrofobne plastike (kao što je PE) nisu podložne bakteriološkoj razgradnji jer ne omogućuju pristup hidrolitičkim enzimima, dok plastike koje su hidrofilne (PE polimeriziran sa škrobom) omogućuju kolonizaciju bakterija i na njihovim hidrofilnom dijelovima je moguća hidrolitička razgradnja (Orhan i sur. 2004.).

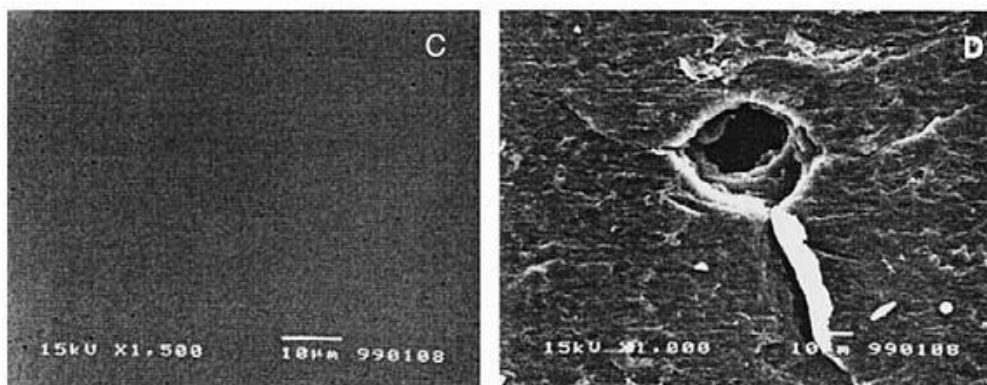
Uz kemijska i fizikalna svojstva plastičnih materijala, važnu ulogu pri (mikro)biološkoj razgradnji plastike imaju osobine samih (mikro)organizama. Vrlo je bitna rasprostranjenost i zastupljenost različitih organizama u prirodi, kao i uvjeti u kojima oni optimalno rastu (pH, temperatura, vlažnost, količina kisika, nutrijenti itd). Kako bioraznolikost i zastupljenost mikroorganizama koji razgrađuju polimere varira od okoliša do okoliša (tlo, more, kompost, aktivni mulj i dr.), vrlo je bitno istražiti rasprostranjenost i populacije tih organizama u raznim ekosustavima (Tokiwa i sur. 2009., Shah i sur. 2008.). Također, zbog različitih uvjeta koji vladaju u različitim staništima, biorazgradivost polimera bi trebala biti procjenjivana u prirodnim okolišima u kojima se očekuje da će oni biti razgrađivani (npr. odlagališta otpada ili kompostišta) (Orhan i sur. 2008.).

BIORAZNOLIKOST BAKTERIJA KOJE RAZGRAĐUJU PLASTIKU

Iz raznih okoliša su izolirane brojne aerobne i anaerobne bakterije koje razgrađuju polihidroksialkanoate. Procijenjeno je da 0.5 - 9.6 % mikroorganizama iz okoliša može razgrađivati PHB, i to na normalnoj ili mezofilnoj temperaturi. Razgrađivači PHB-a izolirani iz tla su vrste *Pseudomonas lemoigne*, *Comamonas* sp., *Streptomyces* sp., *Acidovorax faecalis*, i *Variovorax paradoxus*. U aktivnom i anaerobnom mulju nađene su *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas* sp. i *Illyobacter delafieldi*, a vrste *Comamonas testosteroni* i *Pseudomonas stutzeri* izolirane su iz mora i jezera (Tokiwa i sur. 2009.). Termofilna vrsta *Streptomyces* sp. izolirana iz tla, uz PHB može razgrađivati i PES i PBS. Pokazano je da mnogi od tih organizama luče ekstracelularne PHB depolimeraze, što pokazuje da su ti enzimi sveprisutni u okolišu. (Tokiwa i sur. 2009., Shah i sur 2008.).

Ekološka istraživanja su pokazala da mikroorganizmi koji razgrađuju PLA nisu široko rasprostranjeni u okolišu, zbog čega je PLA manje podložna biološkoj razgradnji u usporedbi s drugim razgradivim polimerima. Razgradnja PLA u tlu je polagana i potrebno je duže vrijeme da proces razgradnje započne. Identificirano je samo nekoliko bakterija koje razgrađuju PLA, a to su *Amycolatopsis* sp. i termofilna bakterija *Bacillus brevis*. Zanimljivo je da je PLA u potpunosti razgradiva u kompostištim na temperaturi od 60 °C i višoj, iako su mikrobiološki mehanizmi uključeni u tu razgradnju još nedovoljno poznati (Tokiwa i sur. 2009., Shah i sur. 2008., Shima 2001.).

Iako je pokazano da su organizmi koji razgrađuju PCL široko rasprostranjeni u aerobnim i anaerobnim okolišima, većina onih koji su identificirani su gljive, a ne bakterije. Pokazano je da novootkrivena vrsta iz roda *Clostridium* može razgrađivati PCL u anaerobnim uvjetima (Tokiwa i sur. 2009). Izgled plastičnog PCL filma prije i nakon aerobne razgradnje u smetlištu prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Površina PCL filma prije razgradnje (C); površina PCL filma nakon 25 - dnevne razgradnje u aerobnom smetlištu (D) (preuzeto iz Ishigaki i sur. 2004.).

Mikroorganizmi koji razgrađuju PBS su široko rasprostranjeni u okolišu, ali njihov udio u ukupnom broju mikroorganizama je niži od udjela razgrađivača PCL - a. Pokazano je da PBS razgrađuju *Amycolatopsis* sp., i nekoliko termofilnih aktinomiceta: *Microbiospora rosea*, *Excellospora japonica* i *E. viridilutea*. U usporedbi s mikroorganizmima koji razgrađuju PHB i PCL, mikroorganizmi koji razgrađuju PES imaju ograničenu rasprostranjenost u prirodi. Iz tla je izolirana jedna termofilna vrsta iz roda *Bacillus* koja može razgrađivati PES. Također, pronađeno je i nekoliko mezofilnih razgrađivača PES - a, i to u tlu i vodenim staništima, a svi su svrstani u rodove *Bacillus* i *Paenibacillus* (Tokiwa i sur. 2009.).

Iako se biorazgradivost mješavina škroba i polietilena puno istražuje, u malom broju istraživanja se mogu naći podatci o taksonomskoj pripadnosti članova mikrobiološke zajednice koja razgrađuje taj spoj. Takve zajednice nalazimo u tlu, na smetlištima i u aktivnom mulju, a čini ih velik broj raznih bakterija i gljiva (Orhan i sur. 2004., Gould i sur 1990.). Pokazano je da bakterije iz roda *Streptomyces* koje razgrađuju lignin razgrađuju mješavine škroba i polietilena koje sadrže prooksidans i 6 % škroba (Shah i sur 2008.).

ZAKLJUČAK

Biološki razgradiva plastika se pokazuje kao potencijalno rješenje sve većeg globalnog problema nakupljanja plastičnog otpada u okolišu. Uobičajene plastike dobivene iz fosilnih izvora su kemijski inertne, te ih smatramo biološki nerazgradivima. Neke od biorazgradivih plastika (na primjer PBS, PES, PCL) su proizvedene od materijala dobivenih preradom nafte, dok su neke (PHA, PLA) dobivene iz prirodnih izvora. Mješavine prirodnih i sintetskih polimera (kao što su škrob i PE) mnogi autori smatraju biorazgradivima, ali one to zapravo nisu. Razgradiv je samo dio od prirodnih polimera, dok je za razgradnju sintetskog dijela potreban dodatak prooksidansa koji potiče daljnju biološku razgradnju.

Biološka razgradivost polimera ovisi o fizikalnim i kemijskim svojstvima polimera, ali i o svojstvima samih mikroorganizama. Za procjenu biorazgradivosti polimera nužno je poznavati rasprostranjenost i zastupljenost mikroorganizama koji ga razgrađuju u prirodi. Često se dogodi da se neki polimer pokaže biorazgradivim u laboratorijskim uvjetima, dok se u prirodi ta razgradnja ne odvija ili se odvija puno sporije. Zato je procjenu biorazgradivosti polimera najbolje provoditi u uvjetima u kojima se očekuje da će se on razgrađivati u prirodi.

