

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidat:

Krištof Zupančič

Mehansko biološka obdelava odpadkov in možnosti njene uporabe v Sloveniji

Diplomska naloga št.: 80

Mentor:

izr. prof. dr. Viktor Grilc

Ljubljana, 28. 3. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **KRIŠTOF ZUPANČIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**MEHANSKO BIOLOŠKA OBDELAVA ODPADKOV IN MOŽNOSTI NJENE UPORABE V SLOVENIJI**«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 10.03.07

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji smeri vodarstva in komunalnega inženirstva:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.47(043.2)
Avtor: Krištof Zupančič
Mentor: izr. prof. dr. Viktor Grilc
Naslov: Mehansko biološka obdelava odpadkov in možnosti njene uporabe v Sloveniji

Obseg in oprema: 91 str., 34 pregl., 25sl.

Ključne besede: mehansko biološka obdelava, komunalni odpadki

Izvleček:

Ker se dandanašnji v svetu pojavljajo vse večje količine komunalnih odpadkov je samo odlaganje na deponiji postalo zastarel način ravnanja z njimi. Čim večji del zbranih komunalnih odpadkov moramo reciklirati in ponovno vpeljati v proizvodni proces, volumen odpadkov, odloženih na deponiji, pa je potrebno zmanjšati. Zato je potrebno odpadke pred odlaganjem obdelati.

V svetu se uveljavljajo različne metode obdelave odpadkov. Že dalj časa so priljubljene sežigalnice odpadkov, ki pa niso edina učinkovita varianta. Cilj moje diplomske naloge je predstaviti lastnosti obrata mehansko biološke obdelave odpadkov, njegovih tehnoloških sklopov in najnovejših ugotovitev na tem področju. Pri procesu mehansko biološke obdelave gre za sortiranje odpadkov in s tem izločanje tistih snovi, ki gredo lahko v ponovno uporabo v industriji ter snovi, ki se lahko drugače uporabijo, na primer za proizvodnjo nadomestnega goriva. Pomembna je obdelava biološke frakcije odpadkov, ki jo je potrebno obdelati, aerobno ali pa anaerobno. Na ta način se ne le zmanjša količina odpadkov, ki jih odlagamo in tako podaljšamo obratovalno dobo dandanes zelo obremenjenih odlagališč. Z obdelavo se odpadke tudi 'pripravi' na odlaganje, to pomeni odpadke napravimo inertne, da kot taki ne škodujejo okolju. Delo vsebuje tudi stanje ravnanja z odpadki v ljubljanski pokrajini in presojo možnosti izgradnje takšnega obrata v tem osrednjeslovenskem prostoru, upoštevajoč okoljske, ekonomske, izvedbene ter sociološke vidike.

Praktični del pa zavzema laboratorijsko analizo ločeno zbrane biološke frakcije komunalnih odpadkov iz mestne občine Ljubljana in oceno možnostosti koristnih načinov njihove uporabe.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.47(043.2)
Author: Krištof Zupančič
Supervisor: Assoc. prof. dr. Viktor Grilc
Title: Mechanical - biological treatment of wastes and chances of its implementation in Slovenija
Notes: 91 p., 34 tab., 25 fig.
Key words: mechanical – biological treatment, municipal wastes
Abstract:

As the quality of our lives rises, so do quantities of municipal solid wastes. Deposition of municipal solid wastes directly on landfills has become an obsolete way to handle wastes. We must recycle and reuse as many wastes as we can, and the volume of deposited wastes has to be decreased. Therefore wastes have to be treated before deposition.

Different technologies of pre-treatment of municipal solid wastes are being used. Incineration plants are the most popular, but such plants are not the only effective way to treat wastes. The present work focuses on the plant for mechanical – biological treatment of municipal solid wastes. In his work I focused on basics and different methods of mechanical – biological treatment of wastes and the latest work on this field. In this kind of plant wastes are being recycled and used in industry or in production of refused derived fuels. The wastes to be landfilled are being treated to reduce their volume and to make them inert. Inert wastes can then be landfilled without representing a threat to environment. I will also present the state of handling with wastes in Ljubljana region of Slovenija. Based on the knowledge in this work I have assessed the possibilities of building this kind of plant Ljubljana region, in wich I focused on economic, ecologic and social views on this issue.

I concluded this work with a laboratory analysis of collected biological wastes as a fraction of municipal wastes collected in the city of Ljubljana and with assessment of the possibilities of its use.

ZAHVALA

V prvi vrsti se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Viktorju Grilcu za vso pomoč in potrpljenje pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvaljujem pa se tudi mojemu očetu Bojanu in pokojni mami Ireni za materialno in moralno podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	I
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION.....	IV
OPIS VIROV	XI
1. UVOD	1
2. DEFINICIJA IN VRSTE ODPADKOV	2
2.1 KLASIFIKACIJA ODPADKOV IN PRAVILNIK O RAVNANJU Z ODPADKI.....	2
2.1.1 <i>Biološko razgradljivi odpadki</i>	4
2.1.2 <i>Komunalni odpadki</i>	4
3. METODE ZMANJŠEVANJA KOLIČINE ODPADKOV, KI JIH ODLAGAMO NA DEPONJI 6	
3.1 ZMANJŠEVANJE KOLIČINE ODPADKOV NA IZVORU.....	6
3.2 RECIKLIRANJE IN KOMPOSTIRANJE	7
3.3 SEŽIGANJE ODPADKOV	8
3.4 INTEGRIRANI NAČIN RAVNANJA Z ODPADKI.....	8
4. EVROPSKA ZAKONODAJA NA PODROČJU KOMUNALNIH ODPADKOV	9
4.1 DIREKTIVA EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA O ODPADKIH	11
4.2 TEMATSKA STRATEGIJA O TRAJNOSTNI RABI NARAVNIH VIROV	12
4.3 TEMATSKA STRATEGIJA O PREPREČEVANJU IN RECIKLIRANJU ODPADKOV	14
5. MEHANSKO BIOLOŠKA OBDELAVA KOMUNALNIH ODPADKOV.....	16
5.1 OSNOVNI PROCESI PRI MEHANSKO BIOLOŠKI OBDELAVI ODPADKOV	17
5.1.1 <i>Splošen prikaz možnih procesov pri mehansko-biološki obdelavi.....</i>	17
5.1.2 <i>Mehanska obdelava odpadkov.....</i>	20
5.1.3 <i>Aerobna obdelava.....</i>	29
5.1.3 <i>Anaerobna obdelava (fermentacija, trohnenje).....</i>	33
5.1.4 <i>Čiščenje zračnih emisij.....</i>	38
5.1.5 <i>Čiščenje odpadnih voda.....</i>	42
5.1.5 <i>Proizvodnja nadomestnega goriva</i>	45
5.2. VARIANTA BIOLOŠKE OBDELAVE S FERMENTACIJO IN NAKNADNO AEROBNO OBDELAVO	45
5.2.1 <i>Rezultati raziskave</i>	47
5.3 DVOSTOPENJSKA ANAEROBNA PREDELAVA ODPADKOV TER PROIZVODNJA BIOPLINA, S KATERIM POKRIJEMO ENERGIJSKE IZGUBE OBRATA	51
5.4 LOČEVANJE ODPADKOV Z DVOSTOPENJSKIM MEHANSKIM POSTOPKOM IN PRIDELAVA NADOMESTNEGA GORIVA V NEMČIJI.....	54
5.4.1 <i>Upravljanje toka materiala s postopkom 'dry stabilize'</i>	55
5.4.2 <i>Ločevanje snovi z izrivanjem pod pritiskom</i>	56
5.4.3 <i>Potencial proizvodnje nadomestnega goriva.....</i>	57
6. OKOLJSKI, EKONOMSKI TER SOCIOLOŠKI POGLED NA RAVNANJE Z ODPADKI.....	58
6.1 EKONOMSKI VIDIK MEHANSKO BIOLOŠKE OBDELAVE KOMUNALNIH ODPADKOV	58
6.1.1 <i>Investicijski stroški MBO.....</i>	59
6.1.2 <i>Obratovalni stroški mehansko biološke obdelave.....</i>	60
6.2 OKOLJSKI VIDIK	62
6.3 SOCIOLOŠKI VIDIK.....	63

7.	MOŽNOSTI UPORABE PROCESA MBO V LJUBLJANSKI POKRAJINI.....	64
7.1	STANJE V SLOVENJI.....	64
7.2	STANJE V OSREDNJSLOVENSKE OZIROMA LJUBLJANSKI URBANI REGIJI.....	68
7.3	STANJE KOLIČIN IN KAKOVOSTI ODPADKOV.....	69
7.4	IZBIRA PRIMERNEGA POSTOPKA MEHANSKO BIOLOŠKE OBDELAVE.....	77
8.	LABORATORIJSKA PREISKAVA LASTNOSTI KOMUNALNIH ODPADKOV.....	82
8.1	TEHNIČNE SPECIFIKACIJE IN NAČIN DELOVANJA REZALNEGA MLINA.....	83
8.2	POSTOPEK MLETJA BIOLOŠKIH ODPADKOV.....	86
8.3	LABORATORIJSKE PREISKAVE BIOLOŠKIH ODPADKOV.....	88
8.3	ZAKLJUČNE UGOTOVITVE.....	89
9.	ZAKLJUČEK.....	90

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izvor in vrste komunalnih odpadkov	5
Preglednica 2: Tipične procesne stopnje mehansko - biološke obdelave odpadkov.....	17
Preglednica 3 : Lastnosti neobdelanih in mehansko biološko obdelanih odpadkov	20
Preglednica 4 : aerobna razgradnja pri različnih postopkih	32
Preglednica 5: MBO proces s kompostiranjem.....	33
Preglednica 6: MBO proces z anaerobno obdelavo	35
Preglednica 7: MBO potek anaerobne razgradnje pri različnih postopkih.....	36
Preglednica 8: primerjava aerobne in anaerobne obdelave.....	37
Preglednica 9: prikaz postopkov aerobne in anaerobne obdelave	38
Preglednica 10: Postopek oksidacije s katalizatorjem	41
Preglednica 11: Postopek adsorpcije z aktivnim ogljem	42
Preglednica 12: Vpliv dušika na anaerobni proces.....	44
Preglednica 13: Prikaz kombinacije mehanske in anaerobne obdelave, prezračevanja v tekoči fazi ter naknadnega gnitja.....	46
Preglednica 14 : Produkcija bioplina ter primerjava z drugimi preiskavami.....	48
Preglednica 15: sestava izhodnega materiala po MBO:	53
Preglednica 16: Izhodni tokovi pri procesu 'dry stabilate'	56
Preglednica 17: Primerjava investicijskih stroškov zemljišč za potrebe objektov za različne kombinacije ravnanja z odpadki (Ekart, Samec, 2001).....	60
Preglednica 18: Specifični obratovalni stroški različnih obratovalnih sistemov (Ekart, Samec, 2001)	61
Preglednica 19: Ocenjeni investicijski in obratovalni stroški glede na velikost obrata MBO (Ekart, Samec, 2001).....	62
Preglednica 20: Odložene količine odpadkov na odlagališčih za nenevarne odpadke v Sloveniji v letih od 2002 do 2005 (vir statistični urad RS).....	66
Preglednica 21 : Dovoljene količine letno odloženih bioloških odpadkov za novozgrajena odlagališča.....	67
Preglednica 22 : Količine odpadkov po občinah, zbrani z javnim odvozom (tone) letno	69
Preglednica 23 : Značilne količine zbranih vrst komunalnih odpadkov za 2004 (vir Hidroinženiring).....	70
Preglednica 24 : Količine, sestava in porazdelitev delcev MGO za izhodiščno leto 2000 (vir Hidroinženiring).....	71
Preglednica 25: Količine, sestava in porazdelitev delcev MGO za izhodiščno leto 2000 (vir Hidroinženiring).....	72
Preglednica 26: Pilotni projekt zbiranja BIOG v Šiški (vir Snaga)	73
Preglednica 27: Rangiranje ekonomskih meril (vir Snaga)	78
Preglednica 28: Rangiranje okoljskih meril (vir Snaga)	78
Preglednica 29: Rangiranje tehnično obratovalnih meril (vir Snaga)	79
Preglednica 30: Ločevanje odpadkov iz ljubljanske pokrajine na frakcije, prognoza za leto 2010 (vir Hidroinženiring)	80
Preglednica 31: Aplikacije rezalnega mlina SM 2000 pri različnih nastavitvah	85
Preglednica 32 :Rezultati preiskave ločeno zbranih biorazgradljivih vzorcev	88
Preglednica 33 :Vsebnost težkih kovin v sestavljenem vzorcu suhega komposta	88
Preglednica 34 :Karakteristike kompostov (90 dni)	89

KAZALO SLIK

Slika 1: bobnasto sito.....	23
Slika 2: Bobnasto sito – različni načini sejanja	23
Slika 3: Horizontalno valovito sito.....	24
Slika 4: Bobnasto sito	24
Slika 5: Kladivasti drobilnik z enim rotorjem	25
Slika 6: Krogelni mlin	26
Slika 7: Magnetni ločevalnik – magnet nastavljen v smeri toka materiala.....	26
Priloga 8 : Magnetni ločevalnik – prečno nastavljen magnet	27
Slika 9: Ločevalnik ne-železovih kovin	28
Slika 10: Sistem kompostiranja v kopah.....	30
Slika 11: Prezračevanji statični postopek kompostiranja	30
Slika 12: Horizontalni reaktor	31
Slika 13: Postopek regenerativne toplotne oksidacije.....	40
Slika 14: Sestave prostornine vzorca BIOG s poizkusnega območja zbiranja v Šiški (vir Snaga).....	73
Slika 15: Sestave mase vzorca ločeno zbranih BIOG s poizkusnega območja zbiranja v Šiški (vir Snaga).....	74
Slika 16: Sestave mase vzorca PMGO s poizkusnega območja zbiranja v Šiški iz stanovanjskih hiš (vir Snaga)	75
Slika 17: Sestave mase vzorca PMGO s poizkusnega območja zbiranja v Šiški iz stanovanjskih blokov (vir Snaga)	75
Slika 18: Postopek mehansko biološke obdelave mešanih gospodinjskih odpadkov ter odpadkov iz obrtnih in proizvodnih dejavnosti v Ljubljani	81
Slika 19 : Rezalni mlin Retsch SM 2000	83
Slika 20: Delovanje šest kolutnega rotorja	84
Slika 21 : Tipa rotorjev pri rezalnem mlinu	84
Slika 22 : Tipi polnilcev pri rezalnem mlinu.....	85
Slika 22 : ročno sortiranje ločeno zbranih bioloških odpadkov.....	86
Slika 23: odpadki po mletju z grobim sitom	87
Slika 25 : odpadki po mletju s finim sitom.....	87

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

MBO	mehansko biološka obdelava
MBS	mehansko biološka stabilizacija
TON	trdni odpadki iz naselij
KTO	komunalni trdni odpadki
HOS	hlapljive organske snovi
TRO	toplotna regeneracijska oksidacija
BIOG	biološki organski odpadki
SG	sekundarno gorivo
TOC	celokupni organski ogljik
POSD	odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti
OKOG	organski kuhinjski odpadki iz gospodinjstev
LZKO	ločeno zbrani komunalni odpadki
BAT	najboljši dosegljivi postopki
IPPC	direktiva o celovitem preprečevanju in nadzorovanju industrijskega onesnaževanja

OPIS VIROV

1. Adrijana Viler Kovačič (2001). *Ravnanje z odpadki*. Ljubljana: GV založba

Avtorica omenjene knjige se posveti zakonski urejenosti ravnanja z odpadki pri nas. V seminar sem vključil predvsem tisti del, ki opisuje sistemsko ureditev na področju odpadkov pri nas. Pomemben akt na področju ravnanja z odpadki je Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki je osnovni predpis, ki ureja področje odpadkov. Ta pravilnik se imenuje tudi splošni pravilnik o odpadkih, saj na splošni način določa ravnanje z njimi. Omenjeni pravilnik je pomemben zato, ker se uporablja za večino vprašanj, povezanih z ravnanjem z odpadki.

2. Joseph A. Salvato, Nelson L. Nemerow, Franklin J. Agardy (2003). *Environmental engineering, fifth edition*. Hoboken: John Wiley & Sons

Ta obsežna literatura se dotakne pravzaprav vseh področij delovanja komunalnih dejavnosti, poleg ravnanja s trdnimi odpadki iz naselja tudi kanalizacije, oskrbo z vodo, analiz vpliva na okolje, opisa raznih bolezni, ki so povezane z odpadnimi snovmi, onesnaževanju zraka z izpusti, zvočnemu onesnaženju, sevanju, ureditvi rekreacijskih površin, itd.

V zvezi z izdelavo diplomske nalode sem preštudiral poglavje urejanja trdnih odpadkov avtorja Georgea Tchobanoglousa. To poglavje govori o različnih temah ravnanja z odpadki. Avtor lepo predstavi integrirano ravnanje z odpadki, sestavo komunalnih trdnih odpadkov iz naselij, osnove zbiranja različnih odpadkov, tehnologije kompostiranja in pa osnove sežiganja odpadkov. Ravnanje z odpadki je kompleksno in vsebuje več tehnologij in disciplin, ki se nanašajo na nastajanje odpadkov, pobiranje in shranjevanje odpadkov, transport, obdelavo in odlaganje. Vsi ti procesi morajo biti izpeljani v okviru obstoječih pravnih, socialnih ter okoljskih smernic, ki varujejo javno zdravje ter okolje in ki so estetsko in okoljsko sprejemljive. Da so ti procesi lahko javno opravičljivi, morajo biti del integriranega ravnanja z

odpadki, ki vsebuje administrativno, finančno, pravno, arhitekturno, plansko, okoljsko ter inženirsko funkcijo. Za uspešno ravnanje z odpadki je potrebno medsebojno sodelovanje vseh omenjenih disciplin v pozitivnem interdisciplinarnem razmerju. V tem poglavju se avtor tudi dotakne vprašanj, povezanih z elementi integriranega ravnanja z odpadki kot so izvor odpadkov, karakteristike in količine trdnih odpadkov iz naselij, shranjevanje odpadkov na mestu izvora, pobiranje in prevoz odpadkov, zmanjševanje odpadkov na izvoru, recikliranje ter postopki obdelave, kompostiranje, načrtovanje ter vodenje odlagališča, sežig odpadkov ter ravnanje z nevarnimi odpadki. Poglavje obsega 137 strani, v katerem avtor poleg zgoraj omenjenega tudi jasno opiše terminologijo, ki se pojavlja v zvezi z ravnanjem z odpadki.

3. D. Almorza, C.A. Brebbia, D. Sale, V. Popov (2002). *Waste management and the environment*. Southampton, Boston: WIT press

Ta knjiga vsebuje vsebino mednarodne konference o ravnanju z odpadki, ki je potekala od 4. do 6. septembra v španskem mestu Cadiz.

V uvodu avtorji navajajo, da problem ravnanja z odpadki postaja eden glavnih problemov v modernem svetu. Z rastjo zavesti o vplivu ravnanja z odpadki na okolje se pojavlja potreba po dodatnih raziskavah trenutnih postopkov, kot so odlaganje, recikliranje, sežiganje, čistih tehnologij, monitoringa odpadkov, javnem in podjetniškem ozaveščanju ter splošni izobrazbi. Količina in kompleksnost odlaganja odpadkov ustvarja pritisk na kapacitete odlagališč in na mednarodno javnost, ki mora iskati nove in sprejemljive načine reševanja tega problema. Na konferenci so se avtorji dotaknili različnih aspektov ravnanja z odpadki, kot so napredne tehnologije, čiste tehnologije, fizične, biološke in kemijske metode ravnanja z odpadki, kompostiranje in problemi v kmetijstvu, nevarni odpadki, načrtovanje ter vodenje odlagališč, ločevanje, transport in recikliranje odpadkov, strategije ravnanja z odpadki in okoljsko planiranje, čiščenje pitne in odpadne vode ter sodelovanje z javnostjo ter njeno izobraževanje.

4. mag. Janez Ekart, doc. dr. Niko Samec (2001). ***Sistemi ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju***. V *Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij simpozij Otočec 3. – 5. december 2001*. Otočec

Ta prispevek na simpoziju mi je pomagal pri razumevanju vrste in količine stroškov, ki so povezani z izgradnjo in obratovanjem sistema MBO. V prispevku avtorja izhajata iz tega, da iščemo rešitev za uporabo sistema ravnanja s komunalnimi odpadki na območju s cca. 200.000 prebivalci in letno količino 100.000 ton komunalnih odpadkov. Sistem ravnanja temelji na različnih kombinacijah posameznih načinov ravnanja z odpadki. Pri odločitvi, katere načine ravnanja na regionalnem nivoju izberemo, moramo upoštevati prioritete strategije EU. Avtorja navajata stroške, povezane s petimi različnimi sistemi, pozornost pa poleg ekonomskemu vidiku posvetita tudi okoljskemu in sociološkemu vidiku.

5. W. Müller, M. Niesar, T. Turk (2003). ***Optimized mechanical treatment and material segregation through ballistic separation within mechanical biological waste management***. V zborniku *devetega mednarodnega simpozija o ravnanju z odpadki, Sardinija 6. – 10. oktober 2003*. S. Margherita di Pula, Caligari, Italija: CISA, environmental Sanitary Engineering Centre

V tem članku so avtorji predstavili izsledke preiskave učinkovitosti balističnega separatorja (ločevalca), ki so jo opravljali za različna področja njegove uporabe v okviru mehansko biološke obdelave odpadkov. Uspešno ločevanje mineralov iz toka odpadkov je ključnega pomena pri nadaljnji pridelavi visoko kakovostnega nadomestnega goriva. Preiskovali so tudi sejhalno sposobnost separatorja. Preiskovanje učinkovitosti uporabe balističnega separatorja pri obdelavi odpadkov je potekalo pri obdelavi velikih količin odpadkov. Namen uporabe balističnega separatorja je doseči učinkovito ločevanje mineralov in kamenja iz predhodno zdrobljenega in presejanega odpadnega materiala. Balistični separator lahko uporabimo tudi kot sito. Tako lahko zdrobljen material razdelimo na tri frakcije: frakcijo, ki se nadalje uporablja kot gorivo in iz katere izločimo težke trde snovi, fino

organsko bogato frakcijo, katero lahko nadalje biološko obdelamo, ter frakcijo, ki jo sestavljajo težke trde snovi. S spreminjanjem nastavitve sita pa lahko z balistično separacijo iz fine frakcije ločimo težje trdne snovi ter kalorično bogate snovi.

6. K. Soyez, S. Plickert (2003). ***Material flux management of waste by mechanical-biological pre-treatment***. V zborniku *devetega mednarodnega simpozija o ravnanju z odpadki, Sardinija 6. – 10. oktober 2003*. S. Margherita di Pula, Caligari, Italija: CISA, environmental Sanitary Engineering Centre

Po sprejetju evropske direktive o odlaganju je potrebno komunalne odpadke predhodno obdelati. V Nemčiji imajo sprejete zakone o odlaganju odpadkov, ki predpisujejo maksimalno kurilno vrednost odpadkov, ki jih lahko odlagajo. Ta vrednost ne sme preseči 6000 kJ/kg odpadkov. Zato je v Nemčiji zelo aktualna uporaba obratov MBP. V okvir takšnega obrata spada tudi čiščenje plina. V modernih objektih MBO 40 – 50% vhodnega materiala spremenijo v nadomestno gorivo (angleško Refuse Derived Fuel). V Nemčiji predstavlja ta vrednost 1,5 – 4 milijone ton goriva letno.

Recikliranje zbranega materiala ned postopkom MBO, kot sta železo in plastika, je bilo včasih drugotnega pomena, saj je bila glavna funkcija objekta zmanjševanje odpadkov, ki jih odlagamo na deponiji. V zadnjih letih pa je zbiranje materiala, ki ga lahko ponovno uporabimo, postalo pomemben faktor pri razvoju obratov MBO. Ti dandanes predstavljajo integrirano obdelavo trdnih komunalnih odpadkov, ki zmanjša količino odpadkov, ki jih vodimo na deponijo, za dve tretjini. Polovico vseh odpadkov ponovno uporabimo v industriji, 20% pa se jih 'izgubi' med postopkom biološke obdelave in sicer kot tvorba bioplina.

7. R. Stegmann, J. Heerenklage (2003). ***Anaerobic pretreatment of municipal solid waste with subsequent aeratio of the liquid phase***. V zborniku *devetega mednarodnega simpozija o ravnanju z odpadki, Sardinija 6. – 10. oktober 2003*. S. Margherita di Pula, Caligari, Italija: CISA, environmental Sanitary Engineering Centre

V laboratorijih so raziskovali kombinacijo postopkov anaerobne fermentacije, mokre biološke oksidacije ter naknadnega kompostiranja. Raziskave kažejo, da lahko za procesom fermentacije namesto kompostiranja uporabimo mokro oksidacijo. Z mokro oksidacijo lahko poleg ostalih lastnosti aerobne obdelave tudi kontrolirano odstranjujemo agresivna ogljik in dušik iz odpadkov. Ta elementa lahko potem odstranimo s čiščenjem izpušnega plina. Naknadno kompostiranje, ki je v Nemčiji nujno za doseganje predpisane kvalitete odpadkov za odlaganje, pa se lahko izvaja na odprtem pod streho.

Odpadke je potrebno obdelati v sežigalnici ali pa v mehansko-bioloških obratih. V zvezi s tem je podjetje *farmatic biotech energy ag* predstavilo skupaj s strokovnjakoma Stegmannom in Heerenklageom nov koncept obdelave odpadkov. Raziskave uspešnosti tega koncepta so bile opravljene na tehnični univerzi v Hamburgu na oddelku za ukvarjanje z odpadki.

8. G. Rettenberger (2003). ***Two years experience with a full scale two step anaerobic pretreatment process including a leaching out reactor.*** V zborniku *devetega mednarodnega simpozija o ravnanju z odpadki, Sardinija 6. – 10. oktober 2003*. S. Margherita di Pula, Caligari, Italija: CISA, environmental Sanitary Engineering Centre

Na odlagališču Kahlenberg v južni Nemčiji so preizkušali nov način predelave odpadkov. Tehnologija sestoji iz več korakov, in sicer: mehanska stopnja predelave, biološka anaerobna stopnja ter naknadna mehanska stopnja s postopkom sušenja. Glavni namen takšnega načina obdelave odpadkov je proizvodnja goriva iz odpadkov. Takšno gorivo je v obliki bioplina. S to energijo moramo pokriti energijske izgube obrata.

Biološki proces predstavlja uvajanje nove tehnologije v proces obdelave odpadkov. V prvem koraku tega procesa se odpadne snovi pripelje v mešalni reaktor, kjer se jim doda vodo. Med procesom perkolacije se organski material raztopi v vodi. To vodo se nato prečrpa v anaerobni del reaktorja, kjer nastaja bioplin. Odpadni material, ki izhaja iz reaktorja se najprej mehansko posuši, nato pa še biološko v ločenem reaktorju.

Takšen material je nato v stanju, ko se iz njega lahko izloči odpadno gorivo. Ta zadnji korak je ena od dobrih lastnosti te tehnologije. Članek prikazuje podatke o masi, energiji ter splošnem obnašanju takšnega procesa, ki so ga preučevali v Nemčiji.

9. Karl J. Thome – Kozmiensky (2003). *Sežiganje ali mehansko biološka obdelava odpadkov*. V 4. strokovno posvetovanje 'GOSPODARJENJE Z ODPADKI – Zbiranje in zažiganje odpadkov ter odpadna embalaža'. Slovenske Konjice, september 2003

Avtor članek prične z ugotovitvijo, da se diskusija o pravem načinu odstranjevanja odpadkov običajno začne z napačnim vprašanjem, kaj je najboljši postopek. Najprej bi se morali vprašati, kakšne kvalitete so odpadki, oziroma koliko so nevarni. Prav tako pomemben je tudi odgovor na vprašanje o nastanku odpadkov, torej o količini le teh v času načrtovanega zagona naprave. Dodatno se moramo vprašati, kakšna bo kvaliteta odpadkov in dopustna bremenitev okolja po obdelavi odpadkov. Pomembni pa so tudi regionalni in krajevni pogoji. Avtor ugotavlja, da šele odgovori na ta vprašanja pomagajo najti odgovor na vprašanje o pravem postopku obdelave odpadkov.

Pred obravnavanjem vprašanja o primerni tehnologiji za obdelavo odpadkov pri nas se avtor posveti kvaliteti in količini odpadkov, kot primer zakasnelih odločitev pa poda primer Berlina, kjer samo polovico odpadkov dodatno obdelajo, polovico pa odlagajo neobdelano na odlagališča, kjer ni niti poskrbljeno za osnovno tesnenje. V poglavju primerjave postopkov avtor ugotavlja, da mehansko biološka obdelava odpadkov ne predstavlja alternative sežiganju, ampak je vključena pred proces sežiganja.

V zaključku sledi ugotovitev, da so za Slovenijo ob upoštevanju gostote naseljenosti možne verjetno diferencirane, na infrastrukturo za odstranjevanje odpadkov prilagojene rešitve, na primer sežigalnice na gosto naseljenih področjih in po potrebi manjše, decentralizirane mehansko biološke naprave za obdelavo odpadkov.

10. Alfonz Grooterhorst (2001). *Waste composting Mechanical – biological treatment of municipal solid waste*. V *Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij simpozij Otočec 3. – 5. december 2001*. Otočec

Organske odpadke lahko predelujemo v aerobnih ali v anaerobnih pogojih. Obstajajo tri osnovne skupine odpadkov, ki se uvrščajo med tiste, ki jih lahko biološko predelujemo, in sicer zeleni odpadki (iz vrtov, parkov, gozdov), ločeno zbrani odpadki (gospodinjstva) ter organski odpadki iz industrije (predelava hrane ter lesa). V Nemčiji so letno obdelali 7,7 milijonov ton takšnih odpadkov v aerobnih obratih (kompostarne) in 1,2 milijona ton v anaerobnih obratih (gnitje). Za predelovanje tolikšne količine odpadkov je potrebno 550 aerobnih ter 45 anaerobnih obratov. Večina nastalega komposta se porabi na področju kmetijstva ter vrtničkarstva.

Od 01.06.2005 pa bo po zakonu potrebno TON (trdne odpadke iz naselij) s 30 do 50% vsebnostjo organskih snovi obdelati preden se jih bo lahko odlagalo na deponijah.