Iako se biorazgradiva plastika pokazuje sve prihvatljivijom, potrebno je još mnogo koraka do njezine masovne upotrebe. Biorazgradive plastike su vrlo skupe u odnosu na klasične plastične materijale i to je vrlo velika prepreka njihovom komercijalnom korištenju. Nakon što se odrede uvjeti u kojima je određena plastika biorazgradiva, potrebno je takve uvjete reproducirati na odlagalištima otpada i kompostištim (količina kisika, temperatura). Tako bi se postigla maksimalna razgradnja otpadne plastike, što bi donekle smanjilo problem gomilanja plastičnog otpada u okolišu.

ZAKON O UPRAVLJANJU OTPADOM

I OPĆE ODREDBE

Član 1.

Ovim zakonom uređuju se:

- sve kategorije otpada, osim otpada navedenog u stavu 3. ovog člana;
- sve vrste aktivnosti u upravljanju otpadom, operacije i postrojenja.

Odredbe ovog zakona primjenjuju se i na:

- otpad nastao istraživanjem resursa, ekstrakcijom, tretmanom i iskorištavanjem mineralnih sirovina i radom kamenoloma;
- tečni otpad;
- životinjski otpad i drugi neopasni materijali prirodnog porijekla koji se mogu koristiti u poljoprivredne svrhe,
- odloženi eksploziv, osim ako to nije regulirano posebnim propisom.

Odredbe ovog zakona ne primjenjuju se na radioaktivni otpad, gasove ispuštene u atmosferu, i otpadne vode.

Član 2.

Cilj zakona

Cilj ovog zakona je podsticanje i osiguranje najvažnijih uslova radi sprječavanja nastajanja otpada, prerade otpada za ponovnu upotrebu i reciklaže, izdvajanje sirovog materijala i njihovo korištenje za proizvodnju energije i sigurno odlaganje otpada.

Član 3.

Prioriteti u upravljanju otpadom

Radi postizanja cilja i pravovremenog sprječavanja zagađivanja i smanjenja posljedica po zdravlje ljudi i okoliš, upravljanje otpadom vršit će se na način da osigura:

- minimalno nastajanje otpada, a posebno svođenje opasnih karakteristika takvog otpada na minimum;
- smanjenje nastalog otpada po količini, posebno uzimajući u obzir tokove otpada;
- tretiranje otpada na način kojim se osigurava povrat sirovinskog materijala iz njega,
- spaljivanja ili odlaganja na deponije na okolinski prihvatljiv način onih vrsta otpada koje ne podliježu povratu komponenti, ponovnoj upotrebi ili proizvodnji energije.

Kod utvrđivanja prioriteta iz stava 1.ovog člana uzet će se u obzir:

- ekološke beneficije;
- tehnička izvodljivost za korištenje nabolje raspoložive tehnologije,
- ekonomska izvodljivost.

Upravljanje otpadom vršit će se na način da se preduzmu sve neophodne mjere koje osiguravaju tretman i odlaganje otpada bez ugrožavanja zdravlja ljudi i bez stvaranja štete ili prouzrokovanja značajnog rizika po prirodu, a naročito:

- bez rizika po vode, zrak, tlo, životinje i biljke,
- bez stvaranja smetnji putem buke ili mirisa,
- bez štetnog uticaja po prirodu ili mjesta koja su od posebnog interesa.

II DEFINICIJE

Član 4.

U smislu ovog zakona sljedeći izrazi znače:

- "otpad" znači sve materije ili predmete koje vlasnik odlaže, namjerava odložiti ili se traži da budu odložene u skladu sa jednom od kategorija otpada navedenoj u listi otpada utvrđenoj u provedbenom propisu;
- "komunalni otpad" je otpad iz domaćinstva kao i drugi otpad koji zbog svoje prirode ili sastava sličan otpadu iz domaćinstva;
- "opasni otpad" je svaki otpad koji je utvrđen posebnim propisom i koji ima jednu ili više karakteristika koje prouzrokuju opasnost po zdravlje ljudi i okoliš po svom porijeklu, sastavu ili koncentraciji, kao i onaj otpad koji je naveden u listi otpada kao opasni i reguliran provedbenim propisom;
- "neopasni otpad" je otpad koji nije definisan kao "opasni Otpad";
- "inertni otpad" je otpad koji nije podložan značajnim fizičkim, hemijskim ili biološkim promjenama. Interni otpad se neće rastvarati, spaljivati ili na drugi način fizički ili hemijski obrađivati, biološki razgrađivati ili nepovoljno uticati na druge supstance sa kojima dolazi u kontakt na način da prouzrokuje zagađenje okoliša ili ugrožavanje zdravlja ljudi. Ukupna vlažnost, sadržaj polutanata u otpadu i ekotoksičnost filtrata mora biti neznatna da ne bi došlo do ugrožavanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda;
- "vlasnik" je proizvođač otpada i fizičko ili pravno lice koje posjeduju otpad;
- "proizvođač" je bilo koje lice čijom aktivnošću se proizvodi otpad (originalni proizvođač), i/ili bilo koje lice koje obavlja predtretman, sortiranje ili druge operacije koje dovode do promjene fizičkih karakteristika ili sastava otpada;
- "odlagač" – je bilo koje lice kojem se isporučuje otpad ili koje obavlja odlaganje takvog otpada;
- "operator" je fizičko ili pravno lice odgovorno za bilo koju vrstu aktivnosti upravljanja otpadom;
- "upravljanje otpadom" - znači sistem aktivnosti i radnji vezanih za otpad, uključujući prevenciju nastanka otpada, smanjivanje količine otpada i njegovih opasnih karakteristika, tretman otpada, planiranje i kontrolu aktivnosti i procesa upravljanja otpadom, transport otpada, uspostavljanje, rad, zatvaranje i održavanje uređaja za tretman otpada nakon zatvaranja, monitoring, savjetovanje i obrazovanje u vezi aktivnosti i radnjama na upravljanju otpadom;
- "tretman" - znači fizičke, termalne, hemijske ili biološke procese, uključujući sortiranje, koji mijenjaju karakteristike otpada u cilju smanjivanja količine ili opasnih osobina, olakšavaju rukovanje ili povećavaju povrat komponenti otpada;

- "povrat komponenti" - znači povrat materijala i energije iz iskorištenih proizvoda ili otpada u privredni sistem primjenom određenog tehnološkog postupka ili spaljivanjem;
- "ponovno korištenje" - znači svaku aktivnost kojom se otpad upotrebljava za namjenu za koju je prvobitno korišten;
- "skupljanje" - znači sistemsko skupljanje i po mogućnosti sortiranje otpada u cilju olakšanja budućeg tretmana;
- "transport" - znači promet otpada van postrojenja;
- "skladištenje" - znači ostavljanje otpada od proizvođača unutar unutar postrojenja i pogona, a najviše 3 godine, na način koji isključuje opasnost po okoliš i ljudsko zdravlje;
- "odlaganje" - znači bilo koju aktivnost utvrđenu u provedbenom propisu;
- "deponija" - znači mjesto odlaganja otpada u svrhu konačnog odlaganja na površini ili ispod površine zemljišta, uključujući:
 - unutrašnja mjesta za odlaganje (npr. deponije gdje proizvođač otpada zbrinjava vlastiti otpad na mjestu nastanka), i
 - stalna mjesta (npr. više od jedne godine) koja se upotrebljavaju za dugogodišnje odlaganje otpada, ali isključujući:
 - objekte gdje nije dozvoljeno skladištenje otpada, a otpad je spreman za daljnji transport u cilju ponovnog korištenja, tretmana ili odlaganja na drugom mjestu,
 - predhodno skladištenje otpada za ponovnu upotrebu ili tretman za period po pravilu manji od tri godine ili
 - prethodno skladištenje otpada za odlaganje u periodu manjem od jedne godine.
- "biorazgradivi otpad" - je svaki otpad koji je pogodan za aerobnu ili anaerobnu razgradnju, kao što je hrana, vrtni otpad, papir i karton;
- "tečni otpad" - je svaki otpad u tečnoj formi, uključujući otpadne vode, ali isključujući mulj.

III OSNOVNA NAČELA

Član 5.