Nemčija si je zastavila dolgoročen cilj zmanjševanja deponijskih emisij (talni izpusti, deponijski plin) z obdelavo omenjenih odpadkov v inertno obliko. Za doseg tega cilja morajo vse občine in dežele vzpostaviti ali mehansko-biološki način obdelave odpadkov ali sežiganje odpadkov, lahko pa tudi kombinacijo obojega.

Članek se posveča smernicam celotne Evropske Unije na področju strategije obdelave trdnih komunalnih odpadkov.

11. Mag. Janez Ekart, doc. dr. Niko Samec (2001). ***Sistemi ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju.*** V *Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij simpozij Otočec 3. – 5. december 2001.* Otočec

Avtorja v članku govorita o sistemu ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju, izhajala pa sta iz tega, da iščemo rešitev, kakšen sistem ravnanja s komunalnimi odpadki uporabiti na območju s cca. 200.000 prebivalci in letno količino 100.000 ton komunalnih odpadkov. Pri tem so izvzeti gradbeni odpadki, razen tistega dela gradbenih odpadkov, ki nastajajo v posameznih gospodinjstvih. Pri odločitvi, katere načine ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju uporabiti, sta avtorja upoštevala prioritetni red posameznih načinov ravnanja s odpadki, ki jih predvideva EU strategija. Avtorja sta glede na v praksi smiselne tehnološke rešitve ravnanja s komunalnimi odpadki določila 5 različnih sistemov ravnanja z odpadki in

jih med seboj primerjala. Da bi lahko zagotovili kompleksno oceno obravnavanega sistema ravnanja s komunalnimi odpadki sta avtorja vsak sistem ovrednotila iz tehnološkega, ekonomskega, okoljskega in sociološkega vidika. Ta članek mi je bil v veliko pomoč pri vrednotenju ekonomskega vidika mehansko biološke obdelave odpadkov.

12. J. Jeffrey Peirce, Ruth F. Weiner, P. Aarne Wesilind (1998). *Environmental pollution and control, fourth edition*. Boston, Oxford, Johannesburg, Melbourne, New Delhi, Singapore: Butterworth - Heiremann

Avtorji v uvodu navajajo, da ljudje naseljujemo zemljo v alarmantnih številkah in da je problem ravnanja z odpadki navkljub novim tehnologijam bolj pereč kot kdajkoli. Postopki ravnanja z odpadki so se v preteklih tridesetih letih spremenili, stroški ohranjanja zdravega okolja pa se povečujejo. Dobro je, da se je skrb za okolje razvila in sedaj so ljudje v razvitem delu sveta bolj in bolj ozaveščeni. Posledica tega je, da je okoljevarstvo postalo pomembna politična agenda. Knjiga obravnava predvsem etiko ravnanja z odpadki, osredotoča pa se na onesnaževanje vode, njeno čiščenje, oskrbi z vodo, onesnaževanju zraka, merjenju kakovosti zraka, radioaktivnim odpadkom in pa tudi odlaganju, obdelavi in reciklaži trdnih odpadkov.

V knjigi so lepo opisani določeni postopki pri ponovni uporabi in recikliranju, kot so bobnasto sito, magneti in komposti. V poglavju o trdnih odpadkih dobro predstavi osnove ravnanja z njimi.

13. *European commission (2005). Integrated pollution prevention and control – reference document on best available techniques for the waste treatments industries, avgust 2005*

Referenčni dokument evropske komisije o integriranem preprečevanju in nadzoru predstavi najboljše dosegljive postopke (BAT) na področju ravnanja z odpadki. V tem dokumentu so med drugim zajeti uporaba odpadkov kot gorivo, recikliranje odpadkov,

skladiščenje odpadkov in biološka obdelava odpadkov. Dokument je del izmenjave podatkov med državami članicami EU. Namen dokumenta je v prvi vrsti zmanjšati neravnovesja glede ravnanja z odpadki v različnih državah članicah.

14. H. Santen, K. Fricke (2005). ***Percolation as pre-treatment before anaerobic digestion – results of small scale surveys and full-scale balancing campaigns.*** V zborniku *desetega mednarodnega simpozija o ravnanju z odpadki, Sardinija oktober 2005*. S. Margherita di Pula, Caligari, Italija: CISA, environmental Sanitary Engineering Centre

Učinkovitost anaerobne razgradnje je v veliki meri odvisna od količine razgradljivih organskih snovi v odpadkih. S predhodnim pronicanjem vode pa se povečata učinkovitost razgradnje ter stabilnost postopka. To je rezultat raziskave, ki so jo opravili v nemški univerzi Braunschweig. Zaradi povečanja stopnje razgradnje biološko razgradljivih snovi se posledično poveča proizvodnja bioplina. To pomeni, da energijske izgube delovanja pronicanja pokrijemo z bioplinom. Zaradi povečane učinkovitosti pa je tudi čas anaerobne razgradnje krajši.

15. Mag. Vlasta Ojsteršek, univ. dipl. inž., Izr.prof. dr. Niko Samec, univ. dipl. inž., Izr. prof. dr. Viktor Grilc, univ. dipl. inž. (2006) **MBO/BMO kot sodobna metoda predelave komunalnih odpadkov – izkušnje v Sloveniji** v reviji *Gospodarjenje z odpadki, februar 2006, str. 8*

Avtorji so se v tem delu posvetili možnosti vpeljave postopka mehansko biološke obdelave v Slovenijo. Ministrstvo za okolje in prostor RS je določilo, da mora biti vsebnost biološko obdelanega organskega ogljika manjša od 5%. Avtorji so za status obravnavanega odpadka najprej določili reprezentativni vzorec, nato pa je sledil praktični preizkus MBO/MBP metode v podjetju za predelavo odpadkov Letnik – Saubermacher Lenart. V podjetju imajo objekte za obdelavo mešanih komunalnih odpadkov ter kompostarno. Avtorji podajajo tudi ekonomski model, ovrednoten na

empiričnem zgledu. V tem članku so lepo predstavljene različne tehnologije drobljenja in ločevanja odpadkov.

V zaključku tega dela pa navajajo smernice, ki nas bodo na področju predelave komunalnih odpadkov vodile v nadaljnji razvoj in uporabo učinkovitih implementacij.

16. Javno podjetje Snaga d.o.o. (2005) **predstavitev aktivnosti za objekte obdelave odpadkov v regionalnem centru za ravnanje z odpadki (RCERO) na območju odlagališča nenevarnih odpadkov barje v Ljubljani** na internetnih straneh www.snaga.si

V študiji so bili obdelani različni tehnološki sklopi, kot sta postopek obdelave mešanih komunalnih odpadkov z mehanskim ločevanjem, obdelavo biološko razgradljive frakcije in proizvodnjo nadomestnega goriva, ter postopek biološke suhe stabilizacije z izločanjem lahke frakcije z visoko kalorično vrednostjo ter s proizvodnjo sekundarnega goriva. Z upoštevanjem izločitvenih kriterijev so bili določeni postopki iz procesa ocenjevanja primernosti izločeni, iz preostalih pa so bile izdelane 4 variante, ki so bile ocenjevane glede na ekonomska, tehnično obratovalna ter okoljska merila. Ocenjevanje je dalo najugodnejšo varianto, ki je morala biti v skladu tudi z usmeritvami EU in slovenske zakonodaje.

17. Javno podjetje Snaga d.o.o. (2005) **Količine in sestava mešanih (neločenih) gospodinjskih odpadkov (MGO) zbranih v okviru javnega podjetja Snaga d.o.o., Ljubljana ter ločenih organskih kuhinjskih odpadkov gospodinjstev (OKOG) in preostanka mešanih gospodinjskih odpadkov (PMGO) s poskusnega območja ločenega zbiranja OKOG Ljubljana-Šiška za zimo 2005/2006** na internetnih straneh www.snaga.si

V podjetju Snaga so opravili del obsežnih analiz sestave mešanih (neločenih) gospodinjskih odpadkov Ljubljane za obdobje zime 2005/2006. Analize sestave tako ločenih organskih kuhinjskih odpadkov gospodinjstev (OKOG) kot preostanka

mešanih gospodinjskih odpadkov (PMGO) na poskusnem območju ločenega zbiranja odpadkov OKOG v ljubljanski Šiški kažejo na velike razlike v sestavi obeh vrst odpadkov, še zlasti pa očitno odražajo premajhno sodelovanje povzročiteljev odpadkov pri sicer zakonsko predpisanem ločevanju posameznih sestavin, katerih odlaganje v nepredelanem stanju bo v prihodnosti drastično omejeno.

Vsaka sprememba pri ravnanju z odpadki, še zlasti pa neposredno pri povzročiteljih, zahteva za doseg bistvenega napredka svoj čas. Ugotovljene velike razlike med izplenom ločeno odloženih in zbranih organskih kuhinjskih odpadkov iz gospodinjstev (OKOG) med povzročitelji odpadkov živečih v hišah in blokih odražajo razlike tudi v načinu razmišljanja in tako odnosu do ločevanja odpadkov. Sicer je za spremembo odnosa ljudi do ravnanja z gospodinjskimi (in tudi drugimi) odpadki potreben čas, vendar samo čas ni dovolj.

18. R. Stegmann (2005). ***Mechanical biological pretreatment of municipal solid waste.*** V zborniku desetega mednarodnega simpozija o ravnanju z odpadki, Sardinija oktober 2005. S. Margherita di Pula, Caligari, Italija: CISA, environmental Sanitary Engineering Centre

Avtor je v tem delu predstavil osnove mehansko biološke obdelave odpadkov s predvsem z grafičnimi tabelami in preglednicami. Osredotočil se je na doseganje ciljev zmanjševanja vsebnosti biološko razgradljivih snovi v komunalnih odpadkih, ki jih je predpisala evropska unija. Ta cilj je zmanjšati količino biološko razgradljivih odpadkov, ki jih vodimo na odlagališče, za 25% do leta 2006, 50% do leta 2009 ter 65% do leta 2016 glede na izhodiščno leto 1995. Predstavi tudi nemško zakonodajo glede odlaganja odpadkov, ki po juniju leta 2005 prepoveduje odlagati neobdelane odpadke.

19. Klaus Fricke, Heike Santen, Rainer Wallmann, Axel Huttner, Norbert Dichtl(2006). ***Operating problems in anaerobic digestion plants resulting from nitrogen in MSW*** v reviji *Waste Management*, februar 2006, str.12

Organski in komunalni odpadki iz naselij običajno vsebujejo velike količine različnih dušikovih spojin, ki lahko škodujejo postopku anaerobne razgradnje in ustvarjajo probleme tudi pri nadaljnjih tehnoloških stopnjah obdelave odpadkov, še posebno pri čiščenju odpadnih voda ter zračnih emisij. V tem članku se avtorji posvetijo osvetljevanju omenjenih težav ter predlagajo ukrepe za njihovo odpravljanje. Pri tem se opirajo na lastne izkušnje ter na s to temo povezano literaturo. Ta članek mi je pomagal dobiti dober pogled na vlogo dušika pri postopkih obdelave odpadkov, v njem pa avtorji obravnavajo tudi čiščenje odpadne vode, ki pri teh postopkih nastaja.

20. *K. Fricke, H. Santen, R. Wallmann (2005). Comparison of selected aerobic and anaerobic procedures for MSW treatment v reviji Waste Management, marec 2005, str. 12*

V tem delu avtorji obdelajo do sedaj znane podatke o učinkovitosti in različnih variantah aerobne in anaerobne obdelave trdnih odpadkov iz naselij. Podatki se navezujejo izključno na proces mehansko biološke obdelave odpadkov in pripravo le teh na odlaganje. V primerjavi z aerobno je anaerobna obdelava ekološko primernejša v smislu pridobivanja zelene energije ter boljšimi vrednostmi izpustov. Slabša stran tega načina obdelave pa je pojav odpadnih vod, ki jih je potrebno pred izpustom očistiti. Večina anaerobnih postopkov je v uporabi manj časa, zato nimamo na voljo veliko operativnih izkušenj s tega področja. Za doseganje strogih kriterijev vsebnosti biološko razgradljivih snovi v odpadkih, ki jih odlagamo, pa samo anaerobna obdelava ni dovolj. Tako obdelani odpadki morajo še dodatno aerobno razpadati v naknadni aerobni obdelavi. Anaerobna obdelava vsekakor ima velik potencial uporabe v obratih mehansko biološke obdelave v prihodnosti.

1. Uvod

Učinkovito ravnanje z odpadki, ki jih vsakodnevno proizvajamo, je občutljiva tema, saj moramo problem reševati dolgoročno. Dejstvo je, da bodo napake, ki jih naredimo danes trpeli naši zanamci. Živimo v potrošniškem svetu, v katerem ljudje na tak ali drugačen način proizvajamo velike količine odpadkov, obenem pa naseljujemo Zemljo v vedno večjih številkah. To pomeni, da se količine odpadkov povečujejo, posledično pa primanjkuje prostora na odlagališčih odpadkov. Zato je smotrno čim večje količine odpadnih snovi vrniti v proizvodni proces ter tako zmanjšati količino snovi, ki se vodijo na odlagališča.

Način uporabe ter hitrost izkoriščanja obnovljivih in neobnovljivih virov energije pospešeno zmanjšujeta zmožnost planeta do obnavljanja virov, od katerih je odvisno gospodarstvo. V zadnjem stoletju smo ljudje izkoriščali vire v večjem obsegu kot kadarkoli v naši zgodovini, in če se bodo sedanji vzorci izrabe ohranili, se bo izginjanje naravnih virov in s tem propadanje okolja nadaljevalo. V svetu je namreč veliko razvijajočih se držav, ki prispevajo k povečani porabi virov. Ta problem je potrebno reševati trajnostno z zmanjšanjem izrabe naravnih virov in s ponovno vpeljavo že uporabljenih virov v proizvodni proces, vendar ne na račun manjše gospodarske rasti. Problem predstavlja tudi odlaganje neobdelanih zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov. Takšni odpadki namreč niso inertni, iz njih pa se v okolje sproščajo različne škodljive snovi, kot so odpadne vode in zračne emisije.

Odgovor na vprašanje kako rešiti te pereče probleme, se skriva v recikliranju ter obdelavi odpadkov. Ena od metod obdelave, ki se v razvitem svetu vedno bolj uveljavlja, je mehansko biološka obdelava. V mojem diplomskem delu sem se posvetil prav omenjenemu principu obdelave, različnim variantam principa in njegovim tehnološkim sklopom. Posvetil sem se še problematiki ravnanja s komunalnimi odpadki v osrednjeslovenskem prostoru s poudarkom na recikliranju in obdelavi odpadkov v ljubljanski pokrajini. V zadnjem delu pa sem podal še rezultate laboratorijske analize vzorcev ločeno zbranih komunalnih odpadkov s področja Ljubljane.

2. Definicija in vrste odpadkov

2.1 Klasifikacija odpadkov in Pravilnik o ravnanju z odpadki

Pod besedo odpadek se skriva cela vrsta snovi, s katerimi je potrebno pazljivo ravnati.

Odpadek je namreč po definiciji vsaka snov ali predmet, ki ga imetnik ne želi ali ne more več uporabiti, ga ne potrebuje in ga zato odvrže. Definicija odpadka ima velik pomen pri ugotavljanju, ali pri neki dejavnosti nastane snov, ki se lahko uvršča med odpadke.

Sistemska ureditev na področju odpadkov je pri nas po letu 1998 bistveno napredovala.

Predvsem intenzivno uveljavljanje zakonodaje rezultira v pravni ureditvi, ki obsega skupno 21 podzakonskih aktov, sprejetih na osnovi zakona o varstvu okolja. Okvirni oziroma osnovni predpis, ki ureja področje odpadkov, je Pravilnik o ravnanju z odpadki (v nadaljevanju Pravilnik), ki je glavni predpis te vrste (Uradni list RS št. 84/98, 45/00, 20/01). Imenuje se tudi splošni pravilnik o odpadkih, saj na splošni način določa ravnanje z njimi. Dopolnjujeta ga dve hčerinski skupini predpisov. V prvo spadajo predpisi, ki obravnavajo posamezne vrste odpadkov (npr. ravnanje z odpadnimi olji, embalažo in odpadno embalažo, baterijami ipd.) in v drugo predpisi, ki obravnavajo zahteve po posameznih dovoljenjih in pogoje za obratovanje objektov in naprav za ravnanje z odpadki (odlaganje, sežiganje, mehanska in biološka obdelava odpadkov ipd.). Pravilnik v prvem členu navaja klasifikacijski seznam odpadkov in nevarnih odpadkov ter obvezna ravnanja z njimi in druge pogoje za zbiranje in prevažanje, predelavo in odstranjevanje odpadkov. Spodnji seznam izvira iz evropskega kataloga odpadkov (EWC).

Glavne skupine odpadkov v klasifikacijskem seznamu odpadkov, podan v pravilniku:

- 01 Odpadki pri raziskavah, rudarjenju, pripravi in predelavi rudnin
- 02 Odpadki iz kmetijstva, vrtnarstva, lova, ribištva, ribogojstva in proizvodnje hrane
- 03 Odpadki iz obdelave predelave lesa in proizvodnje papirja, kartona, vlaknine, plošč in pohištva
- 04 Odpadki pri proizvodnji usnja, krzna in tekstila
- 05 Odpadki pri rafineriji nafte, čiščenju zemeljskega plina in pirolizi premoga

- 06 Odpadki iz anorganskih kemijskih procesov
- 07 Odpadki iz organskih kemijskih procesov
- 08 Odpadki pri proizvodnji, pripravi, dobavi in uporabi premazov, lepil, tesnilnih mas in tiskalnih barv
- 09 Odpadki pri fotografskih dejavnostih
- 10 Anorganski odpadki iz termičnih procesov
- 11 Anorganski, kovine vsebujoči odpadki iz obdelave in površinske zaščite kovin in hidrometalurgije barvnih kovin
- 12 Odpadki iz postopkov oblikovanja in površinske obdelave kovin in plastike
- 13 Odpadna olja (razen jedilnih olj, 05 in 12)
- 14 Odpadki iz uporabe organskih topil (razen 07 in 08)
- 15 Odpadna embalaža, adsorbenti, čistilne krpe, filtrirna sredstva in zaščitne obleke, ki niso navedeni drugje
- 16 Odpadki, ki niso navedeni drugje v seznamu
- 17 Gradbeni odpadki in ruševine (vključno z odpadnimi materiali pri gradnji cest)
- 18 Odpadki iz zdravstva in veterinarstva ter z njima povezanih raziskav (brez odpadkov iz kuhinj in restavracij, ki ne izvirajo iz neposredne zdravstvene nege)
- 19 Odpadki iz naprav za obdelavo odpadkov, naprav za čiščenje odpadne vode in objektov vodooskrbe
- 20 Komunalni odpadki in njim podobni odpadki iz industrije, obrti in storitvenih dejavnosti, vključno z ločeno zbranimi funkcijami

Pomembno pa je tudi povedati, da se pravilnik eksplicitno ne uporablja za naslednje snovi:

- snovi, ki se s plini izpuščajo v zrak,
- radioaktivne odpadke,
- jalovino, ki nastaja pri obdelavi mineralnih snovi,
- odpadke iz klavnic,
- živinska gnojila in organske snovi, primerne za kompostiranje in ki nastajajo v kmetijstvu,
- snovi, ki se z odpadnimi vodami odvajajo neposredno v vode ali v Kanalizacijo in za
- odpadke, ki nastajajo pri ravnanju z bojnimi sredstvi.

2.1.1 Biološko razgradljivi odpadki

Med biološko razgradljive odpadke uvrščamo naslednje vrste odpadkov:

- odpadni papir, lepenka in tekstil,
- odpadki iz zelene biomase in naravnega lesa, ki nastanejo kot odpadki iz vrtov in parkov in kot odpadki pri predelavi rastlin, ki ni namenjena prehrani,
- odpadna hrana in organski odpadki, ki nastanejo pri proizvodnji ali pripravi hrane. To so predvsem kompostirni odpadki iz gospodinjestev, menz in restavracij, kompostirni odpadki, ki nastajajo pri pripravi hrane rastlinskega izvora in kompostirni odpadki, ki nastanejo pri pripravi in predelavi mesa, rib in drugih živil živalskega izvora, in
- odpadki iz obdelave in predelave lesa in drugi odpadki iz lesa, lubja, plute in slame.

2.1.2 Komunalni odpadki

Komunalni odpadki so odpadki, ki nastajajo v naseljih oziroma v gospodinjstvih, poslovnih in javnih objektih ter kot odpadki v lažjih industrijskih obratih. Komunalni odpadki ne vsebujejo nevarnih snovi, mednje pa tudi ne spadajo industrijski odpadki, kmetijski odpadki, odpadki, ki so posledica rudarjenja ter kanalizacijski odpadki. Ker se bom pri tem seminarju ukvarjal predvsem s temi odpadki, sem podal tudi naslednjo tabelo, v kateri so podrobneje klasificirani komunalni odpadki ter prikazani njihovi izvori.

Preglednica 1: Izvor in vrste komunalnih odpadkov

izvor kom. odpadkov	primer izvora	vrste odpadkov
gospodinjstva	enostanovanjske hiše, vrstne hiše, bloki	ostanki hrane, papir, karton, plastika, tekstil, usnje, odpadki z vrta, les, steklo, pločevinke, aluminij, pepel, posebni odpadki (elektronika, baterije, olja, gume), nevarni odpadki
poslovni objekti	trgovine, restavracije, pisarne, tiskarne, vulkanizer, ...	papir, karton, plastika, les, ostanki hrane, steklo, kovine, nevarni odpadki
javni objekti	šole, bolnišnice, zapori, vladni objekti	takšni odpadki kot pri poslovnih objektih
Odpadki v industrijskih objektih (razen odpadkov, ki so posledica industrijskega procesa)	razne pisarne v industrijskih objektih lažje in težke industrije, kemične tovarne, rafinerije,...	takšni odpadki kot pri poslovnih objektih

3. Metode zmanjševanja količine odpadkov, ki jih odlagamo na deponiji

Če bi vse komunalne odpadke odložili na deponiji, bi bile le te kaj kmalu polne in iskati bi morali nove lokacije, primerne za odlaganje. Seveda se hočemo temu izogniti, saj tak pristop k ravnanju z odpadki ni ekonomičen iz več vidikov. Zato iščemo načine, s katerimi bi dosegli, da bi bila končna količina odpadkov čim manjša. V svetu se uveljavlja tako imenovani integrirani način zmanjševanja odpadkov. Po tem načinu se lotevamo zmanjševanja volumna z uporabo več načinov naenkrat. Obstajajo trije osnovni načini zmanjševanja količine odpadkov, ki jih bom na kratko opisal v nadaljevanju.

3.1 Zmanjševanje količine odpadkov na izvoru

Pri tem načinu se osredotočimo na zmanjševanje volumna in/ali strupenosti nastalih odpadkov. Vsem poznan primer je vračljiva steklena embalaža. Pri tem gre za to, da dobimo povrnjen določen znesek izdelka, če vrnemo embalažo, ki je vsebovala ta izdelek. Seveda je to ekonomično samo v primeru, če se embalaža lahko ponovno uporabi v proizvodnem procesu. Enostavnejši primer pa se pojavi pri košnji trave in sicer, če pokošeno travo ne odložimo npr. v kontejner ampak pa jo pustimo ležati na zelenici. Podoben primer je tudi takšno načrtovanje parkov ali vrtov, ki stremi k temu, da iz parka izhaja čim manj odpadnega materiala, kot je listje. Takšni in podobni načini zmanjševanja odpadkov se šele uveljavljajo, njihov čas pa verjetno šele prihaja. Za uspešno izvajanje takšnega načina je potrebna visoka ekološka zavest prebivalstva, postopek ozaveščanja pa je dolg in večletni proces.

Količino odpadkov lahko zmanjšuje vsak posameznik tudi s tem, da kupuje manj ter izdelke bolj ekonomično uporablja. Tudi proizvajalci lahko veliko prispevajo k uspešnosti takšnega načina, na primer z izdelavo izdelkov z daljšo življenjsko dobo.

Glavni problem je v tem, da se takšna miselnost ne sklada z današnjo kapitalistično miselnostjo ponudbe in povpraševanja. Zato je še toliko bolj potrebno, da imamo učinkovit sistem obdelave odpadkov, s katerim uspešno zmanjšujemo količino odloženih odpadkov.

3.2 Recikliranje in kompostiranje

Recikliranje in kompostiranje sta v javnosti najbolj pozitivno sprejeta ter najbolj množično uporabljana načina. Z recikliranjem v proizvodni proces vračamo določene surovine iz celotne mase odpadkov. Pri recikliranju pa ni pomembno le zmanjšanje končne količine odpadkov ter vračanje surovin v proizvodnjo, ohranjamo tudi neobnovljive vire in s tem zmanjšamo potrebo po izkoriščanju novih. Tako tudi zmanjšamo škodljive vplive na naravo, ki se pri tem pojavijo.

Recikliranje ugodno deluje tudi na nadaljnjo obdelavo odpadkov v obratih za termično obdelavo in v kompostih, saj z njim izločimo tiste materiale, ki za proces niso primerni.

Lep in enostaven primer recikliranja je zbiranje steklovine, ki se vrača nazaj v industrijo. V tem primeru se ne uporablja celotne embalaže temveč razbito steklovino, ki se vrne v prvo stopnjo procesa. Podobno se lahko zbira tudi papir ter plastiko, zelo pomembno pa je tudi zbiranje nevarnih snovi, kot so baterijski vložki.

Da bi bilo recikliranje učinkovito, ga je potrebno približati ljudem. Pomemben element recikliranja je dostopnost do kontejnerjev. V Sloveniji se že nekaj časa uvaja tak način enostavnejšega recikliranja odpadkov. V Ljubljani obstajajo tako imenovani zeleni otoki, ki sestojijo iz treh kontejnerjev za zbiranje steklovine, ostale embalaže (plastika) in papirja.

Enostavnost recikliranja pa ni edini pogoj za njegovo uspešno delovanje. Prav tako so pomembni ekonomski pogoji zanj. Strošek odlaganja določenega materiala mora biti tak, da se recikliranje izplača. Nujno pa je imeti tudi vzpostavljen trg za reciklirane izdelke. Da bi zagotovili uspešnost takšnega trga, moramo imeti stalno dobavo recikliranih materialov. Eden od problemov pri recikliranju pa je, da država s svojimi programi recikliranja lahko prehiti trg in pride do pomanjkanja materiala.

Seveda je potrebno imeti tudi ustrezno tehnologijo za obdelavo recikliranih snovi.

Tudi recikliranje pa je v veliki meri proces, ki je odvisen od ozaveščenosti prebivalstva.

3.3 Sežiganje odpadkov

Pri tem procesu zelo zmanjšamo volumen odpadkov, poleg tega pa s tem tudi pridobivamo energijo. Energijo lahko pridobivamo v obliki pare ali v obliki elektrike. Ni nujno, da se takšno pridobivanje energije tudi nujno izplača. Smotrnost umestitve sežigalnice v prostor je odvisna od ekonomskega stanja v regiji. Pri tem mislim na ceno energije v regiji ter na ceno zemljišča. Čeprav s sežiganjem ne pridobivamo konkurenčne energije, pa zelo zmanjšamo volumen odpadkov ter s tem dolgoročno privarčujemo pri nakupu zemljišč, namenjenih za deponije.

Podobno velja za tiste lokacije odlagališč za odpadke, ki so zelo oddaljene od izvora odpadkov. S problemom pri iskanju takšnih zemljišč se soočajo v velikih mestih, saj mora biti deponija zaradi higienskih razlogov zadosti oddaljena od urbanega naselja, kar pa zelo poveča tudi stroške prevoza odpadkov. Na splošno stroški zbiranja in odvoza odpadkov znašajo 50 do 60% celotnih stroškov ravnanja s komunalnimi odpadki.

Pri sežigu nastaja pepel, ki je zelo pogosto nevaren odpadek in ga ni mogoče reciklirati.

Pojavljajo se razne možnosti nadaljnje uporabe pepela kot gradbenega materiala, npr. cementa. Sežigalnice pa imajo tudi svoje slabe lastnosti. Ena od njih je velik strošek izgradnje in relativno visoka stopnja znanja o sežigalnici, da jo lahko varno uporabljamo. Dejstvo pa je, da tudi ljudje niso preveč naklonjeni sežigalnicam. Zaskrbljenost je povezana s strupenostjo plinov ter proizvedenega pepela. Sežigalnice je potrebno natančno načrtovati, da se izognemo ogrožanju zdravja in okolja.

Največja alternativa ali dopolnilo mehansko biološki obdelavi (v nadaljevanju MBO) so prav sežigalnice. Pri obravnavanju vloge obratov MBO se soočamo tudi z vprašanjem, ali naj takšna obdelava služi le kot predpriprava sežiganju odpadkov ali pa predstavlja samostojni obrat in s tem alternativo sežigalnicam.

3.4 Integrirani način ravnanja z odpadki

Kot sem že omenil v uvodu tega poglavja, integriran način ravnanja z odpadki vsebuje več zgoraj opisanih postopkov. Največ občin oz. regij uporablja dva ali več načinov naenkrat, toda obstaja le nekaj primerov, ko je v uporabi dobro delujoč integriran način. Pred uvedbo

integriranega načina je potrebno izdelati podrobno strategijo ravnanja s komunalnimi odpadki ter analizo optimalne uporabe variant.

Pri odločitvi, katere načine ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju izberemo, upoštevamo prioritetni red posameznih načinov ravnanja z odpadki, ki jih predvideva EU strategija:

- 1. prioriteta: preprečevanje oz. zmanjševanje nastajanja odpadkov na izvoru
- 2. prioriteta: ponovna uporaba odpadkov oz. njihovih komponent ali njihovih materialov (kot sekundarnih surovin), ki imajo zahtevano funkcionalnost ali čistost
- 3. prioriteta: snovna izraba komunalnih odpadkov. To dosežemo s sortiranjem in recikliranjem
- 4. prioriteta: termična izraba komunalnih odpadkov s termično energijo
- 5. prioriteta: odlaganje stabiliziranega preostanka odpadkov na deponiji

Prioritetni način se lahko menja v odvisnosti od pogojev (tehnoloških, logističnih, ekonomskih...) v okolju. Vsako okolje je namreč specifično in zahteva ločeno obravnavanje uporabe kombinacije zgoraj navedenih opcij.

4. Evropska zakonodaja na področju komunalnih odpadkov

V zadnjih letih so se v evropskem prostoru pojavile nove razmere na področju ravnanja z odpadki, ki so spremenile investicijske, komercialne in razvojno-planske razmere. Številne mednarodne konvencije obvezujejo države k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, zmanjševanju odloženih biorazgradljivih odpadkov, vzpodbujanju izrabe biološko razgradljivih snovi in odpadkov s ciljem pridobivanja energije, vzpodbujanju izrabe energetsko bogatih frakcij odpadkov, itd. Ko je Slovenija postala članica EU je prevzela evropski pravni red in s tem vse pripadajoče obveznosti, vključno z izpolnjevanjem EU-IPPC direktive.

Takšni načini ravnanja z odpadki ne predstavljajo le negativnih obveznosti za izboljšanje okolja, pri tem mislim predvsem na stroškovno plat uveljavitve takšnih sistemov, temveč imajo tudi pozitivne plati. Sektor za ravnanje z odpadki in recikliranje ima visoko stopnjo rasti in ocenjen prihodek več kot 100 milijard EUR za EU-25. Zagotavlja tudi veliko delovnih mest, je delovno intenziven. Kar okoli 50 % papirja in jekla, 43 % stekla in 40 % barvnih kovin, pridelanih v EU, izvira iz recikliranih surovin. Trajnostna raba virov, ki vključuje trajnostno proizvodnjo in porabo virov je ključna v doseganju blaginje v EU in po svetu. Tudi strategija EU za rast in zaposlovanje, sprejeta leta 2005, namenja veliko prednost trajnejši rabi virov v EU.

Okoljska politika Evropske unije trenutno sledi prednostnim področjem delovanja, ki so določena s šestim okoljskim akcijskim programom Unije. Ta področja so:

- boj proti podnebnim spremembam,
- zaščita narave in biotske raznovrstnosti,
- ohranjanje okolja, zdravja in kakovosti življenja,
- ohranjanje naravnih virov.

Strategija ravnanja z odpadki v Evropi je torej usmerjena k povečanju recikliranja in zmanjšanju odlaganja odpadkov. EU si je zadala cilj zmanjšati biološko razgradljivi del odpadkov, ki se odlaga na odlagališčih. To zmanjšanje bo potekalo v treh korakih. Izhodiščna vrednost so statistični podatki iz leta 1995 o sestavi odpadkov, ki jih odlagamo. V prvem koraku je bilo potrebno do leta 2006 zmanjšati količino odloženih biološko razgradljivih odpadkov za 25%, v drugem koraku bo do leta 2009 to količino potrebno zmanjšati za 50%, do leta 2016 pa za 65%.

Akcijski načrt, predviden za obdobje desetih let je Komisijo zadolžil za izdelavo sedmih tematskih strategij. V letu 2005 so bile sprejete štiri tematske strategije, in sicer strategije, ki se nanašajo na zrak, morsko okolje, odpadke in vire. Slednji strategiji ter novo direktivo evropskaga parlamenta in sveta o odpadkih bom prikazal v naslednjih podpoglavjih.

4.1 Direktiva evropskega parlamenta in sveta o odpadkih

Okvirna direktiva o odpadkih je direktiva 75/442/EGS. Ta direktiva je bila eden prvih pravnih ukrepov za zaščito okolja na ravni EU. Zakonodaja o odpadkih se je občutneje razvijala od leta 1975 dalje. Najprej je bil vzpostavljen splošni okvir in odpravljeni so bili številni problemi, kot so problemi, ki se nanašajo na odpadna olja in titanov dioksid. Nadalje so bili pripravljene standardi za odlagališča in sežigalnice. V zadnjem valu pa so direktive o recikliranju vzpostavile potrebno organizacijo in financiranje za pospešitev recikliranja posameznih tokov odpadkov. Nadaljnji večji zakonodajni ukrepi sicer niso potrebni, vendar pa je tematska strategija za preprečevanje in recikliranje odpadkov ugotovila tri glavne razloge za izvajanje spremembe te direktive. Prvi razlog je, da se je pokazalo, da nekatere opredelitve v direktivi niso dovolj razumljive. Pravna varnost je nezadostna predvsem pri opredelitvi odpadkov in pri razlikovanju med predelavo in odstranjevanjem odpadkov. Drugič tematska strategija za preprečevanje in recikliranje odpadkov uvaja nov pristop k politiki ravnanja z odpadki. Ta pristop je bolj prilagojen okoliščinam, katerih večina pomembnih postopkov ravnanj z odpadki je zdaj zajeta v okoljski zakonodaji. Pomemben del te strateške spremembe je premik k pristopu, ki bo temeljil na standardih. In tretjič, ta predlog poenostavlja obstoječi pravni okvir, saj bi razveljavil direktivo 75/439/EGS o odstranjevanju odpadnih olj in vključil direktivo 91/689/EGS o nevarnih odpadkih v Okvirno direktivo o odpadkih.

Zgoraj opisani predlog spreminja Direktivo 75/442/EGS (okvirno direktivo o odpadkih) in razveljavlja obe direktivi 91/689/EGS o nevarnih odpadkih s strnitvijo odločb v Okvirni direktivi o odpadkih in Direktive 75/439/EGS (direktiva o odpadnih oljih) z vključitvijo obveznosti o posebnem zbiranju.

Glavne spremembe Okvirne direktive o odpadkih so torej:

- Uvedba okoljskega cilja
- Pojasnitev pojmov predelava in odstranjevanje
- Pojasnitev pogojev za mešanje nevarnih odpadkov
- Uvedba postopka za pojasnitev, kdaj odpadki prenehajo biti odpadki za izbrane tokove odpadkov

- Uvedba minimalnih standardov ali postopka za določitev minimalnih standardov za številne postopke ravnanja z odpadki
- Uvedba zahteve za pripravo nacionalnih programov za preprečevanje nastajanja odpadkov.

Sprememba Direktive 75/442/EGS je nujna zaradi pojasnitve ključnih konceptov, kot so opredelitve odpadkov, predelave in odstranjevanja, okrepitve ukrepov, ki jih je treba izpeljati za preprečevanje nastajanja odpadkov. Nujna je tudi zaradi uvedbe pristopa, ki bo upošteval celoten življenjski krog proizvodov in surovin in ne le faze odpadkov. Pomembno je tudi osredotočanje na zmanjšanje vplivov na okolje zaradi nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi in na ta način krepitev gospodarske vrednosti odpadkov. Zaradi jasnosti je torej potrebno Direktivo 75/442/EGS zamenjati.

Notranji trg z odpadki lahko obstaja le, kadar EU opredeli skupne ključne pojme, kot so odpadki, predelava in odstranjevanje, in kadar so določeni jasni minimalni standardi, ki se nanašajo na ravnanje z odpadki. Predlog za spremembo Okvirne direktive o odpadkih ureja vidike, kot so opredelitve in minimalni standardi, pri čemer dovoljuje državam članicam izvajanje podrobnosti pri njihovih pristopih k ravnanju z odpadki na nacionalni, regionalni in lokalni ravni. Predlog tudi uvaja številne novosti, zaradi katerih se bodo zmanjšale finančne in upravne obremenitve upravljanja odpadkov, pri čemer bo ohranjena visoka raven zaščite zdravja okolja in ljudi.

Ta predlog predvideva poenostavitev zakonodaje, poenostavitev upravnih postopkov za javne organe (EU ali nacionalne) ter poenostavitev upravnih postopkov za zasebne stranke.

Določijo se postopki za omogočanje merila brez odpadkov, uvede se tudi pojasnilo, kdaj odpadki prenehajo biti odpadki. S tem se uvede relief, ki regulira reciklirane surovine ali proizvode, ki za okolje predstavljajo majhno tveganje.

4.2 Tematska strategija o trajnostni rabi naravnih virov

Raba virov je predmet razprav evropske okoljske politike v zadnjih tridesetih letih. V tem času se je izboljšala kakovost zraka in vode, reciklira se večji del zbranih odpadkov in vse manj jih konča na odlagališčih. V zadnjih dvajsetih letih je skupna poraba na prebivalca v EU ostala praktično nespremenjena in znaša približno 16 ton na leto. Ob upoštevanju dejstva, da

je gospodarstvo v tem obdobju zraslo za 50 % to pomeni, da se je bistveno izboljšala učinkovitost materialov. Kljub tem dosežkom pa je povečana količina proizvodnje pogosto izničila splošne okoljske dosežke, zato sedanja politika ne zadošča za temeljit preobrat trenutnih razvojnih teženj v Evropi. Zaviranje propadanja okolja in ohranjanje bistvenih storitev, ki jih nudijo naravni viri, mora zajemati več kot le emisije in nadzor odpadkov. Potrebno je razviti sredstva, s katerimi se bodo lahko opredelili negativni vplivi rabe materialov in energije na okolje za celotni življenjski krog. Temu pravimo tudi pristop od začetka do konca. Potrebno je tudi implementirati znanja o načinu gibanja virov v svetovnem gospodarstvu, kaj ga povzroča in kakšni so vplivi v krajih pridobivanja in uporabljanja virov. Tudi Evropa je namreč del globalizacije in svetovnega gospodarstva.

Šesti okoljski akcijski program (v nadaljevanju OAP) je to prepoznal in zato pozval k oblikovanju tematske strategije o trajnostni rabi in gospodarjenju z viri. Omenjena strategija temelji na analizi rabe virov v EU ter na obstoječih analitičnih in političnih okvirih.

Glavna naloga strateškega pristopa za dosego trajnejše rabe naravnih virov je sčasoma izboljšati učinkovitost virov in zmanjšati negativni okoljski vpliv rabe sredstev, da bodo splošni okoljski dosežki potekali skladno z rastjo. Splošni cilj je tako zmanjšanje negativnih okoljskih vplivov, ki jih povzroča raba naravnih virov v rastočem gospodarstvu. Ta koncept se imenuje ločevanje. To pomeni zmanjšanje okoljskega vpliva rabe virov z istočasnim izboljšanjem produktivnosti virov v celotnem gospodarstvu EU.

Za dosego tega cilja strategija vključuje naslednje ukrepe:

- ukrepe za izboljšanje našega razumevanja znanja o evropski rabi virov, njenih okoljskih vplivih in njihovem pomenu,
- ukrepe za razvoj orodij za spremljanje in poročanje o napredku v EU, državah članicah in gospodarskih sektorjih,
- ukrepe za spodbujanje uporabe strateških pristopov in postopkov v gospodarskih sektorjih ter državah članicah in spodbujanje za razvoj podrobnih načrtov in programov in
- ukrepe za povečanje ozaveščenosti interesnih skupin in državljanov o pomembnem negativnem okoljskem vplivu rabe virov.

Strategija bo omogočila hitrejše in preprostejše združevanje znanja o rabi virov. Na ta način bo proučila ostale pobude, kot je INSPIRE in bo na njih ustrezno nadgrajevala.

4.3 Tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov

Komunalni odpadki v EU se trenutno odstranjujejo z odlaganjem (49 %), s sežiganjem (18 %) ter z recikliranjem in kompostiranjem (33 %). Med državami članicami obstajajo velike razlike, od tistih ki najmanj reciklirajo, sem spadajo predvsem nove članice, do tistih, ki so okolju bolj prijazne. Dejstvo je, da je deponija najslabša možnost, zato sedanja politika EU temelji na konceptu, imenovanem hierarhija ravnanja z odpadki. To pomeni, da bi morali preprečiti nastajanje odpadkov, česar pa ne bi mogli preprečiti, bi morali ponovno uporabiti, reciklirati ali predelati. Pri tem bi deponije uporabljali v najmanjši možni meri.

Pravni okvir, ki podpira takšen pristop sestoji iz horizontalne zakonodaje o ravnanju z odpadki kot so Okvirna direktiva o odpadkih, Direktiva o nevarnih odpadkih in Uredba o prevozu odpadkov. Te pa dopolnjuje bolj podrobna zakonodaja, kot so Direktiva o odlagališčih, Direktiva o sežigalnicah ter zakonodaja, ki ureja ravnanje s posebnimi vrstami odpadkov (odpadna olja, PCB/PCT-ji, akumulatorji).

Stanje je takšno, da recikliranje in sežiganje v EU sicer naraščata, vendar pa zaradi rasti količin nastajanja odpadkov absolutne količine deponiranih odpadkov ne upadajo. Kaže se trend rasti količine odpadkov. Med letoma 1995 in 2003 sta tako KTO kot BDP v EU-25 narasla za 19 %. Rastejo tudi manjši tokovi odpadkov, kot so nevarni odpadki. Rast odpadkov pa naj bi se v prihodnje nadaljevala, saj je pričakovati višje stopnje ekonomske rasti v članicah EU. Ti nevzdržni trendi delno prispevajo k nezadovoljivemu izvajanju zakonov o odpadkih, ki delno prispeva k nekaterim elementom politike in pravega okvira, ki bi se lahko izboljšali.

Na področju preprečevanja in recikliranja odpadkov obstaja veliko problemov. Standardi obdelave so na voljo le za deponiranje in sežiganje ter le delno za recikliranje. To predstavlja okoljski problem, saj lahko slabo delujoči objekti za reciklažo onesnažujejo okolje. Standardi niso nujni le za preprečevanje onesnaževanja okolja, temveč tudi za spodbujanje enakih konkurenčnih pogojev za recikliran material. Veliko je izvedbenih problemov, od odmetavanja odpadkov na slabo upravljane deponije do prevoza nevarnih odpadkov v nasprotju z mednarodnimi konvencijami. Še vedno so nejasni nekateri pogledi, kot na primer kdaj odpadek preneha biti odpadek. Spreminjanja cilja v praktična dejanja na področju

preprečevanja nastajanja odpadkov je bilo do sedaj, tako na nacionalnem nivoju kot na nivoju politike EU, le delno uspešno. Recikliranje in predelava kljub naraščanju pokrivata le omejen delež odpadkov.

Ker EU stremi postati družba recikliranja, katere cilj je izognitev nastajanja odpadkov in uporaba odpadkov kot vir, je za dosege teh ciljev potrebna zagotovitev višje stopnje zaščite okolja in posodobitev obstoječih pravnih okvirjev. Tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov uveljavlja kombinacijo ukrepov, ki prispevajo k dosegu tega cilja. Ti ukrepi so sledeči:

- Obnovljen je poudarek na popolnem izvajanju obstoječe zakonodaje. Del te strategije je zasnovan tako, da odstrani dvoumnosti, razreši sporne razlage in spremeni zakonodajo, ki ni prinesla pričakovanih koristi za okolje.
- Poenostavitev in posodobitev obstoječe zakonodaje. To bo povzročilo stroškovno učinkovito zakonodajo o odpadkih in bo vsebovalo nekaj ukrepov, med drugim razjasnitev, kdaj odpadek ni več odpadek, uvedbo pojma recikliranja, itd.
- Predstavitev življenjskega cikla politike ravnanja z odpadki. Upošteevane morajo biti vse faze v življenjskem ciklu vira, saj lahko nastane vzajemen odnos med različnimi fazami in ukrepi. Ti ukrepi lahko, sprejeti za zmanjšanje vpliva na okolje v eni fazi, povečajo vpliv na drugo fazo.
- Spodbujanje bolj ambicioznih politik preprečevanja nastajanja odpadkov. Komisija bo na ravni EU spodbujala uporabo direktive o celovitem preprečevanju in nadzoru industrijskega onesnaževanja (IPPC), direktive IPP in drugih orodij za širjenje najboljše prakse.
- Okrepitev razvoja politike preprečevanja nastajanja odpadkov z boljšim znanjem in podatki.
- Razvoj skupnih referenčnih standardov za recikliranje. Predlog mora določiti najmanjše standarde v Skupnosti za dejavnosti recikliranja in reciklirane surovine, da zagotovi visoko stopnjo zaščite okolja in prepreči nevarnost ekološkega dumpinga. Ta pristop temelji na spremembah Okvirne direktive o odpadkih in Direktive IPPC.
- Podrobnejša opredelitev politike EU do recikliranja. Na podlagi izvajanja obstoječe zakonodaje EU o odpadkih se bodo poiskali novi načini za pospeševanje recikliranja.

5. Mehansko biološka obdelava komunalnih odpadkov

MBO je v primerjavi s sežiganjem mlajši postopek, ki se v svetu šele uveljavlja. S svojimi dobro razvitimi tehnološkimi variantami pa ima obsežne možnosti za široko uporabo pri popolni izrabi fosilnih goriv. Glavni cilj procesa MBO je maksimalna dezinfekcija in biološka razgradnja odpadkov.

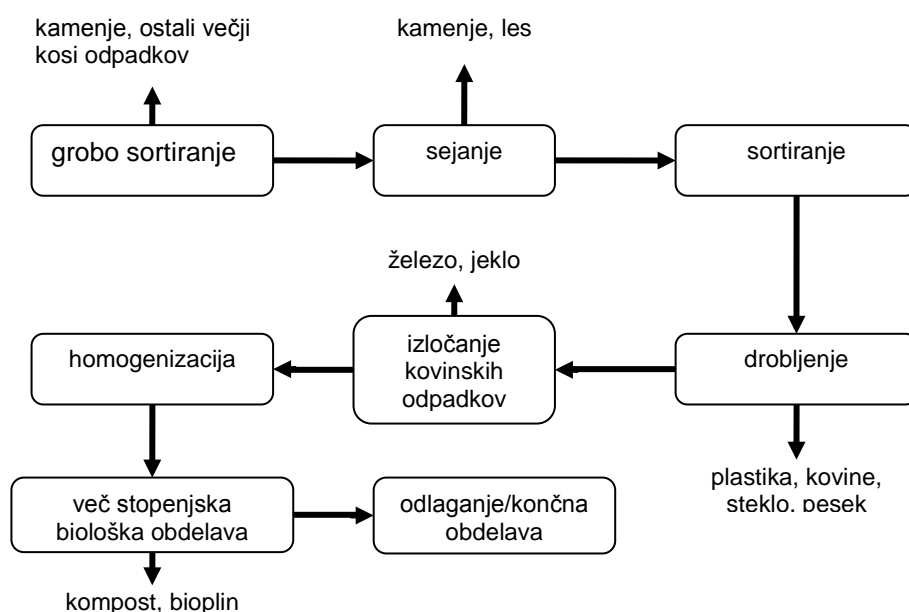
MBO pomeni ločevanje trdnih odpadkov iz naselij (v nadaljevanju TON), ki vključuje sejanje, kjer se ločijo kovine in kosi biološko slabo razgradljivih materialov. Finejši del se nato ločuje na biološko razgradljivo frakcijo, ki je primerna za fermentacijo oz. kompostiranje in na biološko neaktivne preostanke.

Biološko aktivna frakcija se delno razgradi z mikroorganizmi in se lahko uporablja kot kompost, če je možno zagotoviti, da ima ustrezno kvaliteto. V praksi je ta kompost običajno onesnažen s težkimi kovinami, plastiko in kovinskimi delci. V organskih TON so poleg organskih materialov tudi vse vrste plastičnih materialov. Ti materiali so popolnoma odporni na mikro-biološko razgradnjo. Takšen material ni primeren za uporabo v kmetijstvu, po drugi strani pa je še vedno preveč aktiven, da bi ga lahko odlagali na odlagališčih. Zato ga je potrebno termično obdelati skupaj z biološko neaktivnim delom, ki je bil izločen v prvi stopnji procesa obdelave.

Poleg procesa MBO pa obstaja tudi proces mehansko biološke stabilizacije odpadkov (v nadaljevanju MBS). Ideja tega procesa je doseči optimalno stabilizacijo odpadkov (t.j. homogenizacijo in sušenje), da bi tako dobili gorivo za proizvodnjo energije. Običajno se odpadki sušijo in delno kompostirajo preden se mehansko izloči inertni material, kot so kovinski odpadki, steklo in pesek. Ta proces obdelave ima to prednost, da je posušen material lažje sejati kot pa vlažnega. Tudi preostalega, pretežno organskega materiala, ni možno uporabiti kot kompost v kmetijstvu, ampak ga je potrebno termično obdelati v objektu termične obdelave odpadkov ali pa ga uporabiti kot gorivo v termo-energetskih objektih, livarnah ali proizvodnji cementa.

Izbira določene tehnologije za mehansko biološko obdelavo TON je odvisna od primarnega cilja njihove obdelave, od količine in sestave odpadkov ter od proizvodnje in porabe energije. Tehnologije obdelave se med seboj razlikujejo glede na stopnjo avtomatizacije, kompleksnost uporabljene tehnologije, višino investicij za izgradnjo, višino investicij za obdelavo odpadnih vod ter glede na obdelavo izhajajočih plinov (bio-filter).

Preglednica 2: Tipične procesne stopnje mehansko - biološke obdelave odpadkov



5.1 Osnovni procesi pri mehansko biološki obdelavi odpadkov

5.1.1 Splošen prikaz možnih procesov pri mehansko-biološki obdelavi

Pri mehansko biološki obdelavi gre za izvajanje treh bistvenih postopkov, in sicer:

- ločevanje komponent odpadkov,
- razkroj biorazgradljivih snovi in
- stabilizacijo končne mase odpadkov, ki jo odlagamo

Navadno je prva obdelovalna stopnja v procesu mehansko-biološke obdelave grobo **ločevanje snovi**. Razvrščanju nato sledi drobljenje in mehanska pred-obdelava za izločanje materialov,

ki ne spadajo v postopek nadaljnje aerobne obdelave oziroma kompostiranja. Takšni materiali so pesek, steklo, plastika, kovine, lahko tudi les.

Pri ločevanju snovi z enostavno tehniko ločimo odpadke na dve bistveni sestavini, in sicer na gorljivo frakcijo ter na frakcijo, ki se jo vodi na odlagališče. Slednjo je treba še naknadno biološko obdelati.

Pri **stabilizaciji** pa gre za postopek, s katerim se skoraj ves ogljik v odpadkih koncentrira v nadomestno gorivo (se stabilizira). Ostanek, ki ni gorljiv pa lahko brez nadaljnje obdelave odložimo na odlagališču.

Nadomestno gorivo v nadaljevanju uporabimo za proizvodnjo energije. Porabimo ga lahko sami (v okviru obrata) ali pa ga prodamo nekemu drugemu podjetju. Glede tega je najugodnejši prvi koncept. Pri samostojni porabi gorljive frakcije ne potrebujemo marketinškega koncepta. Drugače pa je v primeru, ko gorljivo frakcijo prodajamo. Glavni odjemalci so plinarne, elektrarne ter cementarne. Glede na to, kateremu podjetju se prodaja gorljivo frakcijo, je odvisna tudi proizvodnja le te. Vsako podjetje ima način odjema namreč naravnani na svoj proces. Način odjema pomeni trajnost odjema, vsebnost škodljivih snovi ter kvaliteto materiala. Proizvajalci teh gorljivih frakcij se morajo zato ravnati po teh kriterijih in morajo biti fleksibilni. Fleksibilnost v tem primeru pomeni takšno načrtovanje proizvodnje gorljivega materiala, da poteka nemotena prodaja. To pomeni prilagajanje na letno obdobje ali na spremembe razmer na trgu. Po potrebi je nujno zalagati različne odjemalce.

Nadomestna goriva iz komunalnih odpadkov morajo v primeru, da jih ne uporabimo v okviru obrata mehansko biološke pred-obdelave izpolniti naslednje predpostavke:

- Z njihovo uporabo se ne smejo bistveno povečati emisije. Zelo pomembno je, da ne povečamo emisij škodljivih snovi, za katere ni inštalirane čistilne naprave za izpušne pline.
- Kvaliteta proizvodov se ne sme zmanjšati. Ta kriterij je pomemben pri cementarnah; ne sme se zmanjšati kvaliteta prahu, ki ga dobimo z odpraševanjem izpušnih plinov v elektrarnah in sadre pri razžveplenju izpušnih plinov, če se uporablja industrijsko.
- Vodenje procesa ne sme imeti negativnih vplivov. To se nanaša na skladiščenje nadomestnega goriva, dovajanje v reaktor, na reakcije v reaktorju, na odstranjevanje pepela ali na periferne naprave glavnega procesa.

Glede na zgornje pogoje lahko določimo naslednje potrebne lastnosti nadomestnega goriva:

- nadomestno gorivo mora biti večinoma razkosano,
- ne sme vsebovati motilnih snovi,
- gorivni parametri in sestava pepela morata ustrezati specifičnim zahtevam procesa industrijskega obrata,
- vsebnost težkih kovin mora biti omejena,
- dodatni elementi in snovi morajo biti omejeni (kot so klor, žveplo, alkalijski elementi),
- nadomestno gorivo mora imeti možnost doziranja, na primer možnost navlaženja.

Sedaj pa se vrnimo k mehanski obdelavi (drobljenje in sortiranje), ki se kot proces nahaja na začetku biološkega procesa (aerobnega ali anaerobnega). Služi torej kot predpriprava odpadkov za uspešno biološko razgradnjo.

V osnovi obstajata dva tipa biološke razgradnje, in sicer:

- aerobno (v prisotnosti zraka) in
- anaerobno (brez prisotnosti kisika).

Produkti biološke razgradnje imajo glede na svoje lastnosti široko uporabo. Ko je biološka razgradnja popolna, je rezultat drobljiv humus, ki vsebuje stabilna hranila, organsko snov in elemente v sledovih.

Odpadke, ki jih lahko biološko obdelamo, razdelimo glede na njihov izvor na tri skupine, in sicer:

- zeleni odpadki (iz vrtov, parkov, gozdov)
- komunalni odpadki (gospodinjstva)
- organski odpadki iz industrije (pridelava hrane, lesna industrija itd.)

V Nemčiji so v letu 2000 aerobno obdelali 7,7 milijonov ton organskih odpadkov, anaerobno pa so obdelali 1,2 milijona ton odpadkov. Obdelava je potekala v 550 obratih za aerobno obdelavo ter v 45 obratih za anaerobno obdelavo. Večino pridobljenega humusa so namenili za uporabo v kmetijstvu in v vrtničarstvu. Nemčija je glede uporabe MBS/MBO napredna

dežela. To se kaže tudi v tem, da so sprejeli zakon, po katerem bo potrebno komunalne odpadke, ki vsebujejo 30-50 % organskih snovi, predelati preden se jih odloži na deponijo. Ta zakon je stopil v veljavo 01.06.2005. Cilj tega zakona je dolgoročno zmanjšati emisije iz deponij (izcedne vode, plini) in preoblikovati komunalne odpadke v inertno obliko.

Da bo ta cilj dosežen, bodo morale vse občine ter regije poskrbeti za vzpostavitev mehansko biološke pred-obdelave organsko bogatih odpadkov, sežigalnice ali pa kombinacijo obojega. Do konca leta 2001 je v Nemčiji obratovalo 52 sežigalnic ter 30 obratov mehansko biološke pred-obdelave (Grooterhorst, 2001).

Preglednica 3 : Lastnosti neobdelanih in mehansko biološko obdelanih odpadkov

emisije	neobdelani odpadki	mehansko biološko obdelani odpadki	zmanjšanje
potreba po kisiku – COD (mg/kg CTS)	25.000 – 40.000	1.000 – 3.000	90%
vsebnost dušika (mg/kg CTS)	1.500 – 3.000	150 – 300	90%
produkcija plina v 21 dneh (L/kg CTS)	150 - 200	0 – 20	90%

CTS – celotne trdne snovi

V nadaljevanju bom opisal osnovne procese, ki se pojavljajo pri MBO.

5.1.2 Mehanska obdelava odpadkov

V splošnem ima mehanska obdelava naslednje funkcije:

- odstranjevanje kontaminantov in snovi, ki lahko negativno vplivajo na biološko obdelavo,
- prilagoditev velikosti delcev materiala za naslednje postopke,
- iz odpadkov pridobiti vse materiale, ki jih lahko recikliramo kot železove in ne-železove kovine, plastiko in steklovino,
- iz odpadkov pridobiti snovi z visoko kurilno vrednostjo, iz katerih v nadaljevanju pridobivamo nadomestno gorivo ter

- predpriprava materiala na biološko obdelavo (homogenizacija, prilagoditev vsebnosti vode v odpadkih).

Za doseg te ciljev se uporablja kombinacija naprav za drobljenje materiala ter sit, ki se uporabljajo tudi pri tradicionalni obdelavi odpadkov. Pojavljajo se tudi novejšše enote mehanske obdelave, kot je balistični separator, ki se je pokazal za zelo ustrezno napravo v postopku MBO. Obstaja torej velik potencial pri izboljšanju delovanja obstoječih naprav. Ker so komunalni odpadki zelo nehomogene sestave vsebujejo tako organsko bogate snovi in snovi z visoko kurilno vrednostjo, kot različne kovine in minerale. Stopnja odstranjevanja različnih materialov iz odpadkov je odvisna od kompromisa med maksimalno količino izhodnega materiala in kvaliteto materiala. Zato je potrebno vsak korak mehanske obdelave optimizirati glede na sestavo vhodnih komunalnih odpadkov in pa glede na potrebno kvaliteto izhodnega materiala.

Odstranjevanje snovi z visoko kurilno vrednostjo je še bolj težavno, saj snovi s kurilno vrednostjo in organske snovi niso lahko odstranljive za razliko od železovih kovin, ki jih lahko ločujemo z magnetnim separatorjem. Te snovi lahko ločujemo na podlagi sekundarnih lastnosti materiala, kot sta velikost delcev in gostota. Takšno ločevanje pa ni zelo zanesljivo. Poleg tega pa je ločevanje s sejanjem manj uspešno kot pri poizkusih v laboratoriju, še posebno, če je količina materiala v napravi blizu kapacitete naprave.

Problem pri ločevanju odpadkov z visoko kurilno vrednostjo se kaže tudi v dejstvu, da imajo organsko bogate snovi navadno tudi visoko kurilno vrednost. Zato je težko zagotoviti čim večjo količino organskih snovi v odpadkih za biološko čiščenje na eni strani in obenem odstraniti čim več odpadkov z visoko kurilno vrednostjo na drugi. Ker je glavna naloga biološke obdelave zmanjšati količino organskih snovi v odpadkih, ni nujno, da vsebujejo odpadki, ki jih vodimo v biološko obdelavo, maksimalne vrednosti organskih snovi.

Recikliranje zbranega materiala med postopkom MBO, kot sta železo in plastika, je bilo včasih drugotnega pomena, saj je bila glavna funkcija objekta zmanjševanje odpadkov, ki jih odlagamo na deponiji. V zadnjih letih pa je zbiranje materiala, ki ga lahko ponovno uporabimo, postalo pomemben faktor pri razvoju obratov MBO. Ta dandanes predstavlja integrirano obdelavo trdnih komunalnih odpadkov, ki zmanjša količino odpadkov, ki jih

vodimo na deponijo, za dve tretjini. Polovico vseh odpadkov ponovno uporabimo v industriji, 20% pa se jih 'izgubi' med postopkom biološke obdelave, in sicer kot tvorba bioplina.