Načela upravljanja otpadom su:

- prevencija* - izbjegavanje nastajanja otpada ili smanjivanje količine i štetnosti nastalog otpada da bi se smanjio rizik po zdravlje ljudi i okoliš i da bi se izbjegla okolinska degradacija;
- mjere opreznosti* - sprečavanje opasnost ili šteta po okoliš koju prouzrokuje otpad, preduzimanje mjera, čak iako nije na raspolaganju potpuna naučna podloga;
- odgovornost proizvođača otpada* - proizvođač je odgovoran za odabir najprihvatljivijeg okolinskog rješenja prema karakteristikama proizvoda i tehnologiji proizvodnje, uključujući životni ciklus proizvoda i korištenje najadekvatnije raspoložive tehnologije;
- princip zagađivač plaća* - proizvođač ili vlasnik otpada snosi sve troškove prevencije, tretmana i odlaganja otpada, uključujući brigu nakon upotrebe i monitoring. On je i finansijski odgovoran za preventivne i sanacione mjere zbog šteta po okoliš koje je -prouzrokovao ili će ih najvjerojatnije prouzrokovati;
- blizina* tretman ili odlaganje otpada treba se vršiti u najbližem adekvatnom postrojenju ili lokaciji, uzimajući u obzir okolinsku i ekonomsku profitabilnost,
- regionalnost* - razvoj tretmana otpada i izgradnja objekata za njegovo odlaganje treba se vršiti na način da pokriva potrebe regiona i omogućava samoodrživost izgrađenih objekata.

Član 6.

U planiranju upravljanja otpadom nadležni organi dužni su izraditi planove za upravljanjem otpadom koji će obuhvatiti:

- vrstu, količinu i porijeklo otpada koji se proizvodi i koji se treba tretirati ili odložiti;
- ciljeve upravljanja otpadom;
- opće tehničke zahteve za upravljanja otpadom i uređaje unutar područja na kojima se nalaze;
- raspoloživ i podesan tretman i mjesta odlaganja i uređaje unutar određene teritorije;
- specijalne ugovore za tretman ili odlaganje otpada za veći broj općina;
- specijalne ugovore za pojedine vrste otpada, kao što je opasni otpad, tečni otpad, ambalažni otpad, itd..
- strateške ciljeve sa razrađenim prioritetima u upravljanju otpadom i pojedinim aktivnostima koje se trebaju preduzeti;
- listu mjera koje se trebaju preduzeti,
- procjenu troškova za izvršavanje zadataka u upravljanju otpadom.

Član 7.

Međuentitetsko tijelo za okoliš, pored ovlaštenja utvrđenih Zakonu o zaštiti okoliša, ovlašteno je za koordiniranje na entitetskom nivou pri izradi Strategije upravljanja otpadom.

Koordinacija iz stav 1. ovog člana se vrši:

- davanjem smjernica o metodologiji razvoja i sadržaju Strategije upravljanja otpadom u entitetu;
- davanjem komentara i mišljenja na nacрте strategija upravljanja otpadom; -održavanjem zajedničkih sastanaka radi usklađivanja nacрте strategija,
- utvrđivanjem opće politike upravljanja otpadom na državnom nivou koja obuhvata pitanja navedena u st.1-4 člana 6. i opasni otpad.

Član 8.

Strategija upravljanja otpadom u Federaciji BiH.

Strategiju upravljanja otpadom na period od šest godina donosi Parlament Federacije Bosne i Hercegovine (u daljem tekstu:Parlament Federacije) na prijedlog Vlade Federacije Bosne i Hercegovine (u daljem tekstu: Vlada FBiH).

Stručne i druge poslove u izradi Strategije upravljanja otpadom vrši Federalno ministarstvo prostornog uređenja i okoliša (u daljem tekstu: Federalno ministarstvo).

Izrada propisa iz stava 1.ovog člana vrši se u saradnji sa

- Međuentitetskim tijelom za okoliš;
- predstavnicima Vlade Republike Srpske
- predstavnicima ekonomskih udruženja;
- predstavnicima udruženja za zaštitu okoliša;
- predstavnicima kantonalnih vlada .

Propis iz stava 4.ovog člana mora biti usklađen sa Strategijom ekonomskog razvoja BiH i kantonalnim planovima ekonomskog razvoja..

Vlada FBiH će dvogodišnje podnositi izvještaj Parlamentu Federacije o provođenju Strategije.

Član 9.

Kantonalni planovi za upravljanje otpadom

Svaki kanton donijet će Plan upravljanja otpadom na svom području.

Plan iz stava 1.ovog člana mora biti usaglašen sa Strategijom upravljanja otpadom Federacije BiH.

Plan iz stava 1.ovog člana donosi zakonodavno tijelo kantona.

Kantonalnim propisom uredit će se uvjeti za planiranje upravljanja otpadom u općinama.

Izrada Plana iz stava 1.ovog člana vrši u saradnji sa općinskim organima, ekonomskim udruženjima i udruženjima za zaštitu okoliša.

Član 10.

Kantonalnim propisom utvrdit će se zadaci općina u izradi općinskih planova upravljanja otpadom koji trebaju sadržavati najmanje:

- programe o skupljanju opasnog otpada iz domaćinstava;
- programe za korištenje komponenti iz komunalnog otpada;
- programe za smanjenje procenta biorazgradivog otpada i ambalažnog otpada u komunalnom otpadu;
- programe za podizanje javne svijesti u upravljanju otpadom;
- lociranje postrojenja za upravljanje otpadom;
- saradnja između općina radi postizanja zadatih ciljeva.

Izrada planova iz stava 1. ovog člana vrši se u saradnji sa nadležnim kantonalnim i općinskim organima, poslovnim zaineresiranim grupama i udruženjima za okoliš.

Planovi iz stava 1. ovog člana dostavljaju se kantonalnom ministarstvu nadležnom za pitanja okoliša (u daljem tekstu: kantonalno ministarstvo)

Član 11.

Poslove upravljanja otpadom iz nadležnosti Federacije BiH vrši Federalno ministarstvo u saradnji sa Federalnim ministarstvom zdravlja i drugim nadležnim ministarstvima.

Poslove prekograničnog prometa otpada i poslove upravljanja otpadom i postrojenjima za tretman otpada, koji obuhvataju područje dva ili više kantona, vrši Federalno ministarstvo.

Izuzev poslova iz stava 2. ovog člana, poslove upravljanja svim vrstama otpada, određivanje lokacija i zemljišta u poslovima upravljanja otpadom i postrojenjima vrši kantonalno ministarstvo.

Član 12.

Za obavljanje aktivnosti tretmana otpada i njegovog odlaganja potrebno je pribaviti dozvolu osim ako ovim zakonom nije drugačije određeno.

Dozvola iz stava 1. ovog člana ne isključuje dobijanje urbanističke saglasnosti, dozvole za građenje i dozvola utvrđenih posebnim propisima.

Dozvola iz stava 1. ovog člana nije potrebna u sljedećim slučajevima:

- prikupljanja i kretanja otpada unutar lokacije proizvođača otpada;
- kretanja otpada između različitih postrojenja ili lokacija istog proizvođača izuzev opasnog otpada;
- prevoza otpada koji proizvodi proizvođač sa svojim vlastitim prijevoznim sredstvima do lokacije ili postrojenja za tretman, u slučaju malih količina ne većih od 100kg po kretanju, izuzev opasnog otpada,
- vraćanja ambalaže ili korištenih proizvoda od proizvođača proizvoda.

Za prikupljanje, kretanje i prijevoz otpada građana koji je ograničen samo na vlastiti otpad proizveden u domaćinstvima nije potrebna dozvola iz stava 1. ovog člana ukoliko nije drugačije određeno posebnim propisom.

Član 13.

Zahtijev za dobijanje dozvole mora sadržavati sljedeće:

- podatke o podnosiocu zahteva i operatoru kada se radi o različitim licima;
- opis vrste i ukupne količine otpada-ulazak i izlazak;
- opis očekivanih uticaja na okoliš;
- predloženi ili stvarni kapacitet postrojenja ili lokacije;
- opis postrojenja ili lokacije, uključujući karakteristike okoliša;
- predloženi/postojeći tretman;
- predložene/postojeće metode za sprečavanje i smanjenje zagađivanja;
- predložene/postojeće aktivnosti, praćenje i plan kontrole;
- predložen plan za aktivnosti zatvaranja i postupke nakon zatvaranja,
- finansijske i druge garancije od strane podnosioca zahtjeva.