V nadaljevanju bom na kratko opisal glavne mehanske sisteme ločevanja, ki imajo obenem funkcijo priprave sekundarnega goriva iz odpadkov.

a) **Sušenje**

Sušenje odpadkov je lahko del mehanske obdelave, odvisno pa je od fizičnih karakteristik odpadkov in od vsebnosti vode v odpadkih. Uporabljata se dva glavna načina sušenja. Prvi način je termalno sušenje materiala. Vlaga se odvaja s pomočjo odvajalnega plina, ki predstavlja 10% prostornine v procesu gretja. Takšen način sušenja je zato primeren za prašne odpadke ali odpadke z močnim vojnem. Drugi način pa je biološko sušenje/degradacija. Za ohranjanje biološke aktivnosti je sistem konstantno prezračevan. Izhodno vodo in zrak pa je pred izpustom potrebno očistiti. Biološko sušenje ni primerno za sušenje nevarnih odpadkov.

b) **Sejanje**

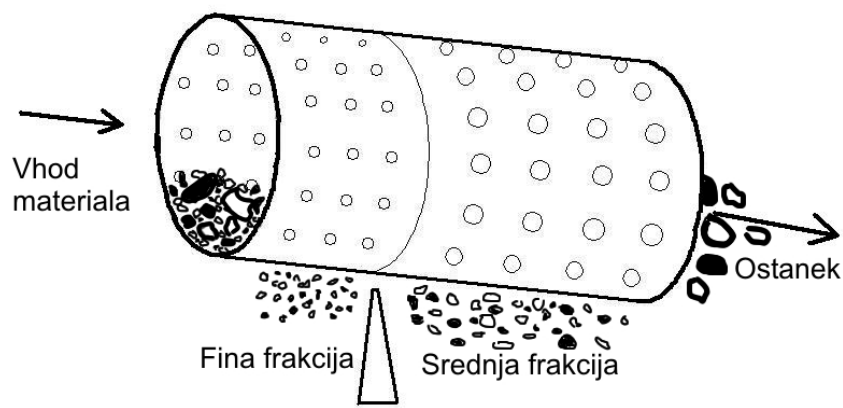
Večina MBO obratov odpadke pred kompostiranjem najprej preseje. Tako dobimo več različnih frakcij odpadkov glede na njihovo velikost. Fina frakcija odpadkov kot so prst, drobno kamenje in večina organskih snovi pride najprej skozi sito. Nato sledi srednja frakcija, kamor spadajo v glavnem snovi, iz katerih nadalje pridobivamo nadomestno gorivo. Glavni namen takšnega sejanja v obratu s kompostom pa je pripraviti material na nadaljnje sejanje oz. ločevanje. Ljudem in strojem je namreč ločevanje olajšano, če so manjši delci ločeni od velikih, saj se tako med seboj ne prekrivajo. S takšnim sejanjem tudi dobimo glavne tokove odpadkov, za katere lahko ocenimo, katere sestavine, ki so primerne za recikliranje vsebujejo. Najbolj množično uporabljena sta bobnasto sito in pa valovito sito.

Bobnasto sito se vrti okoli svoje osi in vsebuje luknjice različnih premerov. Glede na hitrost vrtenja bobna ločimo dva načina sejanja, kaskadni in kataraktni način. Bobnasto sito daje najboljše rezultate pri 70 % kritične hitrosti vrtenja, v kataraktnem načinu. Slaba lastnost kaskadnega načina se pokaže v dejstvu, da se bodo v bobnu ustvarile kepe odpadkov in zadržale v sebi finejše delce. Grobi odpadki velikosti od 100 do 250 mm pa pogosto zmanjšujejo učinkovitost sejanja. Bobnasto sito se uporablja za sejanje gospodinjskih odpadkov, gospodinjskim podobnih obrtnih odpadkov, zmletih kosovnih odpadkov, zelenega

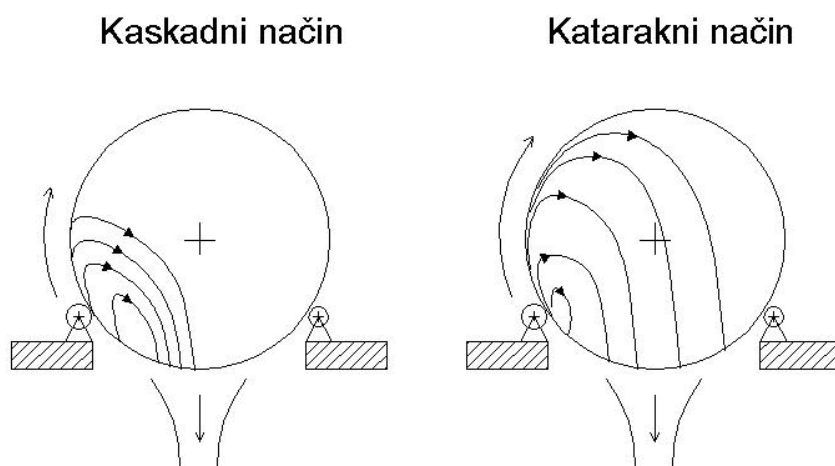
odreza kompostirnih produktov, uporablja pa se lahko tudi pri drugih dejavnostih, na primer za ločevanje gradbenih odpadkov, ločevanje kamenja v kamnolomih in ločevanje lesa.

Pri horizontalnem situ pa gre za trak, ki ima dno iz gume ali iz plastike in je povezano z odvajalnim sistemom. Površina sita pri tem niha v obliki valovanja z določeno amplitudo.

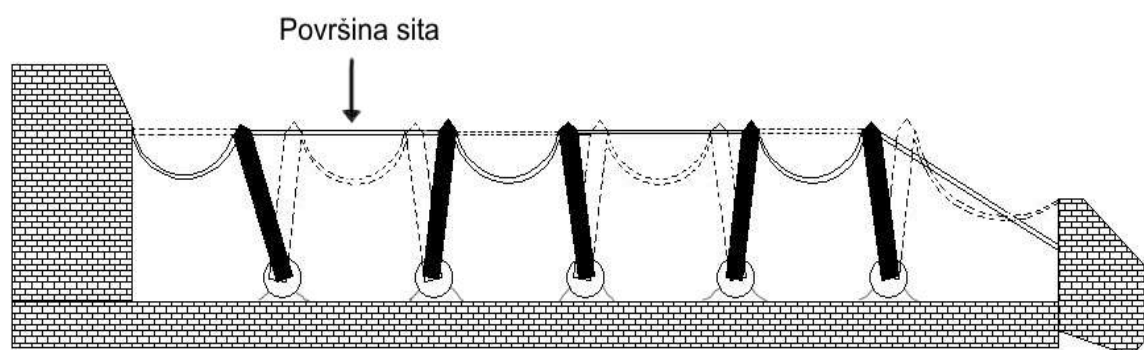
Sito je primerno za sejanje kompostirnih produktov, ločevanje po vrsti materiala pa lahko poteka po elektro magnetnih lastnostih, optičnih lastnostih in ločevanje po principu flotacije.



Slika 1: bobnasto sito



Slika 2: Bobnasto sito – različni načini sejanja



Slika 3: Horizontalno valovito sito



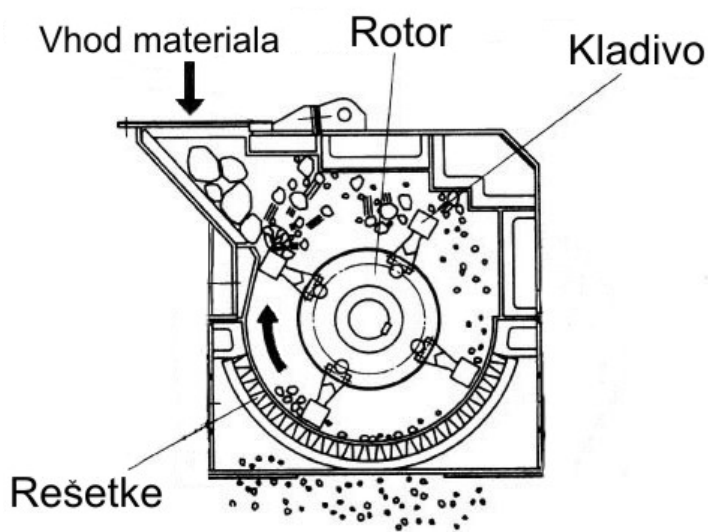
Slika 4: Bobnasto sito

c) Drobljenje odpadkov

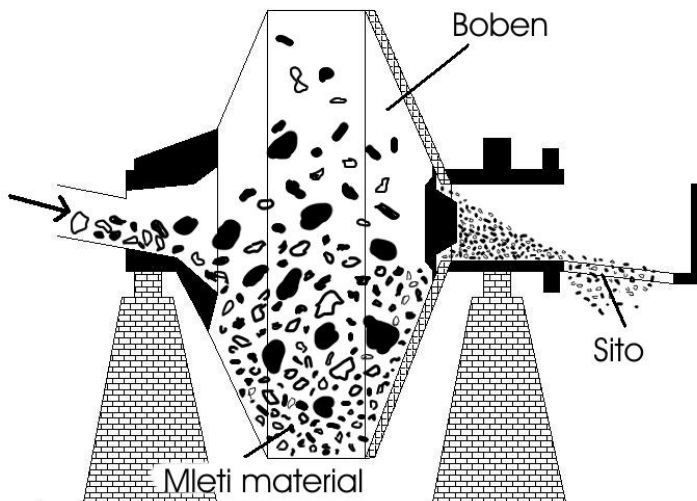
Za drobljenje odpadkov se lahko uporabljajo različne vrste drobilnikov. Odločitev, za katero vrsto drobilnikov se odločimo, je odvisna od vstopnih lastnosti odpadkov. Poznamo kladivaste drobilnike, valjčne drobilnike, drobilnike z noži, krogelne mline in pnevmatske mline.

Kladivasti drobilniki so primerni za grobo drobljenje kosovnih komunalnih odpadkov kot so avtomobilska oprema, kosovni odpadki in obrtni odpadki. Mlini imajo lahko enega ali dva rotorja.

Krogelni min je počasno vrteči se boben z noži, premera 4-7 m. Ob izhodu mlina se nahaja sito. Materiali, kot so kamenje, železo in steklo so v pomoč pri mletju. Takšni mlini so primerni za drobljenje gospodinjskih, kosovnih, obrtnih in gozdnih odpadkov.



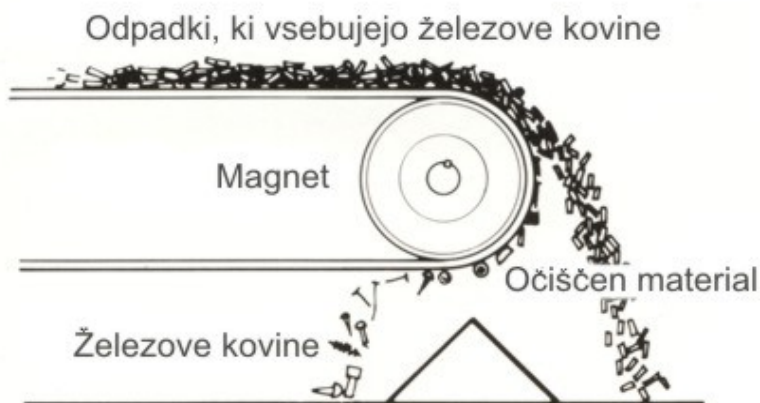
Slika 5: Kladivasti drobilnik z enim rotorjem



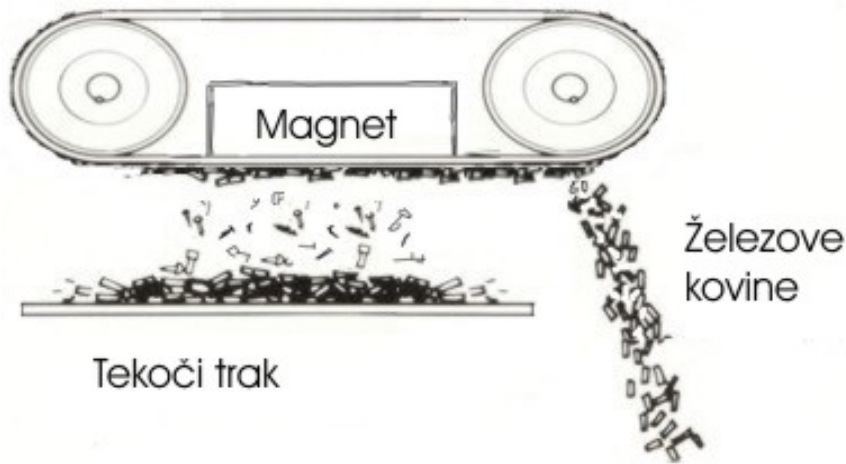
Slika 6: Krogelni mlin

d) Magnetno ločevanje železovih kovin

Z magnetnim ločevanjem lahko iz glavnega toka odpadkov izločimo železo in jeklo. S tem pridobimo surovine, ki jih lahko prodajamo na trgu in tako zmanjšamo stroške obratovanja, obenem pa iz odpadkov izločimo materiale, ki bi negativno vplivali na nadaljnji proces obdelave odpadkov. Glavni tehniki magnetnega ločevanja sta prečno in podolžno ločevanje.



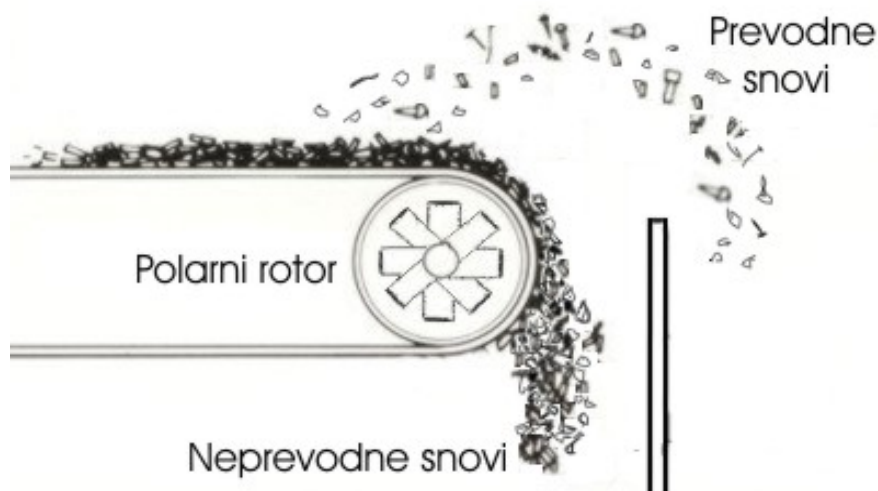
Slika 7: Magnetni ločevalnik – magnet nastavljen v smeri toka materiala



Priloga 8 : Magnetni ločevalnik – prečno nastavljen magnet

e) Ločevanje ne-železovih kovin

V preteklosti je bilo ločevanje ne-železovih kovin kot so aluminij, baker, medenina ali bron delovno intenzivno, drago in zamudno opravilo. Te materiale se je pogosto kar odlagalo na deponije, s tem pa se je odlagalo denar in pomembne naravne vire. V zadnjem času pa se uveljavlja nova tehnologija, posebni ločevalnik, ki je sposoben ločevati aluminij in ostale ne-železove materiale iz TON, industrijskih odpadkov in iz ostankov po sežigu. Pri takšnem ločevanju se uporablja posebne magnetne bloke, ki ustvarjajo vrtilni tok odpadkov. Tak tok različno reagira na različne kovine, glede na njihovo specifično maso in odpornost. Če je material lahek in prevoden, kot je aluminij, se le ta dvigne od osnovnega toka odpadkov in se tako loči. Za razliko od magnetnih ločevalnikov železovih kovin, lahko ta ločevalnik iz odpadkov izloči tudi nerjaveče jeklo. Minimalna velikost aluminijevih delcev, ki jih je še mogoče izločiti znaša 2mm v premeru. Tak ločevalnik nedvomno predstavlja pomembni razvoj v industriji recikliranja.



Slika 9: Ločevalnik ne-železovih kovin

f) Optično ločevanje

Pri optičnem ločevanju gre za napredno tehnologijo ločevanja trdnih materialov s pomočjo svetlobnih učinkov, barvnih učinkov in učinkov sevanja. S spektralno analizo se določa sestava snovi na osnovi energijskega stanja atomov in molekul v njej. Nad tekoči trak so inštalirani halogene luči in detektor. Detektor sestoji iz senzorja spektroskopije blizu infrardeče svetlobe, ki preišče celotno širino tekočega traku in podatke spektralnega pregleda različnih materialov posreduje enoti za obdelavo podatkov. Ta enota različne signale primerja z bazo podatkov, valovne dolžine spektralnih črt so namreč značilne za posamezne kemične elemente. Izračuni o vrsti materiala in njegove lokacije na tekočem traku so v bazi za obdelavo podatkov gotovi v delčku sekunde. Na koncu tekočega traku so nameščeni zračni ločevalniki, ki z zračnim curkom izločijo določen material iz toka odpadkov. S takšnim ločevanjem iz odpadkov izločimo okoli 80% embalažnega kartona, papirja in mešane plastike kot so polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil klorid (PVC) in polietilen tereftalat (PET). Dodatno pa se zmanjšajo tudi vsebnosti težkih kovin (Sb, Cd, Pb) in klora iz odpadkov, saj odpadki, ki jih s to metodo ločevanja odstranjujemo, pogosto vsebujejo tudi te snovi. Ob uporabi tekočega traku širine 1200 mm se, odvisno od vrste vhodnega materiala, lahko tako obdela 2 – 8 ton odpadkov na uro pri granulah velikosti 3 – 250 mm.

5.1.3 Aerobna obdelava

Aerobna obdelava ali kompostiranje je najbolj običajen element biološke razgradnje.

Obdeluje se bolj ali manj suh in homogen material. Odpadki, ki so primerni za biološko obdelavo morajo vsebovati zadostne količine biološko razgradljive organske suhe snovi. To je pomemben faktor, saj sta npr. blato od čiščenja komunalnih odpadnih vod in zelenjava preveč mokra in zato manj primerna za kompostiranje. Odpadki, ki jih običajno biološko obdelujemo so kuhinjski odpadki, odpadki z vrtov, medicinski pripomočki za inkontinenco kot so plenice, les, določeni tekstilni materiali (bombaž), embalaža iz papirja in kartona. Kot pa sem omenil že zgoraj, pa je za uspešno aerobno obdelavo pomembna pred-obdelava odpadkov. TON morajo biti mehansko pred-obdelani, da je zagotovljena sprejemljiva funkcionalnost procesa.

Ker so TON zelo nehomogen material, je mogoča tudi nepopolna razgradnja. Glavni problem teh odpadkov je, da vsebujejo nevarne kovine in ostale onesnaževalce, ki ostanejo v kompostu. V njem pa se nahajajo tudi organski kloridi, pesticidi, herbicidi, fenoli, nepoznani toksini in patogeni organizmi v končnem produktu. Nekateri avtorji navajajo, da takšen kompost ni primeren za uporabo v kmetijstvu, pač pa naj bi se uporabljal predvsem za stabilizacijo deponij (za prekrivanje odpadkov).

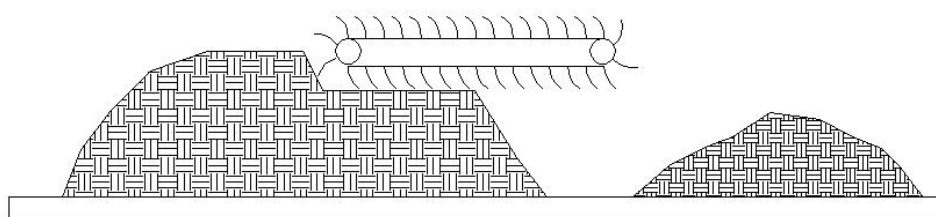
Poznamo več tipov zasnove kompostišč, v okviru MBO/MBS pa se pojavljata dva osnovna tipa, in sicer reaktorski ter ne-reaktorski tip. Ne-reaktorski sistemi se delijo na tiste, pri katerih se obrača plast odpadkov (npr. odpadki so v plasteh-kopah in se občasno obračajo) in tiste, kjer so odpadki v statični plasti (npr. prezračevan statični proces v kopah). Reaktorski pa so običajno v komorah. Dobra stran teh procesov je, da se lahko uspešno izvajajo na prostem ali v objektih.

Več znanja na področju kompostiranja je vplivalo na to, da je v splošnem tudi čas kompostiranja krajši. Čas, potreben za celoten proces kompostiranja v kopah, je lahko 6-12 mesecev, pri prezračevani statični kopi znaša ta čas približno 2-3 mesece, in v reaktorju z visoko tehnologijo približno 1-2 meseca. Dobra organizacija zbiranja odpadkov je tudi pomembna za uspešno kompostiranje.

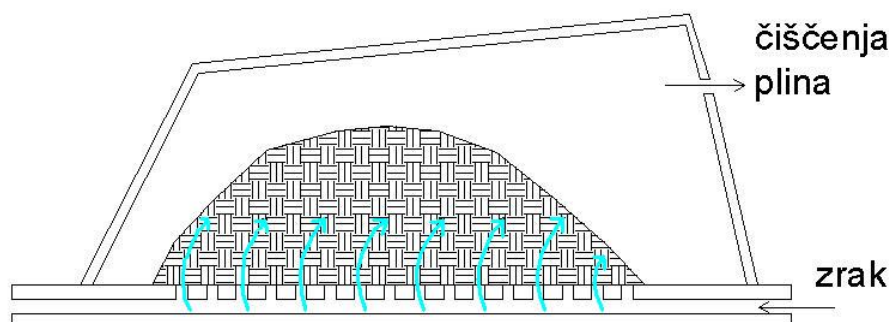
V Nemčiji so v laboratorijih raziskovali uspešnost delovanja fermentacije ter aerobne obdelave. Posvetili so se postopku mokre oksidacije, ki lahko nadomesti kompostiranje. Biološka mokra oksidacija ponuja poleg bistvenih produktov postopka kompostiranja tudi to

prednost, da kontrolirano razgradi agresivna ogljik in dušik, ki se ju odstrani s čiščenjem zračnega izpusta. Takšno kompostiranje se izvaja v zaprtem prostoru.

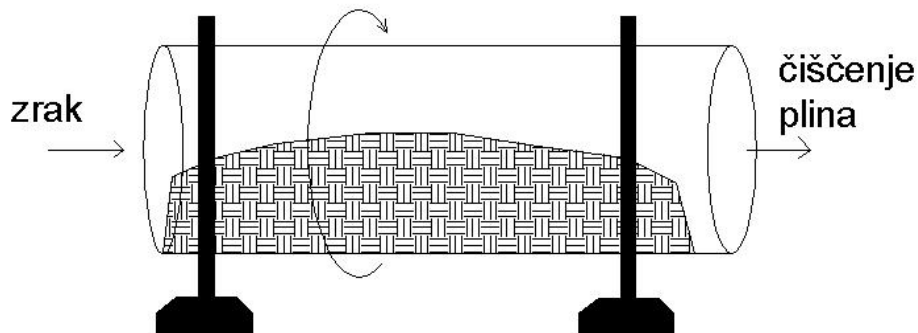
Naslednje tri slike prikazujejo različne tehnološke variante kompostiranja:



Slika 10: Sistem kompostiranja v kopah



Slika 11: Prezračevanji statični postopek kompostiranja



Slika 12: Horizontalni reaktor

V svetu je najbolj množično uporabljen sistem kompostiranja v kopah. Omogoča namreč dobro mešanje in dodatno drobljenje materiala. Je tudi investicijsko najmanj zahteven.

Zaradi intenzivne razgradnje in posledično visokih stopenj emisij moramo aerobno razgradnjo v prvih tednih omejiti v zaprte prostore. V kasnejših stopnjah procesa pa so možne tudi izvedbe kompostiranja na odprtem prostoru. Kot primer vzemimo nemški zakon AbfAbIV (Abfallablagungsverordnung), ki določa primernosti komunalnih odpadkov, ki jih lahko vodimo na odlagališče. Zakon določa za kritično mejo, do katere se mora izvajati razgradnjo v zaprtem prostoru, vrednost respiracijske aktivnosti 20 mg O₂/g odpadkov. Takšno vrednost pa lahko dosežemo z intenzivno razgradnjo v treh do šestih tednih. V štirih do šestih tednih je možno doseči kar 80 % razgradnje organskih snovi v odpadkih.

Za doseg tega cilja pa je potrebno zagotoviti naslednje postopke:

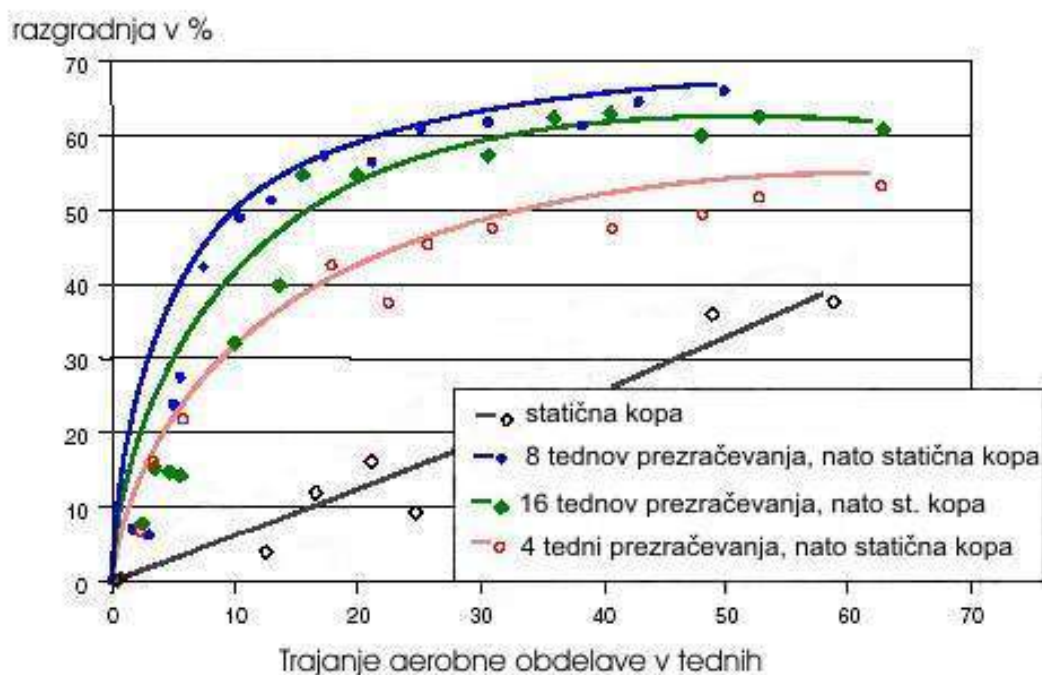
- primerna mehanska pred-obdelava,
- intenzivni postopek aerobne razgradnje s prezračevanjem,
- ohranjanje optimalnih količin vode in kisika v odpadkih in
- ohranjanje optimalne temperature za razgradnjo.

Mejne vrednosti, ki jih določa nemški zakon o primernosti komunalnih odpadkov, ki jih lahko vodimo na odlagališče, so sledeče:

- Zgornja kurilna vrednost $H_0 \leq 6000 \text{ kJ/kg}$
- Količina organskega ogljika (trdna oblika) $\leq 18\%$
- Respiracijska aktivnost v štirih dneh $\leq 5 \text{ mg O}_2/\text{g}$
- Stopnja nastajanja plina $\leq 20 \text{ N l/kg}$
- Količina organskega ogljika v odpadnih vodah $\leq 250 \text{ mg/l}$

V naslednji preglednici sem podal prikaz poteka razgradnje pri različnih postopkih obdelave (Fricke in Goedecke 2003).

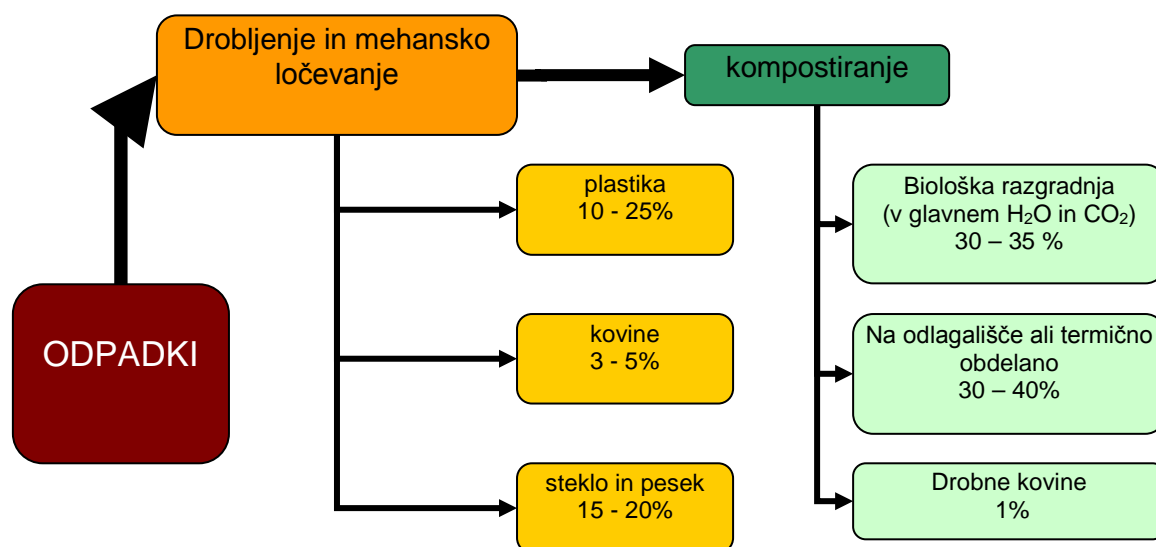
Preglednica 4 : aerobna razgradnja pri različnih postopkih



Mehanska pred-obdelava lahko vsebuje sejanje, izločevanje določenih materialov iz toka odpadkov in drobljenje, odvisno od specifičnih zahtev razgradnje in karakteristik odpadkov. Pri kompostiranju se zmanjša količina organskih materialov, in sicer za približno 20 %. Posledica mehansko-biološke obdelave so tako obdelani odpadki, ki imajo zaradi izvedene kontrolirane biološke razgradnje zmanjšan emisijski potencial. To pomeni, da dobimo

material, ki po odlaganju na deponiji tvori manjše količine plina in manj onesnažene izcedne vode. Tvorba metana je v glavnem prekinjena oziroma upočasnjena, kar vpliva na zmanjšanje toplo-grednih plinov. Pomembno pa je poudariti, da se zmanjša volumen odpadkov za odlaganje, ker se poveča gostota tako obdelanih odpadkov na gostoto okrog 1 t/m³.