Dozvola iz člana 12. stav 1. ovog zakona neće se izdati ako:

- projekat nije u skladu sa pravnim, okolinskim i zdravstvenim zahtjevima;
- nema tehničkih eksperata za upravljanje postrojenjima ili lokacijom; -nije osoguran tehnički i profesionalni razvoj i obuka osoblja;
- nisu poduzete neophodne mjere sprečavanja nesreća i ograničenje njihovih posljedica;

- nije osigurana odgovarajuća finansijska ili druga garancija,
- projekat nije u skladu sa odgovarajućim planom (vima) za upravljanje otpadom.

Dozvola iz člana 12. stav 1. ovog zakona sadrži :

- vrstu i količinu otpada koji se treba tretirati i/ili odložiti;
- opće tehničke zahtjeve za rad, monitoring i sisteme praćenja;
- metode tretmana;
- mjere predostrožnosti koje se trebaju preduzeti,
- podatke o porijeklu, odredištu i tretmanu otpada, te vrste i količine takvog otpada.

Provedbenim propisom uredit će se davanje dozvole za aktivnosti male privrede u upravljanju otpadom.

Dozvola se izdaje na period od pet godina i može se produžiti za isti vremenski period ukoliko se ne promijene uvjeti pod kojim je dozvola izdata.

Član 14.

Finansijske garancije

Finansijske i druge garancije za pokrivanje troškova rizika od mogućih šteta, sanacije i postupka nakon zatvaranja uplaćuju se u kantonalni fond na čijem teritoriju se nalazi odlagalište.

Finansijska garancija mora biti srazmjerna količini otpada, očekivanim troškovima i pojavi rizika.

Finansijska garancija ili dio za rad deponije važi sve dok je potrebna, a najmanje 30 godina nakon zatvaranja deponije.

V ODGOVORNOST U UPRAVLJANJU OTPADOM I AKTIVNOSTIMA

Član 15.

Opći propisi za upravljanje otpadom

Sve aktivnosti trebaju se poduzimati tako da imaju veoma mali uticaj na okoliš i ljudsko zdravlje, smanjuju opterećenje i korištenje okolinskih resursa, ne ugrožavaju ljudsko zdravlje ili zagađuju okoliš, smanjuju količine i štetne uticaje otpada, unapređuju ponovno korištenje i reciklažu (povrat materijala) otpada i sigurno odlaganje otpada.

U cilju sprečavanja proizvodnje otpada i smanjenja količina i štetnih uticaja otpada stimulirat će se:

- racionalno korištenje materijala i energije;
 - čuvanje materijala i ostataka unutar procesa proizvodnje i potrošnje što je više moguće;
 - proizvodnja proizvoda koji produkuju najmanju količinu otpada i stvaraju najmanje štetnih uticaja,
 - zamjena materijala koji prouzrokuju rizik kad postanu otpad.
- Stimulisat će se ponovno korištenje otpada, reciklaža otpada, zamjena sirovinskog materijala sa

otpadom u cilju korištenja materijala ili energije iz otpada, a ukoliko to nije moguće, stimulirat će se korištenje otpada kao energetskog izvora.

Proizvedeni otpad se koristi se ako je ekološki koristan, tehnički izvodiv i ekonomski opravdan.

Otpad se odlaže samo ako nije moguće korištenje njegovog materijala i/ili energije u postojećim tehničkim i ekonomskim uvjetima i ako su troškovi ponovnog korištenja nerazumno visoki u poređenju sa troškovima odlaganja.

Zabranjeno je napuštati, gomilati, odlagati ili tretirati otpad bez nadzora.

Zabranjeno je miješati različite vrste otpada, osim ako se tako omogućava povrat sirovina i/ili odlaganje.

Član 16.

Odgovornost proizvođača

Proizvođač će dizajnirati proizvod i ambalažu, koristiti tehnologije i razvijati proizvodnju na način koji najefikasnije koristi materijale i energiju, stimulira ponovno korištenje i reciklažu proizvoda, a na kraju životnog ciklusa proizvoda će promovisati okolinski održiv tretman, korištenje i odlaganje.

Proizvođač je dužan koristiti takve sirovine i osnovne materijale, poluproizvode i ambalažu koji smanjuju upotrebu energije i materijala i čijom upotrebom se smanjuje proizvodnja otpada i upotreba ambalaže koja duže traje i ne ugrožava okoliš kada postane otpad.

Ostaci nastali u toku tehnološkog procesa, a koji se uvode ponovo u tehnološki proces, kao i proizvodi koji se mogu koristiti ponovo za prvobitnu svrhu bez daljeg tretmana, postaju otpad jedino kada izađu iz ovog proizvodnog ciklusa.

Da bi se ispunile obaveze utvrđene u st. od 1.do 3. ovog člana proizvođač je dužan:

- ispuniti minimum zahtjeva u pogledu skupljanj i ponovnog korištenja raznih vrsta otpada koji su utvrđeni posebnim propisom;
- ispuniti minimum zahtjeva za odlaganje, posebno za deponije onih vrsta otpada koji su utvrđeni posebnim propisima,
- ne koristi materijale i opasne supstance i/ili robu koje prelaze granične vrijedosti za ove materijale ili supstance kao što je utvrđeno posebnim propisima.

Član 17.

Proizvođač je dužan obavijestiti prodavača i potrošača o važnim karakteristikama proizvoda i ambalaže sa aspekta upravljanja otpadom, kao i o načinu tretmana u slučaju kraja životnog ciklusa proizvoda i otpada produkovanog iz njega.

Provedbenim propisom utvrdit će se obrazac, sadžaj i postupak obavještanja.

Kvalitet otpada na kraju životnog ciklusa proizvoda i ambalaže,, dugoročni kvalitet proizvoda i ponovno korištenje i pakiranje, materijalne karakteristike proizvoda, pakiranje i obnovljivost kvaliteta biće označeni na odgovarajući način u skladu sa posebnim propisima.

Član 18.

Proizvođač će primiti nazad i/ili nadoknaditi korištene proizvode ili otpad od proizvoda od vlasnika u skladu sa posebnim propisima radi ponovnog korištenja, reciklaže ili odlaganja na okolinski prihvatljiv način.

Proizvođač može primiti natrag ili nadoknaditi proizvode ili otpad od proizvoda od vlasnika ili sklopiti ugovor za pružanje usluga na dobrovoljnoj osnovi sa prodavačem.

Proizvođač će nadoknaditi depozit koji je prethodno platio za proizvod.

Provedbenim propisom utvrdit će se obaveza korištenja sistema za nadoknađivanje depozita kada se radi o određenim proizvodima.

Član 19.

U skladu sa Zakonom o zaštiti okoliša operator postrojenja za koje je potrebna okolinska dozvola izrađuje Plan o upravljanju otpadom koji sadrži:

- dokumentaciju o otpadu koji proizvodi preduzeće (porijeklo, vrste otpada u skladu sa listom otpada, sastav, količina);
- mjere koje se trebaju poduzeti radi sprečavanja proizvodnje otpada, posebno kada se radi o opasnom otpadu;
- odvajanje otpada, posebno opasnog otpada od druge vrste otpada i od otpada koji će se ponovo koristiti;
- odlaganje otpada na deponiji,
- metode tretmana i/ili odlaganja.

Kod novih postrojenja plan za upravljanje otpadom se prilaže kao dodatak zahtjevu za dobijanje dozvole u skladu sa odredbama Zakona o zaštiti okoliša.

Kod postojećeg postrojenja plan se izrađuje i šalje nadležnom organu u periodu od šest mjeseci nakon stupanja na snagu ovog zakona.

Planovi za upravljanje otpadom preduzeća se ažuriraju svake tri godine ili nakon promjene u radu postrojenja.

Član 20.

Operator postrojenja za koja je potrebna okolinska dozvola kao proizvođač mora odrediti lice odgovorno za poslove upravljanja otpadom. Nadležni organ iz člana 11. ovog zakona bit će obaviješten o imenovanju odgovornog lica.

Odgovorno lice dužno je da:

- izradi i ažurira nacrt Plana za upravljanje otpadom;
- provede Plan za upravljanje otpadom;
- predlaže mjere za poboljšanje prevencije, ponovnog korištenja i reciklaže otpada,
- nadzire ispunjenje utvrđenih uvjeta za upravljanje otpadom o tome izvještava operatora.

Odgovornost lica iz stava 1. ovog člana ne oslobađa operatora finansijske i pravne odgovornosti za pštovanje zahtjeva za upravljanje otpadom.

Član 21.

Odgovornost prodavača

Prodavač proizvoda i usluga (u daljem tekstu: prodavač) dužan je vratiti i/ili nadoknaditi depozite, prikupljati na selektivan način i isporučivati proizvode i ambalažu koji su na kraju životnog ciklusa proizvođaču ili operatoru koji je ovlašten za pružanje usluga upravljanja otpadom ako je to utvrđeno posebnim propisom.

Prodavač može proizvođaču vratiti ili nadoknaditi pakirane proizvode ili otpad nastao iz njih kada je on odgovoran za tretman, ponovno korištenje i reciklažu otpada u skladu sa posebnim propisima.

Član 22.

Zajednički uvjeti za proizvođača i prodavača

Proizvođač i prodavač mogu prenijeti obaveze iz člana 16. stav 1. i člana 21. stav 1. ovog zakona na operatora sistema za prikupljanje otpada putem sporazuma ili ugovora.

Uvjeti za prenošenje obaveza iz stava 1 ovog člana utvrdit će se provedbenim propisom.

Uvoznik ima istu odgovornost kao i proizvođač prema članu od 17. do 19. ovog zakona.

Član 23.

Sistem prikupljanja otpada

Sistem za prikupljanje otpada može uspostaviti proizvođač i/ili prodavač ili operator za upravljanje otpadom.

Pored zahtjeva iz člana 13. stava 1. ovog zakona zahtjev za uspostavu sistema prikupljanja otpada sadrži:

- organizacionu strukturu sistema,
- geografsko područje sa kojeg se prikuplja otpad;
- vrste otpada koje se trebaju prikupiti;

- raspored prikupljanja,
- metode tretmana.

Pored razloga iz člana 13.stav 2. ovog zakona dozvola se neće izdati ako nije osiguran:

- dovoljan broj i raspored mjesta za prikupljanje;
- ispunjavanje ciljeva utvrđenih posebnim propisom,
- okolinski prihvatljivo upravljanje otpadom.

Dozvola mora da sadrži opis i glavne elemente sistema za prikupljanje, vrstu i količinu otpada, geografsko područje koje ovaj sistem pokriva, finansije, raspored skupljanja, dokumentaciju o protoku otpada.

Troškovi uspostavljenog sistema za prikupljanje otpada podliježu kontroli nadležnog organa za nadzor tržišta.

Član 24.

Odgovornost proizvođača i vlasnika otpada

Proizvođač i vlasnik otpada dužni su skupljati, brinuti se o ponovnom korištenju i reciklaži ili odlaganju otpada koji je produkovan zbog njihovih aktivnosti ili otpada kojeg posjeduju.

Proizvođač i vlasnik otpada dužni su da prije odlaganja i ponovnog korištenja otpada uskladište otpad na okolinski prihvatljiv način.

Obavezu ponovnog korištenja i reciklažu ili odlaganje preuzima proizvođač ili sam vlasnik ukoliko:

- koristi odgovarajuću opremu za ponovno korištenje i reciklažu ili odlaganje, proceduru ili postrojenje u skladu sa uslovima datim u posebnom propisu,
- koristi metodologiju propisanu za rad preduzeća za tretman otpada snoseći troškove takvog tretmana.

Selektivno prikupljanje, pakiranje i označavanje otpada uredit će se posebnim propisima.

Član 25.

Upravljanje komunalni otpadom

Skupljanje i tretiranje komunalnog otpada vrši se u skladu sa posebnim propisom o komunalnim djelatnostima.

Kantonalnim propisom uredit će se osnivanje i rad komunalnih preduzeća i obaveze općina u pružanju komunalnih usluga.

Domaćinstva su dužna prikupljati svoj produkovani otpad i predati ga komunalnim preduzećima za otpad, a opasni otpad predati na određena mjesta za prikupljanje (centre) ili licu koje je nadležno za pružanje usluga u upravljanja otpadom.

Proizvođači otpada koji nisu domaćinstva će koristiti usluge komunalnih preduzeća za otpad koji oni produkuju ukoliko njihov otpad ima iste ili slične osobine kućnog otpada.

Proizvođači nisu obavezni koristiti usluge preduzeća za otpad ukoliko skupljaju i tretiraju svoj otpad u skladu sa okolinskim propisima i ako predaju svoj otpad ovlaštenom operatoru za upravljanje otpadom.

U slučaju uvođenja sistema selektivnog prikupljanja otpada, domaćinstva i drugi vlasnici otpada bit će obavezni selektirati otpad u skladu sa tim propisom.

Član 26.

Kantonalim propisom uredit će vršenje poslova javnih usluga, posebno servisa za selektivni tretman otpada.

Poslovi javnih usluga obuhvataju:

- prikupljanje otpada iz domaćinstava i drugih prostorija koje proizvode komunalni otpad;
- tretman komunalnog otpada uključujući upravljanje povratom sirovina i/ili odlaganja, -mjestu za selektivno prikupljanja otpada.

Posebnim propisom uredit će se uvjeti plaćanja javnih usluga.

Član 27.

Usluge iz člana 26.ovog zakona vrši operator za upravljanje otpadom koji dobije posao putem tendera.

Tender se može dati za sve aktivnosti upravljanja otpadom ili samo za jednu ili više aktivnosti upravljanja otpadom.

Član 28.

Kantonalnim propisom iz člana 25. ovog zakona uredit će se:

- geografsko područje koje pokriva preduzeće;
- osnovni zahtjevi za osiguranje rada preduzeća, uključujući metode skupljanja (kao npr. selektivno skupljanje otpada), učestalost, prava i obaveze domaćinstava i preduzeća čiji je otpad sličan otpadu iz domaćinstva;
- određivanje načina korištenja usluga preduzeća za otpad zaproizvođače i vlasnike otpada a koji nisu domaćinstva;
- vrste kaznenih odredbi i stimulacionih mjera;
- tehnički i drugi zahtjevi koji se odnose na rad komunalnih preduzeća za otpad uključujući skupljanje, tretman i odlaganje;
- uvođenje sistema selektivnog prikupljanja otpada zajedno sa određivanjem mjesta za selektivno prikupljanje otpada;
- određivanje lokacije za deponije i lokacije za druge vrste tretmana otpada;
- procjena visine naknade koja obezbjeđuje pouzdan, kontinuiran i prihvatljiv rad preduzeća za

otpad i adekvatne uvjete plaćanja,
-uvjeti za pronalaženje i tretiranje nezakonito odloženog komunalnog otpada.

Član 29.

Tretman otpada

Operator postrojenja za tretman otpada smatrat će se i proizvođačem otpada ukoliko prizvodi otpad u toku tretmana.

Operator će voditi evidenciju podataka o otpadu koji je preuzeo na tretman i koji nastaje u toku tretmana i obavijestit će nadležni organ u skladu sa posebnim propisom najmanje jednom godišnje.

Izvještaj će sadržavati najmanje:

- vrstu i sastav otpada u skladu sa listom otpada i njenim sadržajem;
- količinu otpada,
- porijeklo ili izvor otpada.

Provedbenim propisom može se zahtijevati odobrenje ili tehnička osposobljenost za korištenje i prodaju određenih tehnologija za tretman otpada, opreme i materijala.

Član 30.

Skupljanje otpada

Proizvođač ili vlasnik otpada skupljat će otpad selektivno u skladu sa potrebom budućeg tretmana.

Prikupljanje otpada unutar lokacije proizvođača ili vlasnika na način koji isključuje rizik po okoliš vremenski je ograničeno i ne zahtjeva posebnu dozvolu.

Operator za prikupljanje otpada skuplja otpad od proizvođača i vlasnika i transportuje ga do mjesta za prikupljanje otpada, transfer-stanice ili mjesta za ponovnu upotrebu i recikliranje, tretman ili konačno odlaganje.

Operator za prikupljanje otpada može preuzeti otpad od vlasnika na mjestima za prikupljanje.