Preglednica 5: MBO proces s kompostiranjem



5.1.3 Anaerobna obdelava (fermentacija, trohnenje)

Anaerobna obdelava TON omogoča pridobivanje metana, ki ga lahko uporabimo za pridobivanje energije (postopek MBS). To energijo navadno uporabljamo v procesu (npr. za sušenje) in jo prodajamo. Po kasnejši aerobni obdelavi se lahko pridobi tudi kompostu podoben produkt. Gnitje zahteva intenzivno mešanje v reaktorju, da se izognemo lokalnim pregretjem in lokalnemu pomanjkanju hranil za bakterije. Zato moramo vhodni material z mehanskimi postopki obdelati tako, da pridobi takšne lastnosti, ki omogočajo mešanje in premeščanje materiala. Za uspešno anaerobno razgradnjo organsko bogatih odpadkov je potrebna tudi visoka vlažnost.

V ta namen se pogosto pred anaerobno razgradnjo inštalira enota za močenje odpadkov s precejanjem. Tako zagotovimo boljšo anaerobno razgradnjo in operativno stabilnost. Pri tem postopku se odpadke konstantno meša v reaktorju, obenem pa se odpadke zrači ter se jim dodaja predhodno ogreto vodo. Tako je anaerobna razgradnja organskih snovi boljša, saj voda pomaga izpirati organske snovi iz odpadkov.

Odpadki, ki jih anaerobno obdelujemo, ne smejo vsebovati snovi, ki ne fermentirajo, se pravi snovi, ki vsebujejo lignin (npr. les).

Znana sta dva različna tipa razgradnih reakcij:

- 'mezofilna', ki poteka pri temperaturah med 32 in 37 °C
- 'termofilna', ki poteka pri temperaturah med 50 in 58 °C

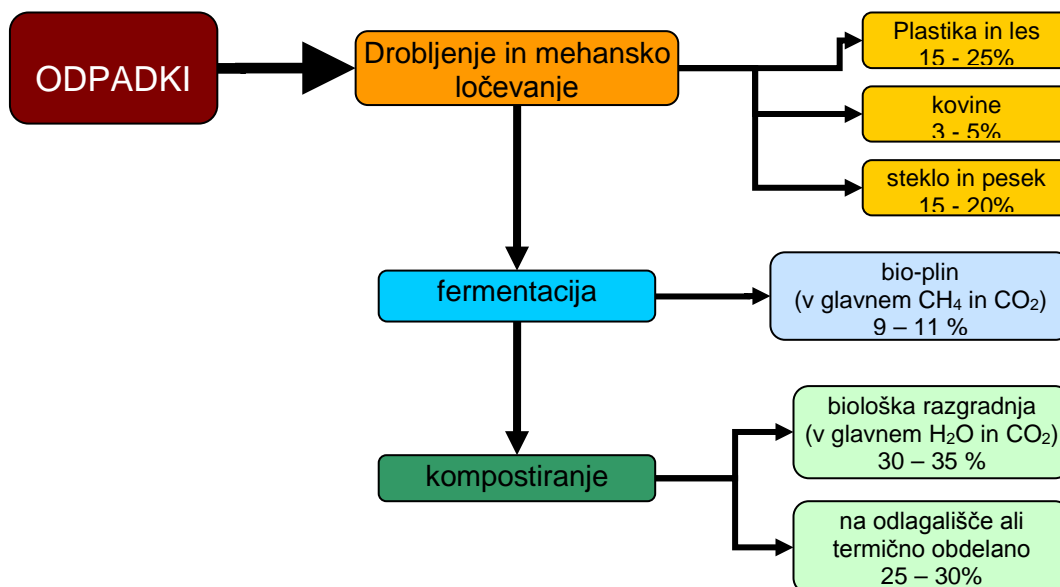
Reakcija poteka v treh različnih procesnih stopnjah, ki so:

- **Hidroliza** – pretvorba visoko-molekularnih bio-polimerov kot sta škrob in celuloza v vodotopne snovi, ki služijo kot vir energije za nadaljnji proces fermentacije.
- **Acidogeneza** – bakterijska pretvorba pred-razgrajene biomase ter živalskih in rastlinskih maščob v krajše verige maščobnih kislin.
- **Metanogeneza** – končna bakterijska pretvorba produktov, ki nastanejo v procesih hidrolize in acidogeneze, v metan in ogljikov dioksid.

Vse reakcije zahtevajo specifične reakcijske pogoje in specifične kulture bakterij.

Kombinacija anaerobnega gnitja in aerobnega procesa razgradnje omogoča popolno stabilizacijo organskega materiala ob izrabi energije. Druge prednosti so tudi patogena kontrola klic in zmanjšanje volumna. Pri termični obdelavi anaerobno pregnitih TON pa je potrebno dodatno osuševanje.

Preglednica 6: MBO proces z anaerobno obdelavo

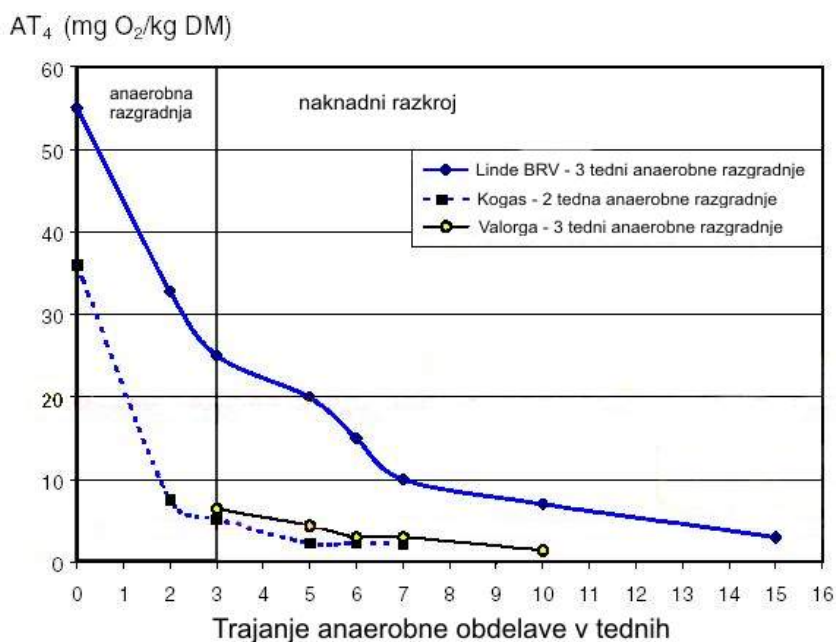


Z anaerobno obdelavo dosežemo v povprečju 50 – 55 % zmanjšanje organskih snovi v komunalnih odpadkih. Različni praktični testi so pokazali, da se to vrednost zmanjšanja lahko doseže z naknadno razgradnjo v 4 – 6 tednih (Fricke 2006, Wallmann 2001).

Glede na način postopka anaerobne obdelave (suha/mokra anaerobna razgradnja, ena ali več stopenj) znaša količina pridelanega bioplina med 113 in 160 N m³/Mg komunalnih odpadkov. Vsebnost metana v bioplinu znaša med 57 – 65%. Glede na te podatke znaša količina pridelane energije med 5,8 in 6,5 kW h /N m³.

V nadaljevanju sem pridal tabelo poteka anaerobne razgradnje pri treh različnih postopkih obdelave. Postopki so povzeti iz literature Fricke 2001 in Walmann 2001.

Preglednica 7: MBO potek anaerobne razgradnje pri različnih postopkih



Med anaerobno razgradnjo respiracijska aktivnost AT_4 zmanjša od okoli 60 - 70 na okoli 7 - 29 mg O_2 /g odpadkov. Stopnja nastajanja plina se zmanjša od okoli 140 - 190 na okoli 7 - 52 N l/kg odpadkov. Vrednosti vsebnosti organskega ogljika se lahko zmanjša od 3400 - 4500 do 310 - 1000 mg/t. V dveh do treh tednih lahko dosežemo 50 - 55 % razgradnjo organskega ogljika. Če pa je anaerobna obdelava bolj intenzivna, so lahko časi anaerobne obdelave krajši. Če imamo inštalirano napravo za močenje odpadkov s precejanjem, pride do zelo intenzivnega gnitja. V tem primeru lahko tako obdelane odpadke naknadno obdelujemo namesto običajnih 2 - 3 tednov le 2 do 4 dni (Santen, Fricke 2005).

Po anaerobni stopnji je potrebno odpadke še naknadno aerobno obdelati v zaprtem prostoru. Odpadki so sicer po anaerobni obdelavi že dosegli nekatere mejne vrednosti, ki dovoljujejo odlaganje (npr. vrednosti AT_4 po nemškem zakonu že znašajo 20 mg O_2 /g), toda v prvih dveh tednih aerobne obdelave namreč še nastajajo pomembne količine amonija in odpadnih vod, bogatih z organskim ogljikom. Trajanje naknadnega gnitja je odvisno od kvalitete anaerobne obdelave, odpadke pa običajno pustimo še dodatno zoreti na odprtem prostoru 6 do 8 tednov.

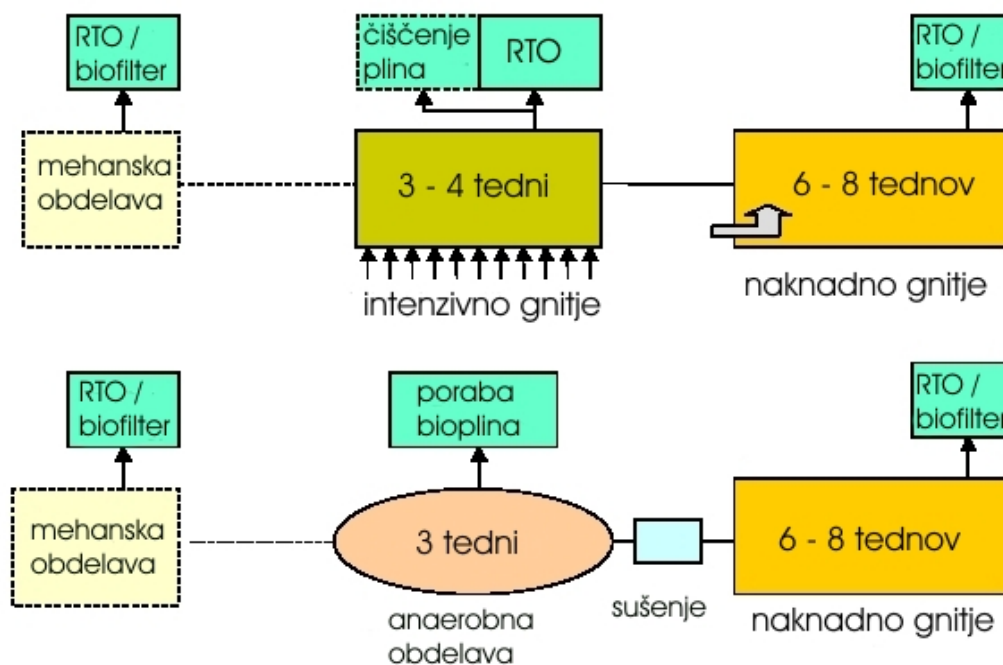
Spodaj sem pridal tabelo primerjave anaerobne in aerobne obdelave komunalnih odpadkov, povzete iz literature Fricke, Santen, Wallmann, 2005. V njej je vidno, v kolikšnem času je dosežena takšna razgradnja, da so dosežene mejne vrednosti, ki jih predpisuje nemški zakon o primernosti komunalnih odpadkov, ki jih lahko vodimo na odlagališče (AbfAbIV).

Preglednica 8: primerjava aerobne in anaerobne obdelave

parametri	Začetne vrednosti	Aerobna razgradnja		Anaerobna Razgradnja	
		vrednosti	učinkovitost	vrednosti	učinkovitost
Razgradnja biološko razgradljivih organskih snovi	33 – 49 %	22 – 32 %	Do 72 %	27 – 38 %	Do 58 %
Respiracijska aktivnost AT ₄	38–70 mgO ₂ /g	2-5 mgO ₂ /g	Do 98 %	7-29 mgO ₂ /g	Do 90 %
Stopnja formiranja plina (fermentacijski test 21 dni)	140-190 NI/kg	3-20 NI/kg	Do 98 %	7-52 NI/kg	Do 96 %
Količina organskega ogljika v odpadnih vodah	3000-4500 mg/l	200-250 mg/l	Do 98 %	310-1000 mg/l	Do 93 %
Čas, v katerem so dosežene vrednosti nemškega AbfAbIV		10 – 14 tednov		3 – 6 Tednov	
Čas dodatne obdelave v zaprtem obratu		2 – 6 tednov		0 – 2 tedna	

Pri anaerobni obdelavi pride do proizvodnje bioplina. Pri običajnih postopkih anaerobne obdelave znašajo količine proizvedenega bioplina med 200 in 250 Nm³/Mg odpadkov. Pri anaerobnih obdelavah, ki imajo inštalirano napravo za močenje odpadkov pa so te vrednosti lahko tudi višje.

Preglednica 9: prikaz postopkov aerobne in anaerobne obdelave



RTO – regenerativna termalna oksidacija

5.1.4 Čiščenje zračnih emisij

Kot je že zgoraj opisano, intenzivna aerobna obdelava v optimalnih razmerah (prezračevanje in ohranjanje optimalne temperature) lahko v najboljšem primeru po že desetih tednih pripravi odpadke za varno odlaganje. Večina razgradnje organskih snovi (cca 80 %) v odpadkih se zgodi v prvih 4 – 6 tednih obdelave. V tem času se iz odpadkov izloča med 11.000 in 15.000 m³ emisij. Pri naknadni aerobni obdelavi anaerobno obdelanih odpadkov pa se pojavljajo emisije med 1500 in 3200 N m³/t odpadkov. Celotne emisije anaerobne/aerobne obdelave pa znašajo od 2000 do 6000 N m³/t odpadkov (Fricke, 2001 ; Wallmann, 2001). V teh izpustih pa se pojavljajo določeni onesnaževalci, kot so metan, amoniak, etanol in ostali alkoholi, benzen, etil benzen, acetoni, heksan, itd. Zato je potrebno te izpuste očistiti preden jih izpustimo v okolje.

Največje količine emisij se zaradi visokih temperatur (50 – 75 °C) in prezračevanja pojavijo v začetku procesa razgradnje. Stopnje vsebnosti toksikološko pomembnih parametrov, kot so dioksini, težke kovine, NO_x in prah pa so že pod vrednostmi prečiščenega zraka iz sežigalnic. Količina emisij metana in amoniaka je močno odvisna od načina obdelave odpadkov. Emisije smradu znašajo med 10.000 in 30.000 (maksimalno do 100.000) enot smradu na kubični meter v surovem plinu. Po treh tednih te vrednosti padejo na 10.000 enot na kubični meter pred postopkom čiščenja.

Na trgu obstaja več različnih metod čiščenja zračnih emisij. Uspešnost teh metod je v veliki meri odvisna od koncentracije in sestave surovega plina. Med bolj uveljavljenimi metodami so biološki filtri, pranja in postopki toplotne regeneracije. Pri bioloških filtrih gre za uničenje organskih sestavin odpadkov, ki imajo močan vonj, z uporabo mikroorganizmov. Optimizirani filtri lahko dosežejo zmanjšanje količin organskega ogljika za 50 – 70 % (Cuhls, 2001). V nadaljevanju bom predstavil osnove tehnologij čiščenja zračnih emisij, ki se največkrat uporabljajo pri odstranjevanju hlapljivih organskih spojin (v nadaljevanju HOS).

a) Postopek toplotne oksidacije

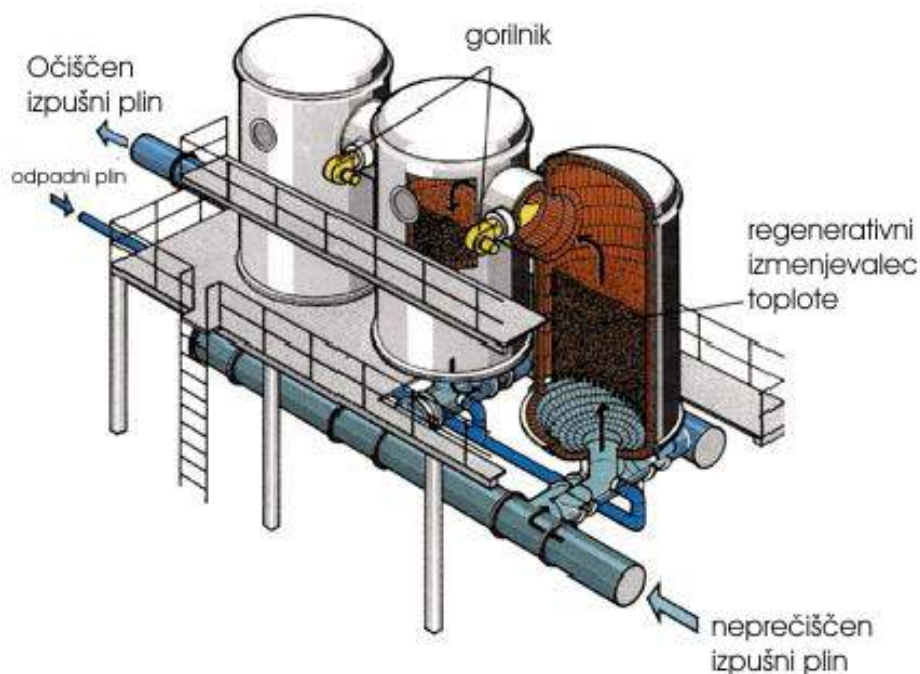
Oksidacija sicer ni edina oblika čiščenja zračnih emisij, je pa zelo primerna, saj so onesnaževalci pri oksidaciji uničeni in ne le zajeti, kot so to pri drugih metodah.

Pri tem postopku gre praviloma za izgoravanje zraka v eni komori, tudi pri tej metodi pa se kot pri metodi RTO v veliko izvedbah uporablja kot oblogo keramično plast, katere namen je segrevanje zraka pred sežigom. Toplota, pri kateri obrat obratuje, znaša med 700 in 1000 °C.

b) Postopek regenerativne toplotne oksidacije (RTO)

Pri tem postopku se nevarne organske snovi pri visoki temperaturi pretvori v ogljikov dioksid in vodno paro. Onesnaženi zrak se ob vstopu skozi kamnito ali keramično plast najprej segreje na določeno temperaturo, pri kateri se ga vzdržuje za specifično določen čas, preden se ga vodi v sežigalno komoro. Komore za pridobivanje toplote so obložene s keramično oblogo, ki vpijejo večino toplote iz sežigalne komore. Postopek se nato obrne, tako da nov tok onesnaženega zraka vstopi skozi tisto keramično plast, ki se je segrela pri prejšnjem postopku. Ta postopek se razlikuje od ostalih prav v tem, da ohranja visoko stopnjo energije.

Na spodnji sliki je viden prikaz takšne metode:

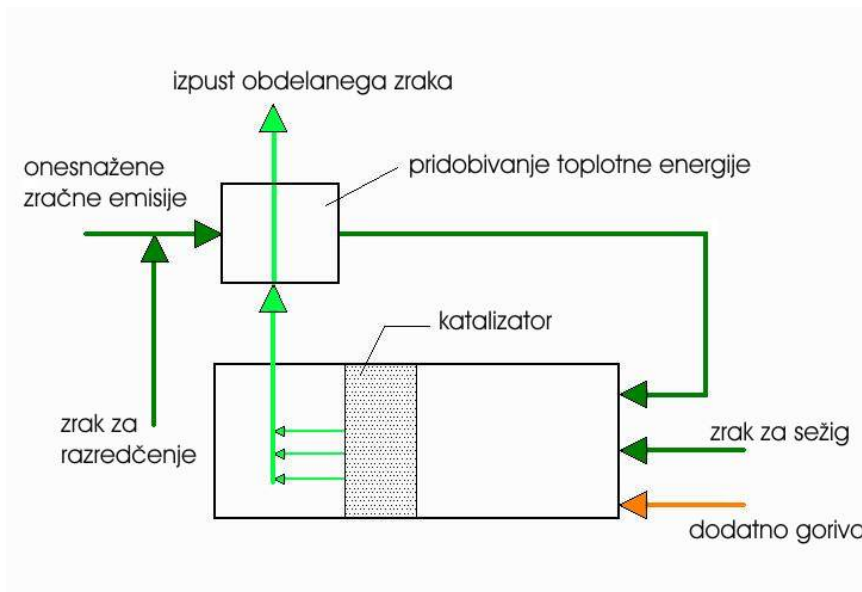


Slika 13: Postopek regenerativne toplotne oksidacije

c) Postopek oksidacije s katalizatorjem

To je razmeroma nov postopek odstranjevanja HOS iz zračnih emisij. Odstranjevanje katalitičnega zgorevanja poteka pri temperaturah od 200 do 600 °C pri uporabi trdnega katalizatorja. V prvi stopnji postopka se zračne emisije ogreje bodisi z uporabo električne energije ali z uporabo naravnega plina ali propana. Zrak se ogreje do temperature, pri kateri je možna uporaba katalizatorja za oksidacijo. Tako ogret zrak se nato vodi skozi bazo trdnih katalizatorjev, kjer organske snovi hitro oksidirajo. Tudi pri tej metodi se lahko toploto, ki nastane pri oksidaciji, vodi v ogrevalno komoro, kjer se z njo segrevajo nove zračne emisije. Ponavadi se pri tem postopku pridobi 50% toplote, ki se pojavi pri oksidaciji. Če je vsebnost organskih snovi v emisijah dovolj visoka, se lahko vzdržuje oksidacijo brez dodatnega goriva. Za oksidacijo se kot katalizatorji večinoma uporabljajo kovinski oksidi, kot so bakrov oksid, manganov oksid ali kromov oksid. Te kovine so primerne za uporabo tudi zato, ker so cenejše od ostalih.

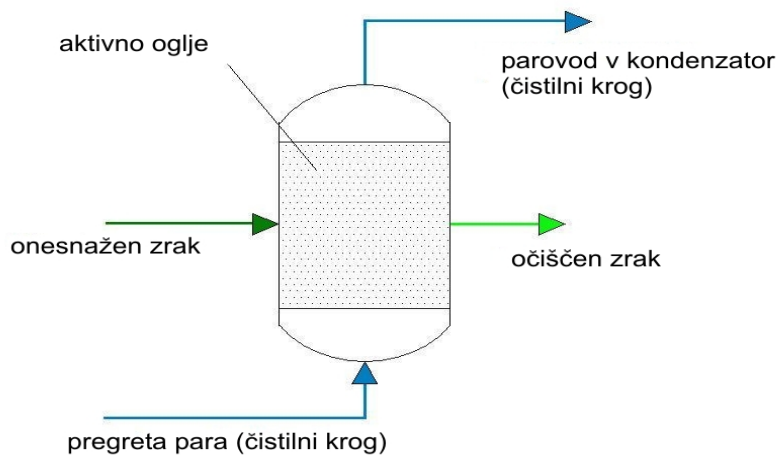
Preglednica 10: Postopek oksidacije s katalizatorjem



d) Postopek adsorpcije z ogljikom

Pri tej metodi so onesnaževalci odstranjeni iz zraka z fizikalno adsorpcijo v zrna aktivnega ogljika. Pri tem gre za delovanje med-molekularnih sil med adsorbentom in substratom. Učinkovitost je povezana z razpoložljivo površino adsorbenta. Adsorpcijske naprave so konstrukcijsko dokaj enostavne, sestavljene so iz cilindričnih posod, v katerih se nahajajo različne plasti adsorbenta. S takšnim čiščenjem poleg organskih odstranimo tudi nekatere kovinske in neorganske molekule.

Preglednica 11: Postopek adsorpcije z aktivnim ogljem



5.1.5 Čiščenje odpadnih voda

Tehnologija MBO ustvarja upoštevanja vredne količine odpadne in procesne vode, tudi če v postopek obdelave ni vključena stopnja anaerobne razgradnje. Količina in kvaliteta odpadnih voda sta odvisni od:

- deleža vode v odpadkih, ki jih obdelujemo,
- količine vode, ki je potrebna za obdelavo in odlaganje biološko obdelanih odpadkov, kot je sušenje (količina vode v odpadkih se zmanjša do 15%) ali pa priprava oz. stabilizacija odpadkov, ki jih vodimo na deponijo (količino vode zmanjšamo od 30 do 40%),
- stopnje razgradnje organsko suhih snovi,
- količine vode, ki se jo odstrani skupaj pri odstranjevanju snovi, primernih za reciklažo,
- nastajanje vode pri čiščenju zračnih emisij.

a) Odpadne vode pri aerobnih postopkih obdelave

Povprečni delež vode v odpadkih iz naselij znaša okoli 35%, delež biološko razgradljivih snovi pa okoli 44%. Pri aerobnih postopkih voda nastaja predvsem pri prezračevanju kop in

čiščenju zračnih emisij. V zadnjem primeru nastaja voda kot posledica kondenzacije, vrednosti kemične potrebe po kisiku (KPK) v njej pa znašajo med 400 in 2500 mg O₂/l. Te vrednosti so opazno nižje od tistih, ki se pojavljajo v odpadnih vodah pri anaerobni obdelavi. Takšno vodo se lahko odvaja v obliki pare skozi zračni izpust, seveda ob ustreznem čiščenju izpusta, bodisi z biofiltri ali s kislinskim pranjem. Vodo pa je mogoče izločiti v obliki pare le ob primerno visokih temperaturah, ki so odvisne od količine vode v odpadkih, ki jih aerobno obdelujemo. V povprečju lahko pri aerobni obdelavi v obliki pare skozi zračni izpust izločimo okoli 140 litrov vode na tono odpadkov pri stopnji izpusta 6000 m³/t odpadkov, če znaša temperatura zraka, s katerim prezračujemo 20°C in zraka, ki ga vodimo v čiščenje z metodo TRO 36°C. To temperaturo pa je potrebno povečati, če se povečajo količine odpadne vode zaradi večje količine vode v odpadkih. Temperature emisij, ki jih vodimo v postopek TRO naj bi znašale od 15°C do 60°C. S postopkom TRO, lahko torej pri aerobnih postopkih obdelave odpadkov poleg zračnih emisij obenem čistimo tudi odpadne vode.

b) Odpadne vode pri anaerobno aerobnih postopkih obdelave

Negativna lastnost anaerobne obdelave odpadkov je vsekakor nastanek onesnažene odpadne vode, ki jo je nujno potrebno prečistiti. V obratih MBO z integrirano tehnologijo anaerobne obdelave odpadna voda nastaja pri osuševanju ostanka anaerobne razgradnje. Količina odpadne vode, ki se pri tem pojavlja, znašaj med 100 in 170 l/t. Količinsko so to rahlo manjše vrednosti kot pri aerobni razgradnji. Ne obstaja veliko podatkov o morebitnem čiščenju takšne odpadne vode z metodo TRO, ki bi bila del naknadne razgradnje odpadkov, vključno z odpadno vodo iz anaerobnega dela. Problem pri takšni izvedbi čiščenja predstavlja nesposobnost avtomatične proizvodnje toplote takšnih odpadkov in posledično višje stroške obdelave.

Zaradi relativno kratke obratovalne dobe večine obratov MBO z anaerobno razgradnjo odpadkov, obstaja v publikacijah posledično manj izkušenj v zvezi s takšnim obratovanjem. Zato je zanesljivost takšnih obratov za zdaj manjša kot pri obratih MBO z aerobno obdelavo odpadkov. Aerobni obrati veljajo za manj zanesljive od aerobnih, obratovalne probleme, ki se pojavijo, pa je težje odpraviti.

Enega od pomembnih problemov predstavlja dušik, ki se v odpadkih pojavlja v več oblikah.

Te oblike so sledeče: - amonijak (NH_3)

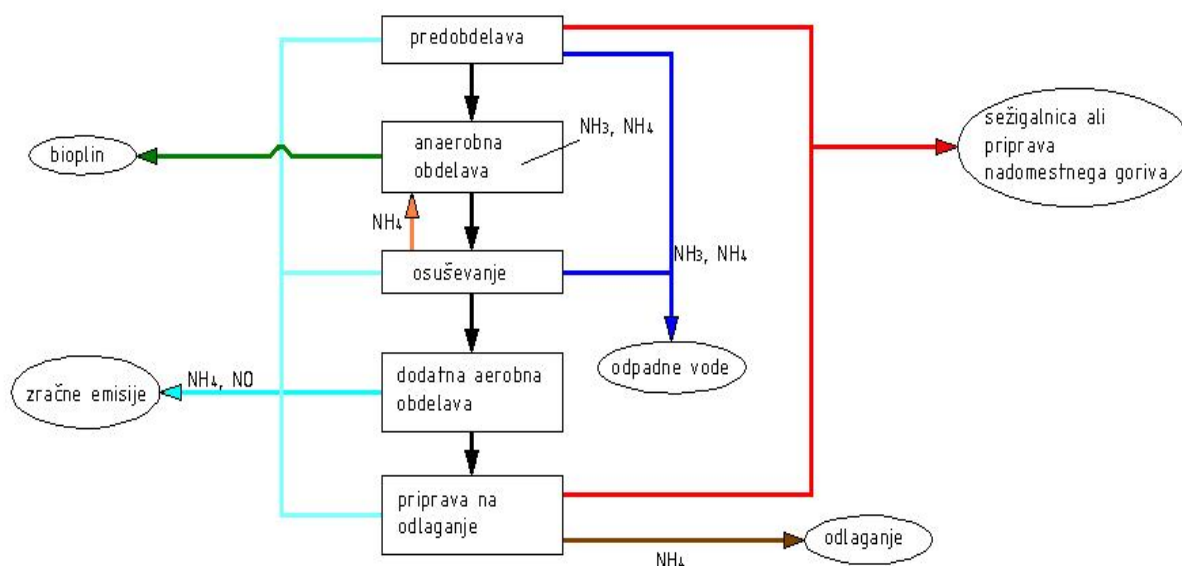
- amonij (NH_4^+)

- dušikov oksid (N_2O)

- nitrit (NO_2^-)

- nitrat (NO_3^-)

Preglednica 12: Vpliv dušika na anaerobni proces



Iz zgornjega prikaza anaerobne obdelave odpadkov je razvidno, da odpadna voda nastaja pri postopku osuševanja anaerobno obdelanih odpadkov. Od postopka osuševanja je tudi odvisna količina odpadne vode, ki jo je potrebno prečistiti. V zakonodaji EU ne obstajajo smernice, ki bi zadevale čiščenje takšnih odpadnih vod. Večino teh vod se uporablja v kmetijstvu za gnojenje ali pa se jih vodi v obrat za čiščenje odpadnih voda.