Član 31.

Korištenje otpada

Otpad se može koristiti i povratom materijala i energije.

Otpad će se koristiti na način da proizvodi koji nastaju korištenjem otpada neće prouzrokovati veće okolinsko opterećenje nego proizvodi iz osnovnog sirovinskog materijala.

Član 32.

Transport otpada

Otpad će se transportovati na način koji isključuje zagađenje okoliša.

U slučaju zagađenja nastalog u toku transporta, prijevoznik će biti odgovoran za čišćenje i dovođenje u prvobitno stanje zagađenog područja.

U slučaju transporta koji nije kombinovan sa aktivnostima tretmana otpada prijevoznik će, u skladu sa stavom 1. ovog člana, biti odgovoran samo za ispravnu isporuku otpada na odredište koje je odredio pošiljalac, a koja je odobrena kao lokacija za upravljanje otpadom.

Ako se otpad ne može isporučiti na odredište prijevoznik će vratiti otpad pošiljaocu.

Transport opasnog otpada bit će praćen odgovarajućom dokumentacijom utvrđenom u posebnim propisima.

Opasni otpad u toku transporta mora biti označen i pakiran u skladu sa posebnim propisom. Prijevoz opasnog otpada mora biti usklađen sa općim zahtjevima za prijevoz opasnih roba.

Član 33.

Odlaganje otpada

Načini odlaganja mogu biti:

- odlaganje na lokaciji deponije
- termalno odlaganje
- druge hemijske, biološke ili fizičke obrade.

Dozvola za nove sanitarne deponije može se izdati samo za deponovanje na regionalnom nivou.

Član 34.

Deponija

U skladu sa članom 13. stav 3. ovog zakona u dozvoli će se utvrditi:

- klasa deponije (deponija za opasni; deponija za bezopasni; deponija za inertni otpad);
- spisak definisanih vrsta i ukupna količina otpada koja je dozvoljena da se odloži na deponiji;
- zahtjeve za pripremu deponije, aktivnosti deponovanja, monitoring i kontrola, uključujući plan za nepredviđene situacije, kao i privremene zahtjeve za zatvaranje deponija i postupci nakon zatvaranja;
- zahtjeve za postupke primanja otpada,
- obavezu podnosioca zahtjeva da izvijesti bar jednom godišnje nadležni organ o vrstama i količinama odloženog otpada i o rezultatima programa monitoringa.

Nadležni inspekcijski organi izvršit će inspekcijski pregled lokacije u pogledu ispunjenja uslova iz dozvole prije početka odlaganja.

Član 35.

Spaljivanje

U skladu sa članom 13.stav 1. ovog zakona zahtjev za spaljivanje otpada treba da sadrži slijedeće garancije:

- da je postrojenje projektirano, opremljeno i funkcioniра u skladu sa zahtjevima kategorije otpada koji se spaljuje;
- da se omogući u što većoj mjeri iskorištavanje toplote koja se proizvede u procesu spaljivanja;
- da se ostaci svedu na minimum u količinskom smislu i u smislu štetnosti i omogući reciklaža gdje je to moguće,
- da se odlaganje ostataka otpada čija se proizvodnja ne može spriječiti, redukovati ili reciklirati izvršava u skladu s odredbama ovog zakona.

U skladu sa članom 13. stav 3. ovog zakona izdata dozvola treba da sadrži:

- istu kategorije otpada koji se mogu tretirati ;
- podatke o ukupnom kapacitetu postrojenja za spaljivanje otpada,
- specificirane postupke uzorkovanja i mjerenja radi ispunjenja obaveza periodičnih mjerenja za svakog zagađivača zraka ili vode.

Dozvola koju izdaje nadležni organ za postrojenja za spaljivanje opasnog otpada osim podataka iz stava 2 ovog člana sadrži:

- količine različitih kategorija opasnog otpada koji se može tretirati,
- specifikaciju minimalnog i maksimalnog protoka masa tih opasnih otpada, njihove najniže i najviše kalorijske vrijednosti i njihov maksimalan sadržaj zagađujućih materija (PCB, PCP, hlora, flaura, sumpora, teških metala).

Član 36.

Opšti zahtjevi za opasni otpad

Otpad koji se ne nalazi na listi otpada u posebnom propisu kao opasni ili čiji je sadržaj nepoznat, smatrat će se opasnim dok se ne ustanovi da li je opasan ili bezopasan.

Za smjesu opasnih otpada s drugim otpadom ili materijalima nadležni organ izdat će posebnu dozvolu.

U skladu sa stavom 2. ovog člana dozvola će se izdati ako:

- se korištenje ili odlaganje otpada može efikasnije poduzeti kao tretman smjese nego kao tretman njenih pojedinih komponenti;
- rizik po okoliš i zdravlje zbog smjese nije povećan;
- smjesa ne predstavlja rizik za vodu, zrak, zemlju, biljni i životinjski svijet; -smjesa ne prouzrokuje štetu okolišu bukom ili mirisom,
- smjesa ne ugrožava pejzaže ili mjesta od posebnog interesa.

način da se onemogući zagađivanje i šteta po okoliš.

Predaja otpada operatoru ovlaštenom za skupljanje opasnog otpada vrši se u skladu sa posebnim propisom.

Članak 37.

Katastar zagađivača

Svaka deponija mora biti registriran u katastru nekretnina i katastru zagađivača (u daljem tekstu: katastar).

Postojeće deponije ili one koje su zatvorene kao rezultat revidiranja plana prilagođavanja registruju se u katastar na osnovu odluke nadležnog organa za zaštitu okoliša.

Vlasnik deponije je dužan po zatvaranju deponije izraditi procijenu uticaja na okoliš i dostaviti je nadležnom organu.

Ukoliko vlasnik deponije vršeci procjenu uticaja na okoliš ustanovi značajnu kontaminaciju otpadom obavijestit će o tome nadležni organ.

Nadležni organ obavještava katastar o kontaminaciji, prirodi i obimu kontaminacije.

U slučaju iz stava 3. ovog člana nadležni organ naložit će vlasniku deponije preduzimanje mjera za sprečavanje potencijalne opasnosti za zdravlje ili štete zagađivanja okoliša.

VI PREKOGRANIČNI PROMET OTPADA

Član 38.

Opći zahtjevi prekograničnog kretanja otpada

Prekogranični promet otpada vrši se pod uvjetom da:

- država BiH-Federacija BiH- izvoznica nema tehničke mogućnosti i neophodna postrojenja, kapacitete ili odgovarajuće lokacije za odlaganje otpada, radi odlaganja otpada na ekološki prihvatljiv i efikasan način ili se otpadi koriste kao sirovina za industriju recikliranja ili povrata komponenti u državu, entitet-uvoznicu;
- je izdata suglasnost za prekogranični promet otpada;
- se otpadi pakiraju, etiketiraju i prijevoze na način kojim se sprječava zagađenje okoliša u skladu sa najboljom raspoloživom praksom,
- postoji odgovarajuća dokumentacija o kretanju od tačke gde je njegovo kretanje počelo do momenta odlaganja, u skladu sa nacionalnim i međunarodnim standardima i relevantnim međunarodnim standardima i relevantnim međunarodnim pravilima i zahtjevima koji se odnose na početak prekograničnog prometa, do tačke odlaganja.

Prekogranični promet kada je Federacija BiH izvoznik

U slučaju prekograničnog prometa otpada kada je Federacija BiH izvoznik, proizvođač ili izvoznik je dužan podnijeti pisani zahtjev Federalnom ministarstvu o namjeravanom izvozu otpada.