V redkih primerih obratov anaerobne MBO odpadkov pa se odpadno vodo prečisti z drugimi metodami. Te metode so ultra filtracija, reverzna osmoza, aktivno blato in metoda odstranjevanja amonijaka.

5.1.5 Proizvodnja nadomestnega goriva

Obrat MBO lahko predstavlja samostojen obrat, ki ne služi le kot priprava materiala na odlaganje, temveč v njem pridobivamo tudi nadomestno gorivo.

V postopku mehanske pred-obdelave se poleg drobljenja in izločanja kovin izloči tudi pretežni delež gorljive frakcije s sejanjem v sejalniku, po potrebi pa tudi z ločevanjem od negorljivega dela v zračnem toku. Preostanek iz mehanske ločevalne stopnje se nato obdela v zaprtem, kontroliranem intenzivnem statičnem aerobnem procesu. Tako obdelani material se nato vodi še v postopek sušenja, nato pa se v rotacijskem sejalniku preseje, da ločimo gorljivo frakcijo od negorljive. Ta frakcija se združi s prvim odsevom, preostanki pa se aerobno obdelajo po postopkih naknadnega zorenja v boksih ali kopah.

Za to različico MBO, po kateri se izloči okrog 40% gorljive frakcije, je značilno, da se za snovno izrabo neprimerne gorljive frakcije odpadkov iz proizvodnega in storitvenega sektorja združijo z gorljivo frakcijo, ki se dobi iz MBO postopka. Ostanke iz te različice MBO predstavljajo okrog 30% vhodnih količin, imajo energetska vrednost med 6 - 8 MJ/kg in gostoto okrog 1 t/m³. Gorljiva frakcija, katere energetska vrednost je okrog 14 MJ/kg, lahko naraste tudi na 20 MJ/kg in več.

V naslednjih podpoglavjih bom skušal prikazati uporabnost različnih kombinacij zgoraj opisanih postopkov. Predstavil bom tudi določene raziskave, ki so jih opravili v tujini in kažejo na pozitivne strani procesa MBO.

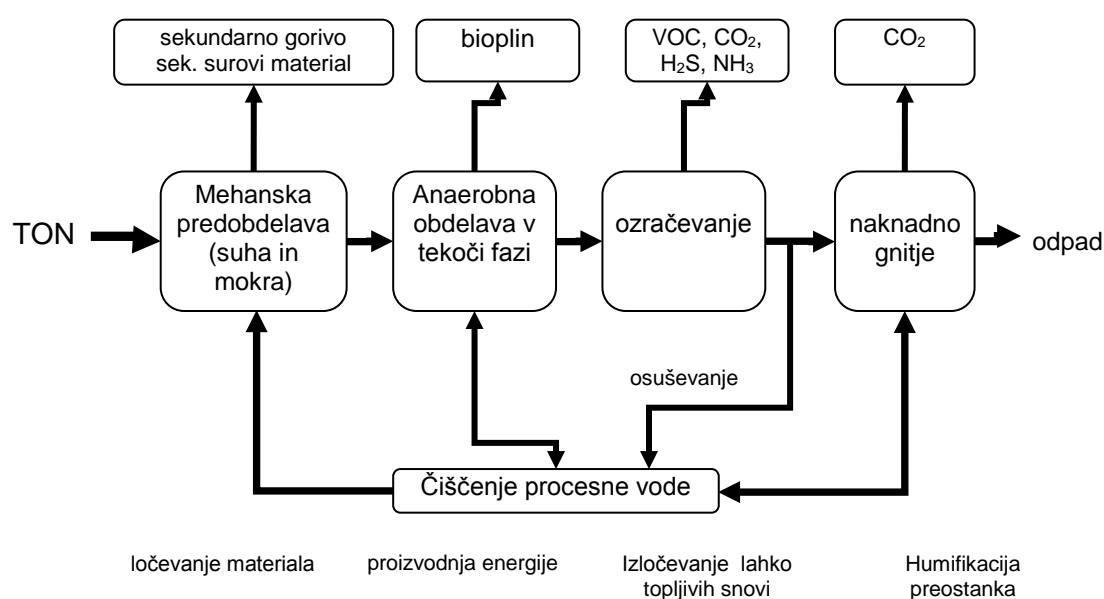
5. 2. Varianta biološke obdelave s fermentacijo in naknadno aerobno obdelavo

V Nemčiji izvedene raziskave kažejo, da lahko za procesom fermentacije namesto kompostiranja uporabimo mokro oksidacijo. Z mokro oksidacijo lahko poleg ostalih lastnosti aerobne obdelave tudi kontrolirano odstranjujemo agresivna ogljik in dušik iz odpadkov. Ta elementa lahko potem odstranimo s čiščenjem izpušnega plina. Naknadno kompostiranje, ki je npr. v Nemčiji nujno za doseganje predpisane kvalitete odpadkov za odlaganje, pa se lahko izvaja na odprtem pod streho.

Za mehanskim delom čiščenja, kjer se odstranijo odpadki z visoko kurilno vrednostjo, pesek ter moteči elementi, se ostali odpadki anaerobno obdelajo pri približno 10% suspenziji trdnih snovi. Mokra biološka oksidacija se uporablja za obdelavo odpadkov, tudi tekočine, ki izhajajo iz anaerobnega reaktorja. Ta korak predstavlja alternativo intenzivnemu gnitju trdnih anaerobno obdelanih odpadkov (Fricke, Geodecke, 2003). S tem postopkom lahko iz zmešane homogene zmesi komunalnih odpadkov odstranimo agresivni organski ogljik, ne-metanski agresivni organski ogljik, amoniak (NH_3), vodikov sulfid (H_2S) in smrad. Te elemente odstranimo z napravo za mokro čiščenje zraka ter z regenerativno termalno oksidacijo (Ketelsen, 2001).

Sledi še naknadno gnitje tako obdelanih odpadkov, ki smo jim odstranili vodo. S tem postopkom še dodatno biokemijsko razgradimo obstoječe organske substance v humidno sestavo. S takim gnitjem zmanjšamo potencialne emisije na najnižjo možno stopnjo. Na spodnji sliki vidimo grafični prikaz kombinacije mehanske obdelave, anaerobne obdelave, prezračevanja v tekoči fazi ter naknadnega gnitja. Biološka mokra oksidacija pomeni obdelavo odpadkov tekoče oblike (le 10% odpadkov je v trdni obliki), gnitje pa pomeni biološko obdelavo odpadkov v trdni obliki (55% trdnih snovi).

Preglednica 13: Prikaz kombinacije mehanske in anaerobne obdelave, prezračevanja v tekoči fazi ter naknadnega gnitja



Te raziskave so opravili z namenov ugotoviti kako izboljšati obdelavo odpadkov, da bi zadostili strogim kriterijem kvalitete komunalnih odpadkov, ki jih lahko odlagamo na deponiji. Po nemškem zakonu o ravnanju z odpadki (Abfallablagungsverordnung; AbfAbLA) mora celotna kurilna vrednost obdelanih odpadkov znašati največ 6000 KJ/kg, vsebnost organskega ogljika v suhem stanju 18 %, vsebnost organskega ogljika v tekočem stanju pa 250 mg/l.

V prvem testu so ugotavljali potrebo po kisiku pri postopku mokre oksidacije pri temperaturi $T = 35^{\circ}\text{C}$. Prvi vzorec komunalnih odpadkov je bil obdelan s postopkom fermentacije z zadrževalnim časom 21 dni.

V drugem testu so primerjali kombinaciji postopkov anaerobne fermentacije in biološke mokre oksidacije s kombinacijo postopkov anaerobne fermentacije in intenzivnega gnitja. Dobili so podatke, ki kažejo uspešnost posamezne kombinacije. Vzorec za preiskavo je bil vzet iz obrata MBO, in sicer je bil mehansko obdelan. Vzorec je bil zdrobljen tako, da je bil sestavljen iz treh različnih frakcij, in sicer $d < 10$ mm, $d < 20$ mm in $d < 30$ mm. Delež odstranjene lahke frakcije je znašal približno 5 %.

Pri tretjem testu pa so raziskovali uspešnost celotne kombinacije treh procesov fermentacije, mokre oksidacije ter naknadnega gnitja. Za ta test je bil uporabljen vzorec komunalnih ter komercialnih odpadkov, ki je bil predhodno zdrobljen v okroglem mlinu, $d < 3$ mm. Vzorcju niso odstranili inertne frakcije.

5.2.1 Rezultati raziskave

• *Produkcija bioplina*

Med raziskavo anaerobne fermentacije komunalnih odpadkov so po 21 dnevni obdelavi izmerili proizvodnjo 165 – 205 m³ bioplina na tono odpadkov (glej spodnjo tabelo). V 2 testu je bilo proizvedenega več bioplina zaradi dejstva, da je bila odstranjena velika količina frakcije s višjo kurilno vrednostjo. Vsebnost metana na koncu fermentacije je bila med 66 in 71 %. Pri tretjem eksperimentu je bilo po dveh tednih proizvedenega že 92 % plina.

Nujno je odpadke v reaktorju zadrževati med dvema in tremi tedni, da dosežemo zadovoljive rezultate.

Preglednica 14 : Produkcija bioplina ter primerjava z drugimi preiskavami

	2. test		3. test	celoten obrat
čas preizkusa	2 tedna	3 tedni	3 tedni	2-3 tedni
temperatura	35°C	35°C	35°C	
vhodne WM	98 m ³ /t	107 m ³ /t		60 – 110 m ³ /t
izhodne DM	152 m ³ /t	165 m ³ /t	205 m ³ /t	113 – 160 m ³ /t
<i>kvaliteta bioplina</i>				
vsebnost CH ₄		66%	71%	57 – 65 %

• *Potreba po kisiku pri mokri fermentaciji*

Potrebo po kisiku so merili z respirometrom. Na začetku je bila opravljena preiskava z anaerobno obdelavo odpadkov ob eksperimentu št. 1. Preiskava je pokazala porabo kisika 1,8 mg O₂/(h*kg). Po enem tednu se je ta poraba zmanjšala na približno 0,2 mg O₂/(h*kg).

Med raziskavo mora biti na razpolago za mokro oksidacijo vsaj 1 kg O₂/(h*kg). Te vrednosti predstavljajo dejansko količino kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi. Da bi dobili potrebni razgrajeni kisik v suspenziji, ki ga potrebujejo mikroorganizmi, moramo v sistem dovajati večje količine kisika od potrebnih vrednosti. Ta količina dovedenega kisika je odvisna tudi od tipa ozračevanja.

Fricke in Goedecke (2003) predlagata količine kisika med 2000 in 6000 m³/Mg za uspešen proces anaerobne fermentacije in gnitja. Okoli 6000 do 10000 m³ zraka je potrebno dovesti za vsako tono odpadkov, če obratuje le anaerobni postopek (suha faza). V primerjavi s v tem besedilu opisanim postopkom mokre oksidacije in fermentacije je tako za samo anaerobni postopek potrebno manj zraka, kar pomeni manjšo produkcijo izpušnega zraka. To pomeni tudi manjšo napravo za čiščenje zraka.

• *Sestava izpušnega zraka pri postopku mokre oksidacije*

Izpušni zrak so analizirali glede vsebnosti agresivnega organskega ogljika (VOC) ter amonija (NH₃ – N).

Pri 2. eksperimentu so izmerili 200 – 450 mg C/Nm³, pri 3. eksperimentu pa 100 in 370 mg C/Nm³. Maksimalne koncentracije VOC so se pojavile na začetku eksperimenta. Kar pa se tiče primerjalnih raziskav naknadnega gnitja (eksperiment 2) so ugotovili le koncentracije 20 – 500 mg/Nm³ v izpušnem zraku. Fricke in Goedicke (2003) navajata koncentracije VOC med 50 in 400 mg/Nm³ v izpušnem zraku pri anaerobni/aerobni kombinaciji (suh postopek). Podatki kažejo, da so merjene vrednosti mokre oksidacije znotraj vrednosti, ki jih navajata zgoraj omenjena avtorja. Omeniti je potrebno, da sta ta avtorja preizkuse izvajala na surovem materialu (pred odstranitvijo frakcije z visoko kurilno vrednostjo).

Med procesom mokre oksidacije je bilo odstranjenega 200 – 650 mg NH₃-N/Nm³. Tudi tu se najvišje koncentracije amonija pojavijo na začetku procesa mokre oksidacije. Potrebno pa je tudi primerno očistiti izpušni zrak.

- *Redukcija amonijevega dušika med mokro oksidacijo*

Med mokro oksidacijo pride do opaznega zmanjšanja koncentracije amonija. Zaradi povečane vrednosti pH pride do povečanih koncentracij NH₃ namesto koncentracij NH₄. Koncentracije NH₄ se zmanjšajo iz 1840 mg/l na 530 mg/l. Tako se poveča koncentracija amonijevega dušika v izpušnem zraku. Pride do spreminjanja koncentracije NH₄ in odvoda NH₃ v odvisnosti od spreminjanja vrednosti pH v enem litru suspenzije.

- *Razpadanje ogljika pri posameznih stopnjah ob kombinaciji postopkov obdelave*

Razpad ogljika pri anaerobni fermentaciji predstavlja 33,4 % teže celotnega ogljika v odpadkih pri dobi trajanja 12 dni (izračunano na osnovi produkcije bioplina (CH₄, CO₂)). Po 22 dnevni dobi fermentacije se v bioplin pretvori 36,3 % ogljika. Vsebnost organskega ogljika (TOC) se je v 12 dneh zmanjšala iz 24,5 % na 16,6 %. Rezultati kažejo, da znaša količina organskega ogljika v trdnih materialih 16,6 % teže ogljika. Po fermentaciji je imel določen delež ogljika v komunalnih odpadkih obliko razpadlega ogljika (DOC). Pri naknadni mokri oksidaciji se je v CO₂ pretvorilo 14,7 % ogljika v komunalnih odpadkih. Pri naknadnem intenzivnem gnitju se v 25 dneh v ogljikov dioksid pretvori še 2,6 % ogljika.

Skupno se v ogljikov dioksid pretvori 53,4 % ogljika v komunalnih odpadkih, in sicer 62,5% pri anaerobni fermentaciji, 32,5% pri mokri oksidaciji ter približno 5 % pri naknadnem kompostiranju.

• *Analiza obdelanih odpadkov glede na zahteve kvalitete materiala za odlaganje*

Analiza v zvezi zahtevane kvalitete materiala za odlaganje je bila opravljena na filtrirani vodi. Merili so respiratorno aktivnost ter količino organskega ogljika (TOC). V nadaljevanju so predstavljeni rezultati analize.

Ugotavljanje intenzivnosti respiratorne aktivnosti je pomembna pri odločanju o tem, kako dimenzionirati obrat naknadnega kompostiranja. Nujno pa je določiti količino organskega ogljika, saj je to ključni podatek pri določanju zadrževalnih časov in kot posledica pri ugotavljanju cene mehansko biološkega čiščenja odpadkov.

Raziskave v zvezi z respiratorno aktivnostjo At_4 so pokazale, da lahko dosežemo cilj 5mg O_2/g pri anaerobni fermentaciji v 22 dneh in pri mokri oksidaciji v 7 dneh. Če pa izvajamo kratko fermentacijo (12 dni) in le 6 dnevno mokro oksidacijo, potrebujemo še naknadno kompostiranje. Celokupno potrebujemo za dosego cilja respiracije 5mg O_2/g približno 35 dni.

Projekt izgradnje objekta naknadnega gnitja na odprtem pod streho lahko uresničimo, če znaša respiratorna aktivnost pod 20 mg O_2/g . Med raziskavo so to vrednost dosegli že po kombinaciji 12 dni anaerobne fermentacije odpadkov in 6 dni mokre oksidacije, to vrednost pa lahko dosežemo tudi po 22 dneh same anaerobne fermentacije.

Analiza deležev ogljika v filtrirani vodi kaže, da lahko ciljno vrednost 250 mg/l dosežemo v obdobju 4 do 5 tednov. Po 22 dneh anaerobne fermentacije in po 7 dneh mokre oksidacije so izvedli še 5 tedensko naknadno gnitje odpadkov, da so dosegli predpisano vrednost. V nekem primeru se je vrednost spustila pod 300 mg/l že po 3 tedenskem naknadnem kompostiranju (skupni čas obdelave je znašal 49 dni). Pred naknadnim gnitjem so odpadke obdelali anaerobno (17 dni) in v mešanem reaktorju (7 dni).

Fricke in Goedicke navajata, da testi kažejo možnost realiziranja vrednosti $TOC_{eluate} < 250$ mg/l z suho enostopenjsko anaerobno fermentacijo v 2 – 3 tednih. Če pa imamo še naknadno gnitje, pa ta čas znaša od 4 do 6 tednov. Pri kombinaciji anaerobna fermentacija – biološka mokra oksidacija – naknadno kompostiranje lahko zadrževalni čas pri naknadnem kompostiranju zmanjšamo na približno 3 tedne.

• Zaključek

Glede na opravljene raziskave uspešnosti kombinacije anaerobna fermentacija – biološka mokra oksidacija – naknadno kompostiranje lahko zaključim, da ta kombinacija lahko konkurira konceptu anaerobna fermentacija – intenzivno gnitje – naknadno gnitje. Razlika je v tem, da bi v raziskavi obravnavana kombinacija bila cenejša.

5.3 Dvostopenjska anaerobna predelava odpadkov ter proizvodnja bioplina, s katerim pokrijemo energijske izgube obrata

Na odlagališču Kahlenberg v južni Nemčiji so preizkušali nov način predelave odpadkov. Tehnologija sestoji iz več korakov, in sicer: mehanska stopnja predelave, biološka anaerobna stopnja ter naknadna mehanska stopnja s postopkom sušenja (Rettenberger, 2003). Glavni namen takšnega načina obdelave odpadkov je proizvodnja goriva iz odpadkov. Takšno gorivo je v obliki bioplina, katerega namen je pokriti energijske izgube obrata.

Biološki proces predstavlja uvajanje nove tehnologije v proces obdelave odpadkov. V prvem koraku tega procesa se odpadne snovi pripelje v prezračevani mešalni reaktor, kjer se jim doda vodo. V tej vodi se raztopi organski material. To vodo se nato prečrpa v anaerobni del reaktorja, kjer nastaja bioplin. Odpadni material, ki izhaja iz reaktorja se najprej mehansko posuši, nato pa še biološko v ločenem reaktorju. Takšen material je nato v stanju, ko se iz njega lahko izloči odpadno gorivo. Ta zadnji korak je ena od dobrih lastnosti te tehnologije.

Proces obdelave sestoji iz naslednjih korakov:

1. Mehanska obdelava, ki jo sestavljajo rotirajoče bobnasto sito, železna separacijska enota ter sistem za izločevanje neželenih snovi. Tu se odpadke razdeli na fino frakcijo (<70 mm), srednjo frakcijo (med 70 in 150 mm) ter na grobo frakcijo (>150 mm). Grobo frakcijo se loči kot del odpadkov z veliko kalorično vrednostjo. Srednjo frakcijo se nadalje loči z nagnjenim strojem za sortiranje na težko in na lahko frakcijo.
2. Biološka obdelava presejanega materiala v prezračevanem mešalnem reaktorju, kjer se pojavlja aerobna razgradnja ob pojavu hidrolize. V reaktor se vodi fino ter lahko srednjo frakcijo. Odpadne snovi se poškropi s vodo in s tem se izpira lahko raztopljive in suspendirane organske snovi. Te izprane snovi se nato vodi v ločen anaerobni reaktor, kjer se proizvaja bioplin. Odpadne frakcije se v prezračevanem mešalnem reaktorju zadržuje približno 2-3 dni. Zadrževalni čas v anaerobnem reaktorju znaša približno 4-5 dni. Po tej obdelavi se večini tekočine ponovno uporabi, nekaj pa jo vodimo v čistilno napravo.
3. Biološko sušenje, s katerim se proizvaja material, ki se imenuje percotrat.
4. Mehansko ločevanje posušenega percotrata, iz katerega se loči odpadno gorivo ter inertni material, katerega se vodi na odlagališče. V tem postopku se uporablja sejalni stroj, zračna separacijska enota ter kombinirani sistem sejanja in zračne separacije, s katerim se ločuje težke in lahke materiale majhnih frakcij.

Ta demonstracijski obrat je bil izdelan za letno obdelavo približno 15000 ton. Naprava je obratovala 6 dni na teden z dnevnim vnosom odpadkov 50 ton.

Dejanska količina obdelanih odpadkov pa je znašala 11000 ton letno z obratovalnim časom 5,5 dni na teden in z dnevnim vnosom odpadkov 40 ton.

V postopku obdelave iz postopkov izhajajo naslednje oblike izhodnega materiala:

- V okviru mehanske obdelave pri postopku sejanja dobimo frakcijo $d > 150$ mm, ki se jo izloči iz procesa biološke obdelave. Iz te frakcije se pridobiva nadomestno gorivo. Z magnetno enoto izločimo še železno frakcijo, katero se izloči iz nadaljnje obdelave.
- Poleg zgoraj navedenega pri postopku mehanske obdelave pride še do izhlapevanja vode.

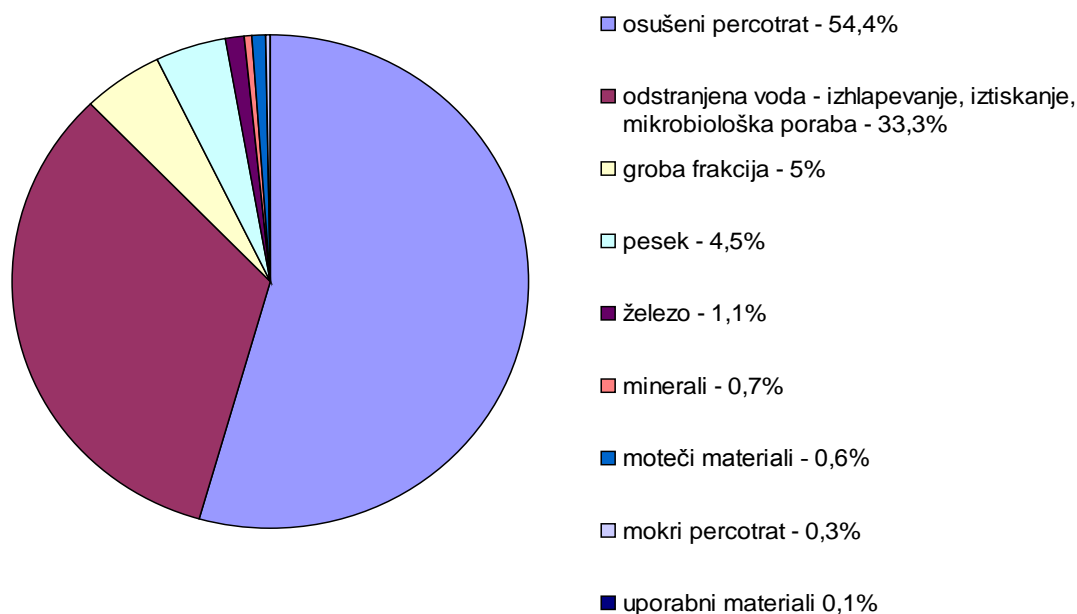
- Nadalje sledijo ročno ločevanje odpadkov, sejalni postopek, pri katerem izločimo tiste dele odpadkov, ki bi lahko poškodovali stroje v nadaljevanju postopka in pa izloči se vredne materiale (ne-železove kovine).
- V prezračevanem mešalnem reaktorju pa se izpirajo suspendirane (vezane) ter raztopljene organske snovi, ki se v anaerobnem postopku razkrajajo in se pretvarjajo v bioplin. V mešalnem reaktorju pride tudi do aerobnega postopka pridobivanja bioplina. Po tem postopku se vodo iztisne z uporabo stiskalnice.

Delež železne frakcije ostaja skozi vse leto isti in predstavlja normalne količine železa v odpadkih. Delež peska pa skozi leto obratovanja niha ter znaša med 2 in 7 %.

Izhodna količina raztopljenih in neraztopljenih organskih snovi v materialu, ki prihaja iz reaktorja, pomeni količino materiala, iz katerega v anaerobnem reaktorju nastaja bioplin. Ta proces pa je odvisen od količine vode, ki jo vodimo v mešalni reaktor. Na začetku procesa so uporabili 5 m³ vode na tono odpadkov. Med samim postopkom raziskave pa se je ta vrednost spreminjala. 79% te vode prihaja iz anaerobnega reaktorja, 21% pa je pitne vode.

V spodnji prilogi je prikazana osnovna sestava izhodnega materiala po končanem procesu MBO.

Preglednica 15: sestava izhodnega materiala po MBO:



Vidimo, da količina osušenega nadomestnega goriva oz. percotrata znaša več kot polovico izhodnega materiala, delež odstranjene vode pa znaša tretjino izhodnega materiala.

Rezultati preizkusnega obrata na odlagališču Kahlenberg v Nemčiji so tako optimistični, da se je upravljalec odločil za izgradnjo obrata MBO. Rezultati raziskave so naslednji:

- manjša cena obdelave na tono pripeljanih odpadkov,
- visoka kvaliteta nadomestnega goriva,
- v raziskavi so pridobili dobre izkušnje z različnimi enotami postopka MBO.

Ko so se prve komunalne skupnosti odločile za uporabo obratov MBO, so te naprave služile le kot priprava odpadkov na odlaganje na deponiji. Moderni obrati MBO pa stremijo predvsem k čim večji izrabi energije iz odpadkov. Prav ta primer po mojem mnenju predstavlja poleg variante MBO s proizvodnjo nadomestnega goriva glavno alternativo sežigalnicam.

5.4 Ločevanje odpadkov z dvostopenjskim mehanskim postopkom in pridelava nadomestnega goriva v Nemčiji

V Nemčiji je potrebno odpadke obdelati tako, da dosežejo dovolj nizke koncentracije organskega ogljika (18 %) ter materiala z visoko kurilno vrednostjo (< 6 MJ/kg). Da bi dosegli te vrednosti, morajo v Nemčiji vse komunalne odpadke obdelati tako, da jim odstranijo snovi z visoko kurilno vrednostjo, katere nato pretvorijo v nadomestno gorivo. Prav proizvodnja takšnega goriva pa obrate MBO postavi v vlogo konkurenta sežigalnicam, saj predstavlja vrsto različnih postopkov za popolno obdelavo odpadkov (Rettenberger, 2003)

Glavni namen biološke obdelave je v pripravi odpadkov na odlaganje, tudi v tem procesu pa pride do izločanja določenih materialov iz odpadkov. Del mehanske obdelave pa lahko poteka tudi za biološkim korakom. Z njim ločujemo iz biološko predelanih odpadkov kovine ali pa težke minerale na dnu reaktorja za pridelavo bioplina.

V tem primeru so morali najti kompromis med:

- a) maksimalnim količino odstranjenega materiala z visoko kurilno vrednostjo,
- b) maksimalno kurilno vrednostjo te frakcije.

Predpostavljena zahtevana kvaliteta nadomestnega goriva (zahteva tržišča) znaša 15,8 MJ/kg (po nemških predpisih minimalna vrednost znaša 11 MJ/kg). Ker nobena od presejanih frakcij ne doseže te vrednosti, je drobljenje teh frakcij nujno za doseganje potrebne kvalitete goriva. Največje kurilne vrednosti materiala so pri obdelavi v valjastem drobilcu. Če hočemo izbrati optimalno napravo za drobljenje materiala, moramo upoštevati delež celotne energije pri nadomestnem gorivu. Z valjastim drobilcem pridobimo iz celotne energije odpadkov le 7 oziroma 16 % celotne energijske vrednosti. Pri drobljenju z rotirajočim kompostnim drobilcem ta procent naraste na 31 % - presejana snov premera 80mm. Presejana snov premera 40 mm pa vsebuje kar 48 % celotne kurilne vrednosti, medtem ko je njena kurilna vrednost malo pod 15 MJ/kg.

Glede na količino organskih snovi v ostali frakciji je uporaba kompostirnega drobilca in 40 mm sita uspešna, saj skoraj podvoji koncentracijo organskih snovi pri zdrobljenem materialu premera 40 mm glede na koncentracijo v ne-zdrobljenih komunalnih odpadkih (obravnavamo suhe organske snovi biološkega izvora).

V resničnih pogojih so zahteve po kvaliteti ločevanja in produkta višje, zato potrebujemo bolj sofisticirane sisteme mehanskega postopka. Optimizacija takšnega sistema pa je zahtevnejša kot v opisanem primeru, saj je potrebno upoštevati tudi ekonomski ter ekološki pogled.

5.4.1 Upravljanje toka materiala s postopkom 'dry stabilize'

Ta postopek so izdelali v podjetju Herhof, leta 2003 pa je ta postopek bil uporabljen v 9 obratih v Nemčiji kot tudi v Belgiji in Italiji. Vsak od njih ima kapaciteto od 75.000 do 220.000t. Glavni cilj te obdelave je pridobiti čim več snovi, ki se jih lahko uporabi v industriji in s tem zelo zmanjšati količino odpadkov, ki se jih vodi na odlagališče.

Za doseg cilja se vse odpadke, ki se jih pripelje na obrat, vodi v biološko obdelavo, kjer so 7 dni izpostavljeni obdelavi z visoko stopnjo prezračevanja. V tem procesu se vsebnost organskih snovi le rahlo zmanjša, izboljšajo pa se ločevalne lastnosti materiala. Biološki obdelavi sledi ločevanje težke in lahke frakcije. Lahko frakcijo se po tem, ko iz nje odstranimo kovine, uporabi za izdelavo nadomestnega goriva. Iz težke frakcije, ki predstavlja približno 15 % celotne teže materiala pa odstranimo kovine, steklo, baterije ter mineralne snovi.

Preglednica 16: Izhodni tokovi pri procesu 'dry stabilate'

izhodne frakcije	delež frakcije v %
nadomestno gorivo (15-18 MJ/kg)	53
železove kovine	4
ne-železove kovine	1
baterije	0,05
belo steklo	3
rjavo steklo	0,5
zeleno steklo	0,5
minerale	4
skupaj:	66,05
drobna zrna in prah	4

5.4.2 Ločevanje snovi z izrivanjem pod pritiskom

V tem podpoglavju bom predstavil italijansko tehnologijo, ki je zasnovana na inertizaciji in zgoščevanju komunalnih odpadkov ter proizvodnji organsko bogatega nadomestnega goriva. Pred tem postopkom se odstrani kovine, ki predstavljajo cca. 10 % celotne količine odpadkov. Odpadke, ki jim odstranimo železo, se stisne pod pritiskom in se jih z izrivanjem razdeli na dva dela. Približno dve tretjini predstavlja suhe odpadke, tretjina pa mokre.