Zahtjev iz stava 1. ovog člana sadrži:

- podatke o izvoru, sastavu i količini otpada i podatke o proizvođaču;
 - u slučaju otpada iz različitih izvora, detaljan popis otpada, i ukoliko se zna, identitet prvobitnih proizvođača;
 - ugovore za prijevoz i osiguranje trećim licima u slučaju štete;
 - mjere koje se trebaju preduzeti radi osiguranja sigurnog transporta;
 - ime/naziv primaoca otpada, lokacija gdje će se tretirati i odlagati, kao i vrstu i važenje dozvole za rad postrojenja,
 - podatke o procesima tretiranja i odlaganja otpada.
 - specifične uvjete za kretanje (obavezu korištenja određenih graničnih prijelaza, informacije o kretanju za nadležne organe, način i vrijeme transporta, važenje saglasnosti).
- Federalno ministarstvo izdaje saglasnot za izvoz otpada ako su ispunjeni sljedeći uvjeti:
- da je sklopljen ugovor između uvoznika i operatera koji ističe ekonomski način upravljanja otpadom, a u slučaju izvoza opasnog otpada i da:
 - je primljeno pisano odobrenje zemlje uvoznice i tranzitnih zemalja;
 - je ostavljena odgovarajuća polisa osiguranja il jamstvo banke u iznosu koji je potreban da pokrije troškove obrađivanja otpda bez opasnosti za okoliš.

U slučaju izvoza opasnog otpada ugovor iz stavka 3. alineja 1. ovog člana mora uključivati obavezu:

- prijema otpada nazad ukoliko pošiljka nije realizirana kako je planirano ili ukoliko je došlo do kršenja odredaba sklopljenog ugovora,
- primaoca da osigura što je prije moguće i ne kasnije od 180 dana nakon prijema otpada potvrdu za federalni ministarstvo da je odlaganje otpada izvršeno na ekološki prihvatljiva način.

Član 40.

Prekogranični promet otpada kada je Federacije BiH uvoznik

Zabranjuje uvoz otpada radi odlaganja u Federaciji BiH.

Otpad se može uvoziti u Federaciju BiH samo radi aktivnosti povrata materijala ili energije.

U slučaju prekograničnog prometa otpada, kada je Federacija BiH uvoznik, primjenjuju se odredbe člana 39. ovog zakona.

Federalno ministarstvo dužno je, u slučaju opasnog otpada nakon prijema saglasnosti države izvoznice i tranzitne zemlje, u roku od 60 dana izdati saglasnost za uvoz, odbiti davanje saglasnosti za uvoz ili zahtijevati dodatne informacije.

Prekogranični promet otpada kada je Federacija BiH tranzitna zemlja

U slučaju prekograničnog prometa otpada kada je Federacija BiH tranzitna zemlja, primjenjuju se odredbe člana 39. ovog zakona.

Federalno ministarstvo dužno je, u slučaju opasnog otpada nakon prijema saglasnosti države izvoznice i države uvoznice, u roku od 60 dana izdati saglasnost za tranzit, odbiti davanje saglasnosti za tranzit ili zahtijevati dodatne informacije.

Član 42.

Opće odredbe za opasni otpad u prekograničnom kretanju

U slučaju redovnog otpremanja otpada, otpadi sa istim fizičkim i hemijskim osobinama, istom odlagaču, preko iste carinske službe na izlazu iz zemlje i na ulazu u zemlju koja uvozi, i u slučaju tranzita preko iste carinske službe na ulasku ili izlasku iz tranzitne države ili država, umjesto pojedinačnih saglasnosti može se dati opća saglasnost.

Saglasnost iz stava 1. ovog člana daje Federalno ministarstvo na period od najviše 12 mjeseci.

Nakon perioda iz stava 2. ovog člana opća saglasnost može biti revidirana ili produžena za isti vremenski period u slučaju kada nije došlo do promjene uvjeta.

Član 43.

Primalac otpada u prekograničnom prometu dužan je obavijestiti Federalno ministarstvo kretanju nakon isporuke ili primitka otpada.

Odlagač je dužan obavijestiti i izvoznika i nadležne organe države izvoznice o primanju pošiljke u odgovarajućem roku i o završetku aktivnosti upravljanja otpadom.

Član 44.

Prekogranični promet otpada mora se osigurati finansijskim ili drugim garancijama prema zahtjevu države uvoznice ili države u tranzitu.

Posebnim propisom utvrdit će se vrste finansijskih garancija kojima se može osigurati prekogranični promet otpada.

Član 45.

Kada prekogranično kretanje otpada za koje postoji odobrenje ne može da se izvrši u skladu s odredbama ugovora, zemlja koja izvozi osigurava da otpadi budu vraćeni u zemlju izvoznicu od izvoznika ukoliko se ne može naći drugo rješenje za odlaganje otpada na ekološki prihvatljiv način u roku od 90 dana od dana dolaska otpada na odredište.

Član 46.

Prekogranični promet smatrat će se nezakonitim ako:

- sve zemlje koje učestvuju nisu obaviještene;
- ne postoji odobrenje svih zemalja;
- je saglasnost falsifikovana ili pribavljena prijevarom; -
- u materijalnom smislu nije u skladu s dokumentima;
- rezultira namjernim odlaganjem otpada (odbacivanjem) kojim se krše odredbe ovog zakona i opći principi međunarodnog zakonodavstva o zaštiti okoliša.

Član 47.

U slučaju prometa opasnog otpada radi odlaganja između entiteta BiH potrebno je obavještenje nadležnog ministarstva entiteta iz kojeg se izvozi otpad ministarstvu entiteta u koji se uvozi otpad.

Obavještenje sadrži:

- podatke o izvorima, sastavu i količinu opasnog otpada;
- dogovoren putni pravac i dogovoreno osiguranje za treće strane u slučaju štete; -mjere za osiguranje sigurnog transporta,
- ime/naziv primaoca otpada, lokacija na kojoj će se tretirati i način na koji će se odlagati otpad.

Izuzetno, Federalno ministarstvo može zabraniti promet opasnog otpada radi odlaganja i/ili kretanja ili promet iz drugog entiteta koji je već najavljen.

VII NADZOR NAD UPRAVLJANJEM OTPADA

Član 48.

Proizvođači otpada i operatori postrojenja za upravljanje otpadom dužni su provoditi program nadzora, monitoringa i voditi evidenciju.

Proizvođači otpada i operatori postrojenja dužni su jednom godišnje sačiniti izvještaj o ispunjenju uvjeta iz dozvole i drugim podacima utvrđenih provedbenim propisom.

U skladu sa stavom 1.ovog člana proizvođači otpada i operatori dužni su obavijestiti nadležni organ o otkrivenim negativnim uticajima na okoliš odmah a najkasnije 12 sati nakon pojave negativnog uticaja.

Član 49.

Nadzor nad aktivnostima upravljanja otpadom i ispunjenjem uslova iz dozvole u skladu sa odredbama ovog zakona i propisa donesenih na osnovu njega vrše Inspektori zaštite okoliša, na

federalnom nivou - federalni inspektor i na kantonalnom nivou - kantonalni inspektor (u daljem tekstu: inspektor).

Inspektor iz stava 1.ovog člana jednom godišnje vrši nadzor nad radom kantonalnih operatora za upravljanje otpadom i proizvođačima opasnog otpada u skladu sa posebnim propisima.

Inspektor iz stava 1.ovog člana obaviještava proizvođača i operatora prije vršenja inspeksijskog nadzora.

U slučaju neposredne opasnosti po zdravlje ljudi i okoliš, inspektor će izvršiti nadzor bez prethodnog obavještenja.

Član 50.

Operator je dužan inspektoru omogućiti vršenje nadzora.

Inspektor iz člana 49. stav 1. ovog zakona ima pravo da:

- uđe na lokaciju, u postrojenja i poslovne prostorije;
- zahtijeva od svih pravnih ili fizičkih lica da stave na raspolaganje sve potrebne podatke, dokumentaciju i informacije;
- zaustavi prijevoz otpada;
- otvori kontejnere sa otpadom;
- uzme uzorke iz otpada;
- vizuelno evidentira činjeničnu situaciju (video, slike, itd);
- zahtijeva preduzimanje svih neophodnih mjera radi usklađivanja aktivnosti sa uvjetima iz dozvole i posebnih propisa,
- zaustavi aktivnosti ako su u opasnosti okoliš i ljudsko zdravlje.

U vršenju poslova iz stava 2.ovog člana inspektor neće nanijeti štetu i neopravdane troškove operatoru.

U slučaju uzimanja uzoraka inspektor je dužan uzorak iz otpada čuvati u neizmjenjenom obliku u svrhu budućeg dokazivanja.

U slučaju iz stava 4 ovog člana uzimaju se 3 uzorka, jedan se čuva na lokaciji, jedan kao rezerva, a jedan se koristi za testiranje ili kao dokaz.

O izvršenom inspeksijskom pregledu sačinit će se zapisnik.

Zapisnik potpisuje inspektor, predstavnik ili radnik operatora.

Jedan primjerak zapisnika predaje se operatoru.

Član 51.

Nakon izvršenog inspeksijskog pregleda inspektor rješenjem može:

- odrediti posebne uslove za budući rad;
- propisati posebne mjere koje se trebaju preduzeti i odrediti rok za preduzimanje mjera;

- narediti obustavu rada dok se uslovi ili zahtjevi ne ispune;
- izreći novčanu kaznu ili druge mjere zbog kršenja uvjeta propisanih dozvolom,
- narediti zatvaranje postrojenja ako se aktivnosti ne mogu izvoditi bez štete po prirodu i ljudsko zdravlje;
- narediti otklanjanje uzroka štete i vraćanje okoliša u prvobitno stanje.

Ako u vršenju inspektionog nadzora inspektor utvrdi da će budući rad ili proizvodnja prouzrokovati neposrednu opasnost žalba na rješenje inspektora ne odlaže izvršenje rješenja

VIII - KAZNENE ODREDBE

Član 52.

Ko prikuplja, tretira, pohranjuje, prevozi i odlaže otpad bez dozvole i time izazove opasnost po život i zdravlje ljudi, ili zagađenje zraka, vode ili zemlje, ili rizik za biljni i životinjski svijet čini krivično djelo, i kaznit će se zatvorom od tri mjeseca do tri godine.

Ko odlaže eksploziv, zapaljivi, toksični ili zarazni otpad bez odobrenja i tim izazove opasnost po život i zdravlje ljudi, ili zagađenje zraka, vode ili zemlje, ili rizik za biljni i životinjski svijet čini krivično djelo i kaznit će se zatvorom od jedne do pet godina.

Ako je djelo iz stava 1. i 2. ovog člana učinjeno iz nehata, učinitelj će se kazniti novčanom kaznom ili zatvorom do jedne godine.

Član 53.

Novčanom kaznom u iznosu od 1.000,00 KM do 10.000,00 KM kaznit će se za prekršaj svako pravno lice ako:

- ne pribavi dozvolu za aktivnosti upravljanja otpadom (član 12.) ili krši uslove propisane u dozvoli
- ne uskladišti otpad na okolinski prihvatljiv način prije njegovog odlaganja ili ponovnog korištenja (član 24.);
- redovno ne obavještava nadležni organ o otpadu preuzetom na tretman (član 29);
- koristi otpad suprotno odredbi člana 31.;
- odlaže otpad suprotno odredbi člana 33.;
- vrši prekogranični promet otpada suprotno članu 39.stav 3.

Novčanom kaznom u iznosu od 500,00 KM do 2.000,00 KM kaznit će se za prekršaj iz stava 1. ovog člana odgovorno lice u pravnom licu.

IX - NAKNADA ŠTETE

Federacija BiH odgovorna je za preduzimanje hitnih mjera ili aktivnosti čišćenja ukoliko se ne može ustanoviti odgovornost počinioca, a interesi zaštite ljudskog zdravlja, biljnog i životinjskog svijeta zahtjeva direktnu i brzu aktivnost.

Odredba stava 1. ovog člana ne isključuje preduzimanje odgovarajuće sanacione mjere i povrat troškova.

Radi sprječavanja veće štete i ograničenja daljnjih štetnih efekata na okoliš, federalni ministar i kantonalni ministar mogu preduzeti sve mjere u cilju sprečavanja i ograničavanja daljnje štete ili narušavanja na teret počinioca štete.

X - PRIJELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Član 55.

Postojeća postrojenja i aktivnosti

Postojeći uređaji i postrojenja koji već imaju dozvolu ili koji su već u funkciji u trenutku stupanja na snagu ovog zakona, ne mogu nastaviti rad ukoliko u roku od tri godine nakon stupanja na snagu ovog zakona ne ispune sljedeće zahtjeve:

- u roku od šest mjeseci od stupanja na snagu ovog zakona vlasnik lokacije ili postrojenja pripremit će i podnijeti nadležnim organima, radi odobrenja, Plan prilagođavanja koji se sastoji iz korektivnih mjera za koje vlasnik postrojenja smatra da su potrebne,
- nakon podnošenja Plana prilagođavanja, nadležni organ donijet će odluku da li se aktivnosti mogu nastaviti,
- na osnovu odobrenog Plana prilagođavanja nadležni organ će dozvoliti rad i odrediti prelazni period za završetak realizacije Plana koji neće biti duži od tri godine od dana odobrenja.

U slučaju da se ne odobri Plan prilagođavanja nadležni organ donijet će odluku o zatvaranju i aktivnostima nakon zatvaranja postrojenja ili lokacije.

U slučaju iz stava 2. ovog člana ako postrojenje nije deponija ili krajnje odlagalište zatvaranje će se izvršiti u roku od tri godine nakon stupanja na snagu ovog zakona.

U slučaju iz stava 2. ovog člana ako se radi o deponiji zatvaranje će se izvršiti u roku od četiri godine nakon stupanja na snagu ovog zakona.

U odluci iz stava 2. ovog člana nadležni organ će propisati uvjete budućih aktivnosti ili mjere za sanaciju štete nanesene okolišu, nadgledanje i naknadne aktivnosti.

Provedbenim propisom uredit će se sadržaj Plana prilagođavanja i aktivnosti koje će preduzeti nadležni organ.

Sva pravna lica će uskladiti svoje aktivnosti sa odredbama ovog zakona u roku od jedne godine od dana stupanja na snagu ovog zakona.

Odredbe ovog zakona primjenjivat će se na sve započete postupke za odobravanje obavljanja aktivnosti upravljanja otpadom u slučajevima gdje još nije donesena prvostepena odluka.

Član 57.

Odredbe Zakona o zaštiti okoliša, koje se tiču nadležnosti drugih organa, primjenjivat će se u mjeri u kojoj nisu u suprotnosti sa odredbama ovog zakona.

Član 58.

Propis iz člana 8. stav 1. donijet će Parlament Federacije BiH u roku od 18 mjeseci od stupanja na snagu ovog zakona.

Propise iz čl. 14., 24., 44.stav 2. i 48.stav 2 donijet će Vlada F BiH u roku od godinu dana od dana stupanja na snagu ovog zakona.

Propis iz člana 17. donijet će federalni ministar u roku od godinu dana od dana stupanja na snagu ovog zakona.

Propise iz čl. 1. alineje1., 13. st. 4., 22. stav 2., 29.stav 4., 36. stav 1., i 55. donijet će federalni ministar u roku od šest mjeseci od dana stupanja na snagu ovog zakona.

Propisi koji se tiču:

- aktivnosti upravljanja otpadom i zadataka vezanih za klinički otpad,
- aktivnosti upravljanja otpadom i zadataka vezanih za ljudske lijekove,
- zahtjevi javnog zdravstva za različite aktivnosti i opracije upravljanja otpadom - provođenja člana 17 ,

donijet će federalni ministar u saradnji sa federalnim ministrom zdravlja u roku od godinu dana od dana stupanja na snagu ovog zakona.

Propisi koji se tiču:

- posebnih zahtjeva za biorazgradljive poljoprivredne otpade, i
- uslova i zahtjeva za korištenje kanalizacionog mulja u poljoprivredi,
- uvjeta i zahtjeva za životinjski otpad (član 1. stav2.)
- uslova i zahtjeva za ostatke i otpade nastale proizvodnjom i korištenjem hemikalija u poljoprivredi

donijet će federalni ministar u saradnji sa federalnim ministrom poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva u roku od godinu dana od stupanja na snagu ovog zakona.

Propisi iz člana 9. donijet će zakonodavno tijelo kantona u roku od dvije godine od stupanja na snagu ovog zakona.

Član 59.

Odredbe posebnih zakona koji uređuju pitanja upravljanja otpadom prestaju da važe stupanjem na snagu ovog zakona.

Član 60.

Ovaj zakon stupa na snagu osmog dana od dana objavljivanja u "Službenim novinama Federacije BiH"

Predsjedavajući
Doma naroda
Parlemanta Federacije BiH
Slavko Matić, s. r.

Predsjedavajući
Predstavničkog doma
Parlamenta Federacije BiH
Muhamed Ibrahimović, s. r.