Suhi del sestoji iz lesa, papirja, plastike in kartona. To so sestavine, ki sestavljajo nadomestno gorivo. Kurilna vrednost znaša približno 15.000 kJ/kg.

Mokri del pa večinoma sestavljajo biorazgradljive sestavine, v manjših količinah pa so prisotni tudi plastika, vlakna in inertne snovi. Vizualno izgleda kot pol tekoča snov. Prisotne delce keramike in stekla pa se lahko odstrani s sejanjem, saj so dovolj velikih velikosti. Količina vlage znaša okoli 50 %. Mokri del nato biološko razpada. To razpadanje pospeši še višja temperatura, ki nastane med stiskanjem materiala.

Glede na lastnost materiala (organska frakcija) je ta postopek ločevanja primeren pri naknadni anaerobni obdelavi. Direktna uporaba tekočega dela za gnojenje ni priporočljiva zaradi svojih lastnosti.

5.4.3 Potencial proizvodnje nadomestnega goriva

Kar 30 – 40 % odpadkov v modernem obratu MBO uporabimo kot nadomestno gorivo, v primeru 'dry stabilate' pa celo več kot 50 %. V Nemčiji v obratih MBO obdelajo med 3,5 in 7,5 milijonov ton odpadkov, od tega jih uporabijo kot nadomestno gorivo med 1,5 do 4 milijone ton. V Evropi ta količina znaša približno 10 milijonov ton (podatki iz leta 2003). Ta količina je primerljiva z ostalimi nadomestnimi gorivi, kot so komercialni odpadki, les, plastika, tekstil, že uporabljena olja, topila, itd. Skupna količina nadomestnih goriv predstavlja 22 do 27 milijonov ton na leto. Ta goriva se lahko uporabijo namesto običajnih goriv pri cementni industriji, elektrarnah na premog, v livarnah, pri proizvodnji apnenca in proizvodnji opečnega materiala. Skupno je bilo v Evropi leta 2003 v teh dejavnostih možnosti uporabe za okoli 21 milijonov ton nadomestnega goriva.

Vidimo, da sta ponudba in možnost uporabe nadomestnih goriv v dobrem razmerju. Problem pa se pojavi pri dejanskem povpraševanju po teh gorivih, saj je odvisno od cen nadomestnih goriv ter cene standardnih goriv, kot je premog, ki se spreminjajo.

Zato je pomemben faktor pri povpraševanju po nadomestnih gorivih tudi kvaliteta le teh. Dobro bi bilo standardizirati kvaliteto teh goriv. Takšne standarde že poznajo v Nemčiji (certifikat kvalitete RAL 724) in v Švici (certifikat kvalitete BUWAL). Se pa ta certifikata razlikujeta v pristopu uveljavljanja standarda. Nemški model temelji na poznavanju postopka mehansko biološke obdelave odpadkov, medtem ko švicarski model opredeljuje kvaliteto glede na stopnjo onesnaževanja standardnih goriv. Pričakovati je, da se bo uveljavil tisti model, ki bo dovoljeval cenejše nadomestno gorivo, to pa bo škodilo varstvu okolja. Pripravlja pa se regulacija EU, ki bo v obzir vzela ekonomski in ekološki pogled.

6. Okoljski, ekonomski ter sociološki pogled na ravnanje z odpadki

Kot sem že omenil se je potrebno reševanja problema ravnanja z odpadki lotevati trajnostno. To pomeni, da moramo upoštevati več vidikov mehansko biološke obdelave odpadkov. Ekonomski vidik je morda najpomembnejši, zanemariti pa ne smemo vpliva objekta obdelave odpadkov na okolje, pomemben pa je tudi sociološki vidik. V preteklosti so se že delale napake, ko se ni upoštevalo vseh vidikov in je nepremišljena umestitev določenega objekta v prostor bila povod za probleme, ki so se pojavili po investiciji.

6.1 Ekonomski vidik mehansko biološke obdelave komunalnih odpadkov

Glede stroškov še ni bistvenih prepoznavnih razlik med postopkoma MBO in sežigalnicami.

K temu prispeva v prvi vrsti nepoznavanje stroškov, ki pri MBO nastanejo.

Ko govorimo o stroških, moramo ločiti investicijske in obratovalne stroške za:

- samo napravo za obdelovanje odpadkov,
- potrebno logistiko odpadkov za uporabo in odstranitev iz naprave za obdelavo
Opadkov,
- uporabo proizvodov (uporabni odpadki),
- odstranitev neuporabnih proizvodov.

Stroški obdelave so v posameznih primerih odvisni od velikosti in izvedbe naprave, cene zemljišča, prometnih povezav in časa nakupa. So pa podobni pri postopkih MBO in termični obdelavi.

V nadaljevanju bom skušal prikazati osnove investicijskih in obratovalnih stroškov pri procesu MBO. Tej tem sta se posvetila mag. Janez Ekart in doc. dr. Niko Samec v članku Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij, njune ugotovitve pa bom predstavil v nadaljevanju.

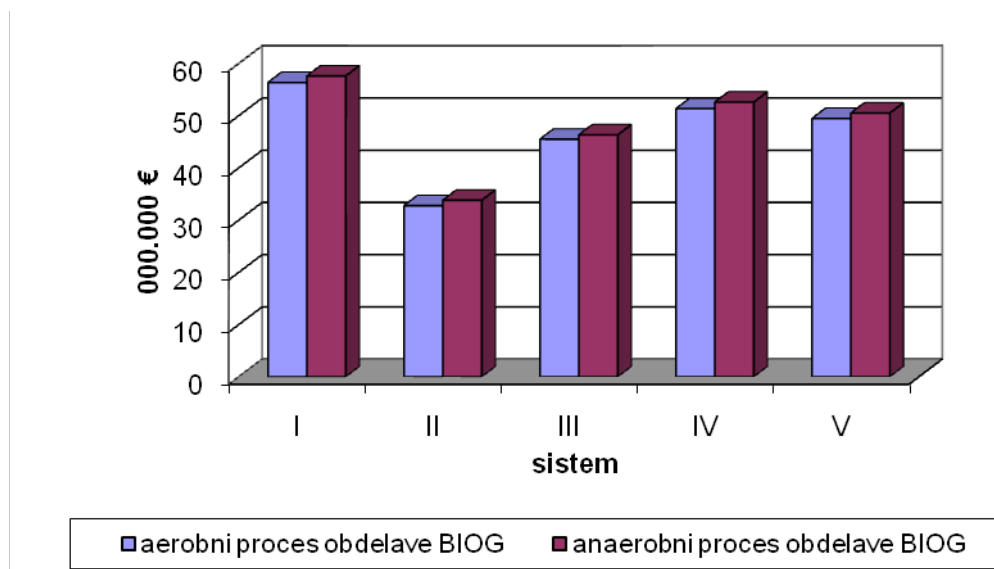
Avtorja sta obravnavala naslednje sisteme obravnavanja odpadkov:

- sistem I:** -ločevanje določenih frakcij komunalnih odpadkov na izvoru
 -predelava bioloških odpadkov
 -deponiranje ostalih odpadkov brez predhodne obdelave
- sistem II:** -ločevanje določenih frakcij komunalnih odpadkov na izvoru
 -predelava bioloških odpadkov
 -mehansko biološka obdelava ostalih komunalnih odpadkov
 -deponiranje preostanka komunalnih odpadkov
- sistem III:** -ločevanje določenih frakcij na izvoru
 -predelava bioloških odpadkov
 -mehansko biološka obdelava ostalih odpadkov
 -sežig energijsko bogate frakcije
 -deponiranje ostanka komunalnih odpadkov
- sistem IV:** -ločevanje določenih frakcij komunalnih odpadkov na izvoru
 -predelava bioloških odpadkov
 -sežig ostalih komunalnih odpadkov
 -deponiranje preostanka po sežigu
- sistem V:** -ločevanje določenih frakcij komunalnih odpadkov na izvoru
 -predelava bioloških odpadkov
 -obdelava ostalih komunalnih odpadkov s tehnologijo fizikalne obdelave

6.1.1 Investicijski stroški MBO

Investicijski stroški mehansko-biološke pred-obdelave so nekoliko višji zaradi postopnega uvajanja ločenega zajema in s tem pogojene predvidene sestave odpadkov. Investicijski stroški temeljijo na informativnih ponudbah proizvajalcev naprav.

Preglednica 17: Primerjava investicijskih stroškov zemljišč za potrebe objektov za različne kombinacije ravnanja z odpadki (Ekart, Samec, 2001)



Pri ugotavljanju vrednosti investicijskih stroškov sta avtorja izhajala iz predpostavke, da obravnavamo sistem, ki zajema območje z 200.000 prebivalci (100.000 ton komunalnih odpadkov letno). Avtorja sta s tem očitno ugotavljala možnost umestitve takšnega objekta v slovenski prostor, saj znaša npr. količina zbranih odpadkov v osrednji Sloveniji od 144.000 do 169.000 t proizvedenih komunalnih odpadkov letno, v severovzhodni Sloveniji pa so te vrednosti od 128.000 do 149.000 t/leto.

6.1.2 Obratovalni stroški mehansko biološke obdelave

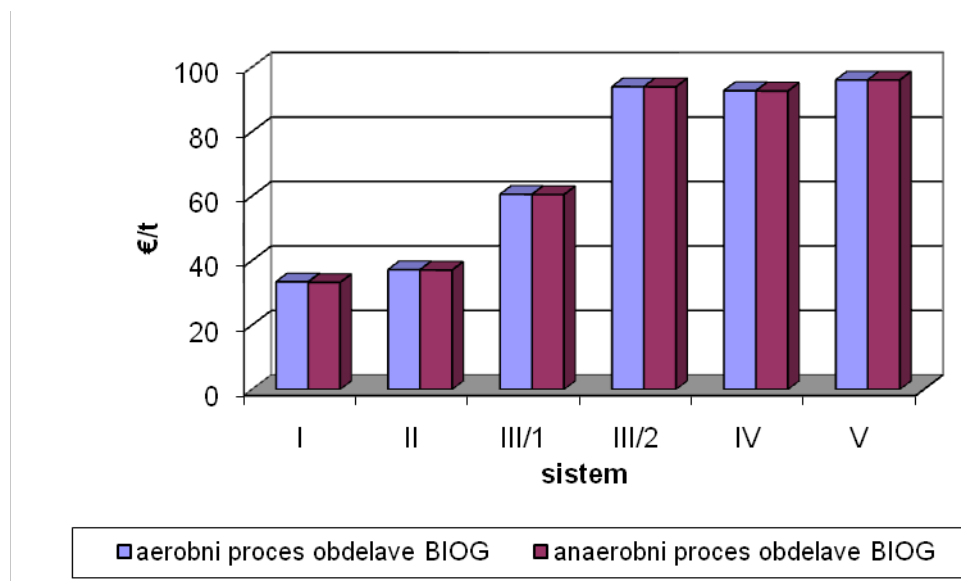
Obratovalni stroški so zmanjšani za prihodek iz naslova prodaje sekundarnih surovin ter od proizvedene energije oz. prodanega sekundarnega goriva. Zato se lahko močno spreminjajo v odvisnosti od kakovosti produkta. Obratovalni stroški so odvisni tudi od možnosti pridobitve lokacije.

Obratovalni stroške sestavljajo:

- letni investicijski stroški (stroški kapitala),
- povprečni fiksni obratovalni stroški,
- povprečni variabilni obratovalni stroški.

Za pred-obdelavo trdnih odpadkov iz naselij v stabiliziran produkt z visoko energetsko vrednostjo za termično obdelavo se lahko pričakujejo stroški, kot so prikazani v spodnji tabeli, neodvisno od izbrane tehnologije.

Preglednica 18: Specifični obratovalni stroški različnih obratovalnih sistemov (Ekart, Samec, 2001)



Za vrednotenje specifičnih obratovalnih stroškov sta avtorja uporabila na podlagi informativnih ponudb in strokovne literature naslednja izhodišča:

- povprečna cena termične obdelave: 51,12 €/t
- povprečna cena kompostiranja: 54,58 €/t

Po pregledu različne literature pa sem prišel do zaključka, da gradnja manjših naprav za mehansko-biološko stabilizacijo kot je zmogljivost 30.000 do 50.000 t odpadkov/leto, ekonomsko ni sprejemljiva. Zato je pri vzpostavljanju takšnih sistemov nujno regionalno povezovanje občin, da zadostimo pogoju zadostne količine zbranih odpadkov.

V operativnem programu odstranjevanja odpadkov so ocenjeni investicijski stroški za nekaj objektov MBO z različnimi zmogljivostmi, pa naj si gre za MBO z namenom odlaganja aerobno stabiliziranih odpadkov ali za pripravo gorljive frakcije, in sicer:

Preglednica 19: Ocenjeni investicijski in obratovalni stroški glede na velikost obrata MBO
(Ekart, Samec, 2001)

kategorija MBO objekta	število prebivalcev (v 1000)	zmogljivost (t _{meš. odp./leto})	ocena investicijske vrednosti (mio €)	ocena obratovalnih stroškov (€/t)
MBO – A	30 – 50	10.000	9,6	313
MBO – B	100	30.000	10,8	125,2
MBO – C	150	45.000	14,6	112,7
MBO – D	200	60.000	18,8	96
MBO – E	360	120.000	31,3	75,1

Iz preglednice je razvidno, da so obratovalni stroški veliko manjši pri obdelavi odpadkov na območju z večjim številom prebivalcev.

Ko se odločamo med različnimi tehnologijami obdelave, moramo odločitev sprejeti glede na strategijo in lokalne okoliščine. Glavna prednost biološke pred-obdelave je zmanjševanje količine odpadkov, primernih za termično obdelavo, kot tudi njihova homogenizacija in stabilizacija. Negativna stran tega procesa pa so dodatni investicijski stroški ter večja obratovalna zahtevnost.

6.2 Okoljski vidik

Glavni vpliv odpadkov na okolje se pojavi pri odlaganju odpadkov. Če odpadke na odlagališču predhodno mehansko biološko obdelamo, se lastnosti teh odpadkov neprimerno izboljšajo glede na neobdelane odpadke.

Posledice so naslednje:

- na odlagališču ne potrebujemo ukrepov za tvorbo deponijskega plina,
- v samem telesu odlagališča ne nastajajo izcedne vode, ker so se porabile v procesu intenzivnega razkroja odpadkov v biološki fazi procesa MBO,
- za minimizacijo tvorbe izcednih vod in za oksidacijo metana so potrebni dodatni ukrepi na odlagališču,
- energijska vrednost preostanka odpadkov se zelo zmanjša (60 MJ/t).

Izcedne vode so pomemben polutant odlagališča komunalnih odpadkov. V primeru MBO pa je ta problem zanemarljiv. V izcedni vodi so škodljive snovi aminodušikove spojine in skupni organski ogljik, katerih zmanjšanje (cca 95 %) dosežemo z MBO. Redukcija obremenitve TOC pa znaša približno 90 %.

Škodljiv je tudi deponijski plin, ki vsebuje BTX frakcije (benzen, toluen, ksilen). Njihova koncentracija v preostanku komunalnih odpadkov znaša cca 0,37 mg/Nm³, pri čemer je važen podatek, da se pri intenzivnem razkroju v sklopu procesa MBO sprosti cca 16,9 g/t odpadkov.

Pri termični obdelavi pa je glavni element onesnaževanja okolja dimni plin, ki ga je potrebno prečistiti. Večina standardnih sežigalnic komunalnih odpadkov uporablja 3-stopenjsko čiščenje, in sicer:

- elektrofilter za odpraševanje
- mokro pranje
- katalizator za dioksine in dušikove okside

Z dodatnimi ukrepi pa lahko še dodatno očistimo pline. Ti ukrepi so dodatni filter za odpraševanje, dodatni filter kot sestavni del mokrega pranja za izločevanje drobnih kapljic in zrnč prahu aerosolov ter dodatni reaktor letečih delcev z vrečastim filtrom.

6.3 Sociološki vidik

Pri izgradnji objektov za ravnanje z odpadki se moramo soočiti tudi z odporom prebivalstva, pa naj si pri tem gre za odlagališče, sežigalnico ali pa odlagališče radioaktivnih odpadkov.

Iz sociološkega vidika je potrebno ocenjevati predvsem sledeče:

- strah prebivalstva pred novimi rešitvami, ki jih ni možno nikjer pokazati
- sposobnost prebivalstva za plačilo nastalih stroškov ravnanja s komunalnimi odpadki
- recikliranje, termična obdelava ter MBO sodi praviloma v industrijska območja
- strah prebivalstva pred lastno prizadetostjo zaradi izgube zemljišča
- vsesplošno nepoznavanje problematike ravnanja s komunalnimi odpadki pri prebivalstvu zaradi napačnega odnosa do okolja v preteklosti (izobraževanje!)

- obveznost plačila stroškov ravnanja s komunalnimi odpadki je tudi zelo pomemben faktor pri izbiri sistema ravnanja in posledično višini stroškov.

Dejstvo je, da ne gre podcenjevati sociološkega vidika, saj je ta kriterij v preteklosti že porušil ostale kriterije in močno vplival na izvedbo določenih del javnega značaja. Lep primer moči prebivalstva se je pokazal pri izgradnji avtoceste mimo Trebnjega. Poleg tega, da upočasni izvedbo, lahko tudi povsem podere predviden način gradnje.

Zaradi pripravljenosti okolja, da sprejme objekte komunalne predelave odpadkov se ponavadi odločimo za varianto, ki je ekonomsko manj ugodna, je pa edina, ki je politično in tudi za prebivalstvo sprejemljiva.

Pomembno se je zavedati, da katerakoli tehnologija ne ustreza posameznemu prostoru, in da je za optimizacijo dolgoročnega koncepta ravnanja z odpadki potrebno upoštevati vse faktorje, poleg tehnološkega, ekonomskega in okoljskega tudi sociološkega.

7. Možnosti uporabe procesa MBO v ljubljanski pokrajini

V nadaljevanju bom predstavil možnosti vpeljave sistema mehansko biološke obdelave odpadkov v Ljubljani. Pred tem pa sem se v prvem poglavju posvetil še trenutnemu stanju v Sloveniji.

7.1 Stanje v Sloveniji

Pravno sistemsko področje ravnanja z odpadki je pri nas razmeroma dobro urejeno in tudi v celoti usklajeno s pravnim redom EU. Bistveno slabše pa je ravnanje z odpadki v praksi, kjer je še vedno premalo uporabnih podatkov o količinah in strukturi odpadkov ter o načinih ravnanja z njimi. Razen izjem ni ustreznih referenčnih sistemov ravnanja z odpadki, kar lahko opravičimo z majhnostjo slovenskega gospodarskega prostora. Ravnanje s komunalnimi odpadki je naloga lokalnih skupnosti. Pretežni del načrtovanja na področju zajema komunalnih odpadkov, priprave ločeno zbranih frakcij, obdelave mešanih komunalnih

odpadkov pred odlaganjem ter zagotavljanje odlagalnih površin se odvija na medobčinski ravni. Primerjave z objekti in napravami v razvitih državah s slovenskimi razmerami kažejo na to, da bi komunalne odpadke v Sloveniji lahko predelovali in odstranjevali v centralnih objektih in napravah. Toda dejstva kot so izrazita razpršena poseljenost ter neugodne naravne danosti preprečujejo neposreden prenos izkušenj v naš prostor.

Osnovna ugotovitev iz Strateških usmeritev RS za ravnanje z odpadki je, da je področje ravnanja z odpadki eno slabše rešenih področij varstva okolja. Ta ugotovitev pa nedvomno drži.

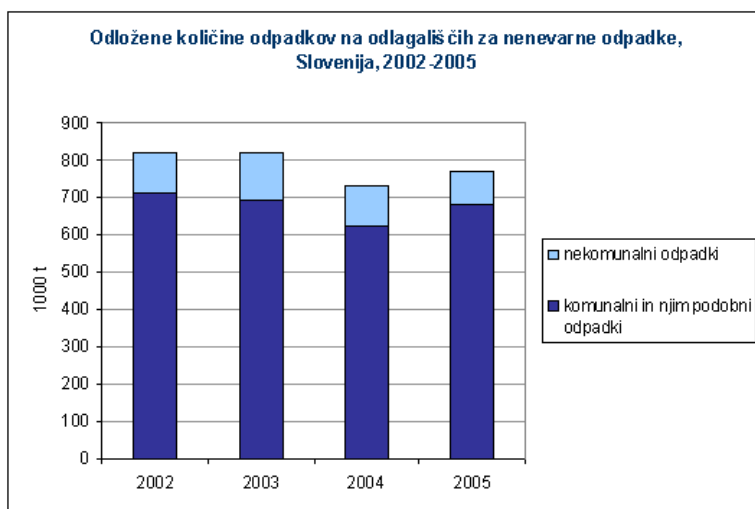
V letu 2004 je bilo na odlagališča nenevarnih odpadkov (komunalna odlagališča) pripeljanih 750 tisoč ton odpadkov, od katerih jih je bilo 648 tisoč ton zbranih z javnim odvozom. Storitve javnega odvoza je uporabljalo 1 873 992 prebivalcev oziroma 94% prebivalstva. Povprečna letna količina nastalih komunalnih odpadkov na prebivalca, če upoštevamo vse prebivalce v letu 2004, znaša 371 kg oziroma 1 kg/dan; če pa upoštevamo le prebivalce, ki so vključeni v javni odvoz odpadkov, pa 395 kg oziroma 1,1 kg/dan. Viden je porast, saj je v letu 2005 nastalo povprečno 422 kg komunalnih odpadkov na prebivalca oziroma 1,16 kg na prebivalca na dan. V primerjavi z letom prej se je količina nenevarnih komunalnih odpadkov povečala za 1,5 odstotka, količina nevarnih komunalnih odpadkov pa za 10 odstotkov, kažejo podatki državnega statističnega urada. Skupaj je nastalo 844.949 ton komunalnih odpadkov, od tega 1000 ton nevarnih komunalnih odpadkov. Največji del odloženih odpadkov je bil odložen na odlagališčih za nenevarne odpadke (80 odstotkov), ostali del odpadkov pa je bil odložen na industrijskih odlagališčih (19,8 odstotka) in na odlagališču za nevarne odpadke (0,2 odstotka).

Količine komunalnih odpadkov na prebivalca se po posameznih območjih v Sloveniji razlikujejo. Ocenjuje se, da razlike znotraj tega intervala niso odvisne od različnega standarda prebivalstva, življenjskih navad in ustaljenih vedenjskih vzorcev, temveč bolj od natančnosti razločevanja med komunalnimi odpadki in njim podobnimi odpadki iz preostalih virov

Pravno formalno je ravnanje s komunalnimi odpadki naloga lokalnih skupnosti. Pretežni del načrtovanja na področju zajema komunalnih odpadkov, priprave ločeno zbranih frakcij, določene stopnje obdelave mešanih komunalnih odpadkov pred odlaganjem ter zagotavljanje odlagalnih površin se odvija na medobčinski ravni. V Sloveniji si za razvoj in rešitev

problema ravnanja z odpadki in zlasti odlaganja najintenzivneje prizadevajo na območjih, kjer je pomanjkanje odlagalnega prostora postal največji problem, takšen primer je tudi ravnanje z odpadki v ljubljanski pokrajini. Hkrati s tem se je na osnovi strateških usmeritev izoblikoval splošen koncept regijskih centrov za ravnanje s komunalnimi odpadki. Koncept predvideva delitev na več ravneh: lokalni, medobčinski (regijski) in državni. Dejstvo je, da je ravnanje s komunalnimi odpadki lahko učinkovito in racionalno le pri razmeroma velikih količinah odpadkov.

Preglednica 20: Odložene količine odpadkov na odlagališčih za nenevarne odpadke v Sloveniji v letih od 2002 do 2005 (vir statistični urad RS)



Za uspešno umestitev morebitnih postopkov obdelave, ki sem jih opisal v mojem diplomskem delu, bi v Sloveniji komunalne odpadke lahko predelovali v centralnih objektih in napravah. Problem je v tem, da naravne danosti in predvsem izrazita razpršena poseljenost preprečujejo neposreden prenos izkušenj v naš prostor. Z obsežnimi analizami in strokovnimi podlagami, ki so upoštevale še prometno infrastrukturo, je bilo ugotovljeno, da je smiselno problematiko komunalnih odpadkov reševati s t. i. regijskimi centri za ravnanje z odpadki, teh pa naj bi bilo največ 12. Za posamezne predele Slovenije pa je bilo ugotovljeno, da je v okviru regijskih centrov lahko primerna rešitev tudi z objekti in napravami v t. i. »podcentrih« na različnih lokacijah.

Pri nas prihodnje strategije ravnanja z odpadki uravnava 'odlok o operativnem programu odstranjevanja odpadkov s strategijo zmanjševanja odloženih količin biološko razgradljivih odpadkov za obdobje od 2003 do konca 2008' (v nadaljevanju program odstranjevanja odpadkov), ki ga je pripravilo Ministrstvo za okolje, prostor in energijo na podlagi Nacionalnega programa varstva okolja in Kjotskega protokola v juliju 2003.

Odlok opisuje kvalitativne in kvantitativne cilje vključno z zmanjšanjem količin odloženih biološko razgradljivih odpadkov. Odlok določa cilj »do leta 2008 zmanjšati delež biološko razgradljivih odpadkov, ki se odlagajo, za 51,5 % glede na izhodiščno leto 1995«.

Za odlagališča, ki bodo obratovala v obdobju od 2003 do 2008 (obstoječa, ki se bodo prilagajala pravilniku o odlaganju odpadkov in novozgrajena odlagališča v tem obdobju) predpisani % zmanjšanja po letih znaša:

Preglednica 21 : Dovoljene količine letno odloženih bioloških odpadkov za novozgrajena odlagališča

leto	% manjšanja količin odloženih biološko razgradljivih odpadkov glede na izhodiščno leto 1995
2004	80%
2005	75%
2006	70%
2007	65%
2008	60%

V Ljubljani se v zadnjem času uveljavlja koncept ločenega zbiranja bioloških organskih odpadkov (BIOG) na izvoru. V Sloveniji takšen način zajema poznamo že dalj časa. Dolgo tradicijo takšnega zbiranja imata Pomurje in ptujsko območje. Na tem območju sta firmi v mešano slovensko avstrijski lasti uvedli sistem ločenega zbiranja t.i. bio-odpadkov po vzoru avstrijske Štajerske. Obe območji imata majhni kompostarni, Čisto mesto Ptuj na odlagališču Brstje, Saubermacher pa v Lenartu in na odlagališču Puconci.

Do leta 2008 naj bi z različnimi metodami po strategiji ravnanja z odpadki zmanjšali delež odloženih biološko razgradljivih odpadkov – po oceni – za približno 245.000 ton, kar predstavlja približno 38 % vseh zbranih komunalnih odpadkov.

7.2 Stanje v osrednjeslovenski oziroma ljubljanski urbani regiji

MO Ljubljana je s svojimi primestnimi občinami glavni proizvajalec komunalnih odpadkov v Sloveniji. Na področju ravnanja z odpadki pa v preteklosti ni bilo veliko narejeno, saj je glavni način kljub postopnemu uvajanju ločenega zajema odpadkov na izvoru še vedno odlaganje. Odpadke pa se vodi na odlagališče Barje, ki je zelo obremenjeno.

Odlagališče leži na južnem obrobju mesta oziroma na severnem obrobju Ljubljanskega barja. Odlagališče se deli na dva dela in sicer na staro in novo odlagališče. Celoten volumen odlagališča bo ob sedanji dinamiki dovoza odpadkov, ki znaša več kot 200.000 ton letno in obstoječem stanju izločanja uporabnih frakcij predvidoma zapolnjen v prvih letih naslednjega desetletja. Prednostna naloga MO Ljubljana in primestnih občin, vključno z občinama Vrhnika in Kamnik, ki tudi uporabljata odlagališče Barje, je, da se v najkrajšem času doseže zmanjšanje količine odloženih odpadkov. Tako bi tudi dosegli čim daljše obratovanje odlagališča Barje.

Dejavnost zbiranja in odvažanja odpadkov opravlja Snaga, Javno podjetje d.o.o. na območju MOL in vseh osmih primestnih občin (Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Medvode, Škofljica, Velike Lašče). Dejavnost odlaganja odpadkov pa Snaga opravlja za območje MOL in vseh osmih primestnih občin ter za območje občine Kamnik, Komenda, Vodice, Vrhnike in Borovnice.

Snaga Ljubljana si je kot zavezanec za doseganje kriterijev najboljših razpoložljivih tehnologij zastavila načrt reševanja problematike biorazgradljivih frakcij v komunalnih odpadkih v dveh smereh. Prvo smer predstavlja vzpostavitev ločenega zajema biorazgradljivih odpadkov iz gospodinjstev, njihovo predelavo na lokaciji Barje ter doseganje optimalne snovne in energetske izrabe. Drugo smer pa predstavlja vzpostavitev sistema ravnanja z mešanimi odpadki iz gospodinjstev, preostalih po ločenem zbiranju, s kosovnimi odpadki in z odpadki iz proizvodnega, obrtnega in storitvenega sektorja ter odpadki pokopališč in tržnic.

V letu 2006 se pričinja z aktivnostmi za zagotovitev lastnih objektov in naprav za predelavo odpadkov. Njihov bistveni del bo izločanje organskih biorazgradljivih frakcij iz mešanih

komunalnih odpadkov ter njihova nadaljnja predelava z izrabo nastalega bioplina ter predelava lahke frakcije za namen termične izrabe.

S tem sistemom bi se lahko izognili namenski sežigalnici in kljub temu dosegli predpisane kakovostne zahteve za odložene obdelane komunalne odpadke (pod 5% biorazgradljivega organskega ogljika v odloženih odpadkih) ter tako podaljšali življenjsko dobo odlagališča Barje (vir Hidroinženiring).

Biološko razgradljive odpadke in zeleni odrez naj bi zbiral koncesionar s kompostarno.

Takšen odnos med javnim in zasebnim sektorjem bi pospešil potrebna vlaganja v objekte in opremo za zajem in pripravo odpadkov brez večjega vpliva na proračunska sredstva mesta.

7.3 Stanje količin in kakovosti odpadkov

V letu 2004 je podjetje Snaga Ljubljana sprejelo skupaj 207.712 t komunalnih in gradbenih odpadkov, vključno z ločeno zbranimi frakcijami. Od tega je 163.639 t odpadkov vsebovalo biološko razgradljive skupine odpadkov. Od zbranih količin odpadkov je odšlo v obdelavo okoli 16.700 t ločeno zbranih odpadkov, na odlagališče Barje pa je bilo odloženih 146.000 ton odpadkov, ki vsebujejo biološko razgradljive sestavine.

Preglednica 22 : Količine odpadkov po občinah, zbrani z javnim odvozom (tone) letno

	2004	2005
Borovnica	1316	1891
Brezovica	2253	3467
Dobrova - Polhov Gradec	1605	2251
Dol pri Ljubljani	2376	1609
Horjul	900	915
Ig	2035	1980
Kamnik	10523	10630
Komenda	1615	1659
Ljubljana	121838	119747
Medvode	5195	5151
Škofljica	2295	2666
Velike Lašče	1032	1336
Vodice	1528	1520
Vrhnika	6426	6327
skupaj:	160937	161149

Če pa gledamo celotno osrednjeslovensko regijo, je skupna količina zbranih odpadkov v letu 2005 znašala 212.211 t, od tega je bilo na odlagališča nenevarnih odpadkov odloženo 189.551 t odpadkov (vir statistični urad republike Slovenije). V osrednjeslovensko statistično regijo so poleg občin iz zgornje tabele vključene še občine Mengeš, Domžale, Lukovica, Moravče, Trzin, Litija, Šmartno pri Litiji, Polhov Gradec, Logatec, Dobropolje, Grosuplje in Ivančna gorica. Smiselno bi bilo preučiti tudi možnosti vključitve slednjih občin v skupen regionalni projekt obdelave odpadkov.

Preglednica 23 : Značilne količine zbranih vrst komunalnih odpadkov za 2004 (vir Hidroinženiring)

	Količine v letu 2004 (t/leto)
Mešani gospodinjski odpadki (MGO)	117.563
Ločeno zbrane frakcije (LZF)	5.962
Skupaj gospodinjski odpadki (GO)	123.525
Odpadki iz proizvodnje, obrti in storitvene dejavnosti (POSD)	25.064
Kosovni odpadki gospodinjstev (KOG)	8.155
Zeleni odrez in drugi zeleni odpadki	1.939
Ločeno zbrani les brez nevarnih snovi	2.858
Odpadki iz pokopališč	1.379
Odpadki iz tržnic	719

Preglednica 24 : Količine, sestava in porazdelitev delcev MGO za izhodiščno leto 2000 (vir Hidroinženiring)

MGO	Enota	>100 mm	40-100 mm	$\Sigma > 40$ mm	< 40 mm	Masa (t/leto)	Nasip. masa (t/m ³)
Org. odpadki	t/leto	14280	8545	22.825	26.915	49.743	0,302
papir	t/leto	9715	3769	13.484		13.484	0,059
karton	t/leto	5095	1938	7033		7034	0,031
tekstil	t/leto	3015	362	3377		3376	0,103
obdelan les	t/leto	1821	200	2021		2021	0,150
<i>Skupaj bio-razg.</i>	<i>t/leto</i>	<i>33.926</i>	<i>14.814</i>	<i>48.780</i>	<i>26.915</i>	<i>75.655</i>	
kovine	t/leto	1669	1486	3155		3156	0,099
umetne mase	t/leto	6506	5162	11.668		11.669	0,031
steklo	t/leto	6492	1636	8128		8127	0,264
mineralni odpadki	t/leto	1677	1405	3082		3083	0,591
Ostalo (guma, usnje)	t/leto	1996	1994	3992	10.320	14.310	0,217
SKUPAJ MEŠANI GOSPODINJSKI ODPADKI	t/leto	52.268	26.494	78.762	37.238	116.000	0,095

Iz zgornje tabele je razvidno, da so delci pretežnega dela potencialno uporabnih snovi večji od 40 mm. Drobno frakcijo predstavljajo predvsem organski odpadki in t.i. ostali mešani odpadki. Skladno z definicijo biološko razgradljivih odpadkov po slovenski zakonodaji je delež biološko razgradljivih odpadkov v MGO okoli 65 % oz. 75.600 t.

Naslednja večja skupina odpadkov pa so odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti (odpadki POSD). V spodnji tabeli so prikazane količine in ocena sestave odpadkov POSD za leto 2004. Glavna značilnost teh odpadkov je, da vsebujejo majhne količine organskih odpadkov.

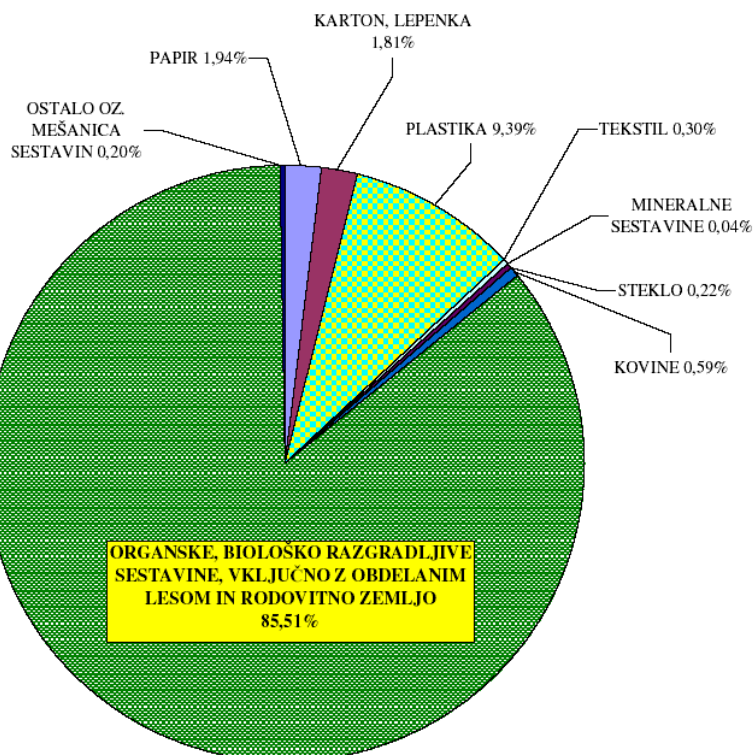
Preglednica 25: Količine, sestava in porazdelitev delcev MGO za izhodiščno leto 2000 (vir Hidroinženiring)

Odpadki POSD	Enota	Masa (t/leto)	Nasipna masa (t/m ³)
Skupna masa	t/leto	25.064	
Papir	t/leto	2.256	0,04
Karton	t/leto	1.504	0,030
Plastična folija	t/leto	1.128	0,020
Plastična votla embalaža (trda plastika)	t/leto	1.128	0,035
Tekstil	t/leto	752	0,100
Usnje, guma	t/leto	501	0,100
Obdelan les	t/leto	3.008	0,200
Lubje, pluta, slama	t/leto	125	0,200
SKUPAJ LAHKA FRAKCIJA	t/leto	10.402	
Mineralni odpadki	t/leto	2.506	0,560
Steklo	t/leto	251	0,300
SKUPAJ MINERALNI ODPADKI	t/leto	2.757	
Železne (magnetne) kovine	t/leto	877	0,090
Barvne kovine	t/leto	25	0,070
SKUPAJ KOVINE	t/leto	902	
Organski odpadki (zelena biomasa)	t/leto	752	0,150
Organski odpadki (živila)	t/leto	251	0,230
SKUPAJ ORGANSKI ODPADKI	t/leto	1.003	
Elektronski odpadki	t/leto	50	0,100
Kompozitni odpadki (več materialov) in nedifinirano mešano	t/leto	9.950	0,150

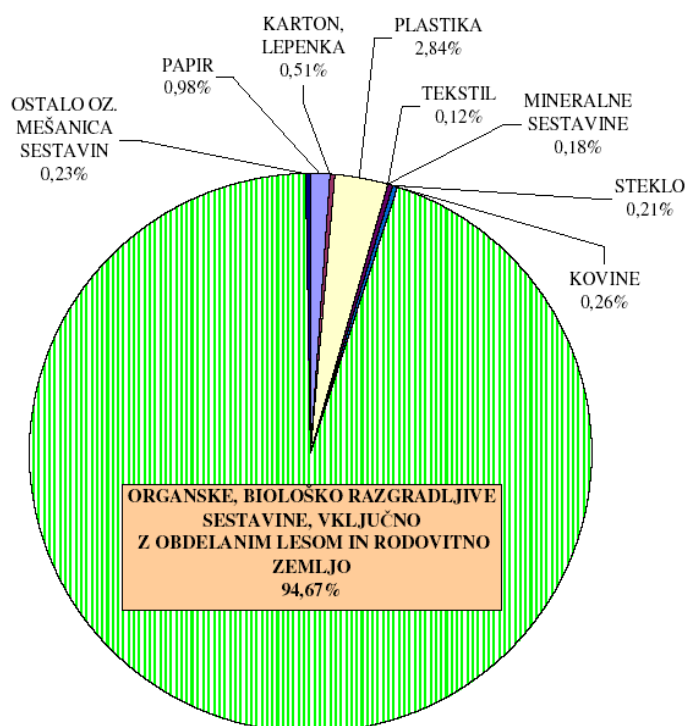
Snaga je v letu 2005 pričela z vzpostavljanjem ločenega zajema kuhinjskih in njim podobnih odpadkov gospodinjstev – BIOG. V Sloveniji podobna zbiranja potekajo že vrsto let, primer je zbiranje BIOG na območju Ptuja in Lenarta. V letu 2005 je bil pripravljen pilotni načrt projekta, pričelo se je tudi poizkusni zajem odpadkov v Šiški. Končni cilj Snage je v sistem zbiranja in prevzemanja BIOG zajeti 272.000 prebivalcev. V naslednjih treh prilogah so prikazani rezultati poizkusnega zbiranja BIOG iz Šiške v zimi 2006/2007

Preglednica 26: Pilotni projekt zbiranja BIOG v Šiški (vir Snaga)

		stan. hiše	bloki
Čistost zbranih bioloških odpadkov	- masni delež	89%	86%
	- volumenski delež	95%	54%
Delež bioloških odpadkov v posodah za preostanek komunalnih odpadkov pri objektih z ločenim zbiranjem bioloških odpadkov:			
	- masni delež	53%	47%
	- volumenski delež	23%	16%
Čistost bioloških odpadkov predanih v KOTO		95%	
Odstotek zbranih bioloških odpadkov v primerjavi s potencialnimi količinami			
	- masni delež	24%	3%

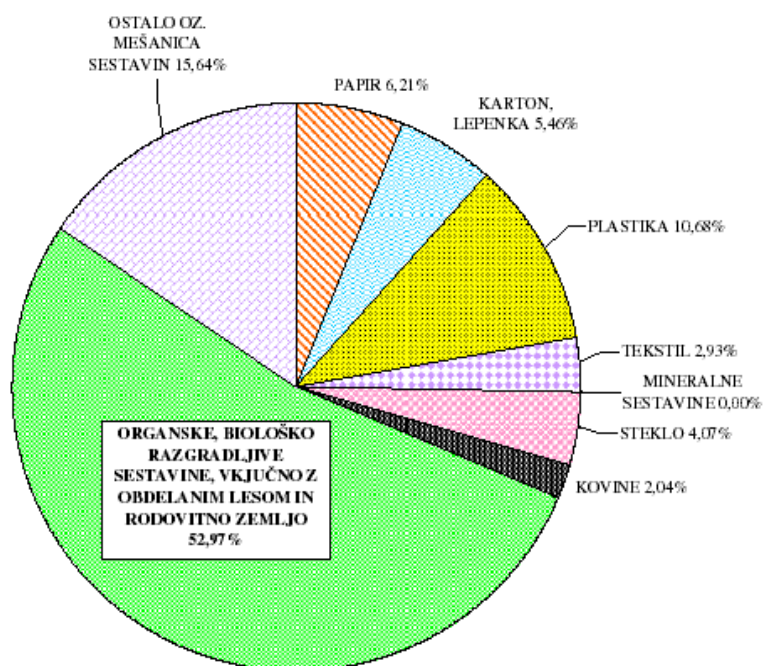


Slika 14: Sestave prostornine vzorca BIOG s poizkusnega območja zbiranja v Šiški (vir Snaga)

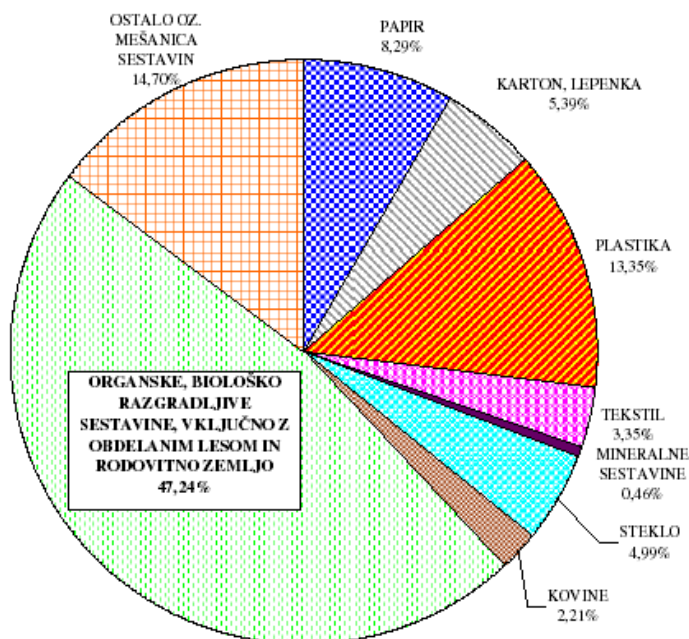


Slika 15: Sestave mase vzorca ločeno zbranih BIOG s poizkusnega območja zbiranja v Šiški (vir Snaga)

Iz zgornjih slik je razvidno, da masni delež organskih biološko razgradljivih sestavin, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo, v tovrstnih ločeno zbranih odpadkih BIOG znaša kar 94,67 %. Ker ti odpadki niso vključeni v obdelavo v obratu MBO je nujno, da poznamo sestavo preostalih odpadkov po ločenem zbiranju biološkega dela. Podjetje Snaga je v svojo raziskavo vključila tudi te podatke, ki jih bom prikazal v naslednjih prilogah.



Slika 16: Sestave mase vzorca PMGO s poizkusnega območja zbiranja v Šiški iz stanovanjskih hiš (vir Snaga)



Slika 17: Sestave mase vzorca PMGO s poizkusnega območja zbiranja v Šiški iz stanovanjskih blokov (vir Snaga)

Snaga ima načrt v naseljih z več kot 2000 prebivalci za zagotovitev zbiranja BIOG na prevzemna mesta nameščenih 16.000 posod rjave barve s prostornino 80, 120 in 240 litrov. Takšna ureditev velja za naselja MOL - naselje Ljubljana, občina Brezovica - naselji Brezovica in Vnanje Gorice, občina Ig - naselje Ig, občina Škofljica - naselji Lavrica in Škofljica ter občina Medvode - naselje Medvode.

V naseljih z gostoto prebivalstva med 500 in 2000 prebivalcev na kvadratni kilometer bo zbiranje bioloških odpadkov organizirano prek skupnih zabojnikov. Tovrstno zbiranje bioloških odpadkov bo veljalo za naselja: MOL - naselja Črna vas, Spodnje, Srednje in Zgornje Gameljne in Stanežiče, občina Brezovica - naselja Kamnik pod Krimom, Notranje Gorice, Podpeč in Rakitna; občina Dobrova-Polhov Gradec - naselji Dobrova in Polhov Gradec, občina Dol - naselja Dolsko, Senožeti in Videm, občina Horjul - naselji Horjul in Vrzenec, občina Medvode - naselja Goričane, Vaše in Žlebe, občina Škofljica - naselja Gradišče, Pijava Gorica in Smrjene, občina Velike Lašče - naselje Velike Lašče.

Na območjih poselitve z manj kot 500 prebivalci pa so povzročitelji odpadkov dolžni sami zagotoviti kompostiranje bioloških odpadkov v hišnem kompostniku.

Odvoz bioloških odpadkov bo v ožjem mestnem središču potekal dvakrat tedensko, enkrat tedensko v širšem delu mesta z blokovno gradnjo in enkrat na 14 dni v primestnih naseljih s pretežno individualno gradnjo (sem spadajo tudi naselja v občinah Brezovica, Ig, Škofljica in Medvode). Za odvoz bioloških odpadkov bo skrbelo 6 voznikov in 12 komunalnih delavcev, za prevoz tovrstnih odpadkov pa bo prirejenih šest vozil.

Zbrane biološke odpadke skladno s pogodbo prevzame podjetje KOTO – stroški predaje zbranih odpadkov znašajo 38400€ Trenutno poteka javni razpis za izbiro prevzemnika bioloških odpadkov za naslednji dve leti (vir Snaga).

7.4 Izbira primerne postopka mehansko biološke obdelave

V podjetju Snaga so opravili raziskavo katere namen je bil ugotoviti, kateri način reševanja problematike ravnanja z mešanimi komunalnimi odpadki je najbolj primeren. Po implementaciji izločitvenih kriterijev so bili določeni postopki izločeni kot neustrezni, za ustrezna pa sta se izkazala dva osnovna principa.

Prvega sestavljajo mehanska separacija lahke frakcije kateri sledi anaerobna fermentacija in po njej dislocirana izraba digestata, nato pa še proizvodnja sekundarnega goriva. Pri Snagi so v ta postopek vključili še aerobno (**varianta 1**) ali anaerobno (**varianta 2**) obdelavo zbranih biološko razgradljivih odpadkov.

Drug princip pa sestavljajo biološka suha stabilizacija, ki ji sledi mehanska separacija v energetsko bogato frakcijo, frakcijo kovin in mešanico fine organske frakcije in izmeta. Energetsko bogato frakcijo naj bi se nato obdelalo v cementarni, mešanico finejših organskih materialov in izmeta pa bi se obdelalo v termoenergetskem objektu za komunalne odpadke ali v ustrezno opremljeni kotlovnici. Tudi v ta postopek je vključena aerobna (**varianta 3**) oziroma anaerobna (**varianta 4**) obdelava ločeno zbranih biološko razgradljivih odpadkov.

Po primerjanju različnih variant glede na ekonomska, tehnično obratovalna in okoljska merila se je najbolje izkazala varianta 2, ki vsebuje zgoraj opisani prvi princip obdelave odpadkov z vključeno anaerobno obdelavo ločeno zbranih biološko razgradljivih odpadkov in pripravo komposta. Ta varianta sicer po ekonomskih merilih ni najugodnejša, po tehnično obratovalnih in okoljskih merilih pa vodi pred ostalimi principi. Investicijski stroški objekta so bili sicer ocenjeni na 69.935.331,86 evrov, kar je več od ostalih variant, obratovalni stroški pa so znašali najmanj izmed vseh variant in sicer 9.525.090,86 evrov.

V nadaljevanju bom prikazal rangiranje ekonomskih, tehnično obratovalnih in okoljskih meril za izbor optimalne variante.

Preglednica 27: Rangiranje ekonomskih meril (vir Snaga)

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Investicijski stroški	6250456,902 €	69935331,86 €	53992490,73 €	61138784,71 €
Rang točke	3	4	1	2
Obrat. stroški brez amortizacije po prihodkih	9566574,445 €	9525090,861 €	11328422,68 €	11309561,17 €
Rang točke	2	1	4	3
Neto sedanja vrednost	-38848267,56 €	-42949583,49 €	-39871043,5 €	43824549,12 €
Rang točke	1	3	2	4
IRR	-0,92%	-0,75%	-2,90%	-2,38%
Rang točke	2	1	4	3
Končni rang:	1	2	3	4

Preglednica 28: Rangiranje okoljskih meril (vir Snaga)

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Uporaba dislociranega objekta za namenski sežig preostankov komun. odpadkov	ni potreben	ni potreben	potreben	potreben
odlaganje preostankov (t/leto)	31.295	31.910	23.731	24.346
Skupni energetski potencial (MWh/leto)	299.845	313.985	420.870	435.010
Proizvodnja 'zelene' električne energije (MWh/leto)	13.121	18.065		4.944
Emisije v zrak (vse skladne s predpisi)	srednje letne količine	najmanjše letne količine	največje letne količine	srednje letne količine
Emisije odpadnih vod v čiščenje (vse skladne s predpisi)	srednje letne količine	največje letne količine	najmanjše letne količine	srednje letne količine
Rang točke:	1	3	2	1
Končni rang:	3	1	2	3

Preglednica 29: Rangiranje tehnično obratovalnih meril (vir Snaga)

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Prilagodljivost	delno	delno	da	delno
Dostopnost za sprejem odpadkov	da, vse leto	da, vse leto	da, vse leto	da, vse leto
Umestitev v namenski prostor	Ni prostora za skladiščenje, premalo dovoznega in manipulativnega prostora	Dovolj prostora za skladiščenje, premalo dovoznega in manipulativnega prostora	Malo manipulativnega prostora	Dovolj prostora za skladiščenje, premalo dovoznega in manipulativnega prostora
Neto pokrivanje el. energije (MWh/leto)	- 3.480	+ 5.539	- 12.300	- 3.006
Uporabnost produktov	SG, ostanek AF kot SG), kovine, kompost	SG, ostanek AF kot SG), kovine, kompost	SG, kovine, kompost	SG, kovine, kompost
Možnost razširitve do lastne končne oskrbe na lokaciji	Izvedljiva razširitev za končno oskrbo na lokaciji Barje	Izvedljiva razširitev za končno oskrbo na lokaciji Barje	Končna oskrba na lokaciji Barje ni izvedljiva	Končna oskrba na lokaciji Barje ni izvedljiva
Zanesljivost in varnost obratovanja	Ustrezne reference in uvrstitev v BREF dokument	Ustrezne reference in uvrstitev v BREF dokument	Ustrezne reference in uvrstitev v BREF dokument	Ustrezne reference in uvrstitev v BREF dokument
Rang točke:	4	6	3	3
Končni rang	2	1	3	3

Upoštevajoč zgornje ugotovitve ter zbirke podatkov o količini in sestavi odpadkov, preostalih po ločenem zbiranju ter ostalega obdelanega gradiva na to temo, ki sem ga obdelal v tej diplomski nalogi, sem prišel do naslednjih zaključkov.

Tehnologija obdelave odpadkov, preostalih po ločenem zbiranju (PMGO) bi v prvem koraku vsebovala mehansko obdelavo komunalnih odpadkov. Z njo bi iz toka odpadkov z magnetnim separatorjem ločili železove in neželezove kovine. Kljub temu, da je v MOL vzpostavljeno ločevanje odpadkov na izvoru, bi bilo verjetno smotrno iz preostalih odpadkov izločevati tudi preostale odpadke, ki jih lahko recikliramo, kot sta plastika in steklo. Del teh frakcij se namreč po pripravi recikliranih sekundarnih surovin kot ostanek vrača med odpadke, pa tudi niso vsi prebivalci enako dobro ozaveščeni in zato prihaja do nepravilnosti pri ločenem

zbiranju. Tok odpadkov bi nato z bobnastim sitom razdelili na dva dela, in sicer na fino in na grobo frakcijo. Pri tem se pojavi vprašanje kje postaviti mejo med frakcijama. V tuji literaturi se pogosto uporabljata 40 ali 60 mm sita. V podjetju Hidroinženiring pa so napravili raziskavo s prognozo porazdelitve delcev PMGO. Rezultate te raziskave podajam v spodnji tabeli.

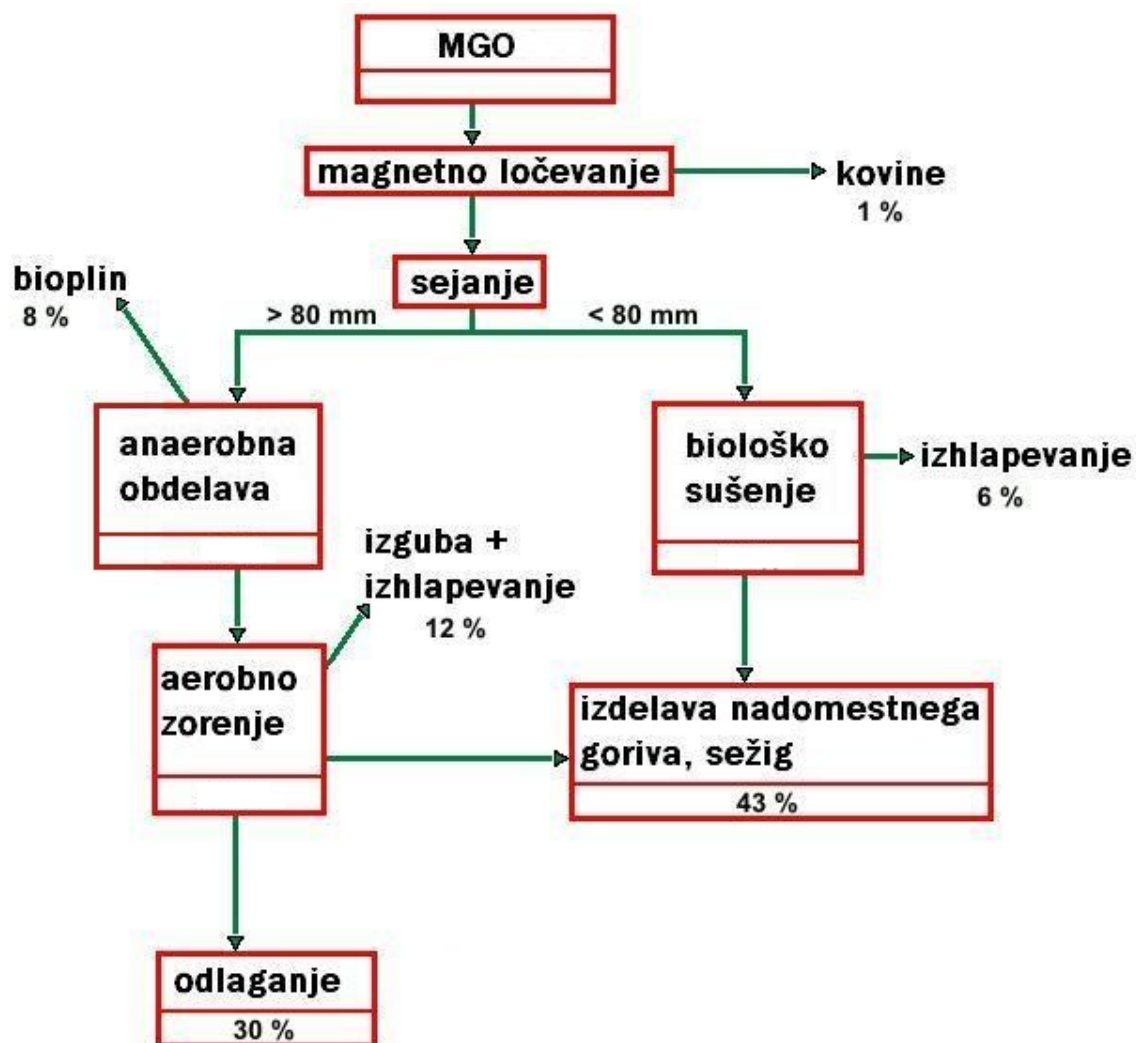
Preglednica 30: Ločevanje odpadkov iz ljubljanske pokrajine na frakcije, prognoza za leto 2010 (vir Hidroinženiring)

Sestavine PMGO + BIOG	PMGO (t/leto)	groba frakcija		fina frakcija	
		< 40 mm	< 80 mm	> 40 mm	> 80 mm
BIOG	33.910			33.910	33.910
papir	12.357	10.503	8.788	1.854	3.569
karton	6.537	5.557	4.707	981	1.831
tekstil	3.165	2.690	2.619	475	545
les	2.117	1.799	1.764	318	353
skupaj BIOG	58.086	20.550	17.878	37.539	40.207
kovine	3.200			3.200	3.200
umetne mase	9.080	7.718	5.642	1.362	3.438
steklo	5.314			5.315	5.314
mineralni odpadki	3.398			3.398	3.398
ostalo	17.278			17.278	17.278
SKUPAJ	96.356	28.268	23.520	68.088	72.836

Ob izločanju lahke frakcije ostaja delež biološko razgradljive frakcije še vedno visok. Iz tabele je razvidno, da fina frakcija, ki se jo vodi v anaerobno obdelavo pri uporabi 40 mm sita znaša 85% celotnega toka odpadkov, pri uporabi 80 mm sita pa 90% odpadkov. Zato si izberimo mejo pri 80 mm. To grobo frakcijo < 80 mm bi vodili v biološko sušenje in pripravo sekundarnega goriva, fino frakcijo, ki vsebuje večino organskih snovi pa v anaerobno obdelavo. Anaerobna obdelava bi potekala v mešalnem reaktorju, kjer bi potekala mokra fermentacija biološko razgradljivega deleža. Ostanek iz anaerobne fermentacije je pregnito blato, ki ga osušimo. Takšno osušeno blato predstavlja sekundarno gorivo, ki ga izrabimo na lokaciji.

Iz grobe ločene frakcije ter iz kosovnih odpadkov pa pripravimo sekundarno gorivo. Z izdelavo sekundarnih goriv bi izrabili energetsko vrednost odpadkov. Pridelano gorivo bi

lahko izrabili v okviru obrata, razen če bi se ponudila ugodnejša možnost prodaje določenemu odjemalcu. Gorivo lahko služi namreč tudi kot nadomestno gorivo v cementnih pečeh ali pa kot gorivo za kotlovnico pri termoelektrarni/toplarni.



Slika 18: Postopek mehansko biološke obdelave mešanih gospodinjstkih odpadkov ter odpadkov iz obrtnih in proizvodnih dejavnosti v Ljubljani

Na zgornji sliki niso vključeni BIOG, ki se dodajajo anaerobni obdelavi odpadkov in pa odpadki POSD, ki se tudi obdelujejo hkrati z MGO.

Iz slike 18 je razvidno tudi, da se pri anaerobni fermentaciji pridobiva bioplin, ki se ga energetsko izrablja na lokaciji za namen pridobivanja električne energije, katero se uporablja za delovanje obrata. Na ta način se zmanjšajo obratovalni stroški. Pomembno je tudi to, da so postopki predelave in izrabe nadomestnih goriv, kot sta bioplin in sekundarno gorivo v pristojnosti MOL, kar pomeni, da za takšno izrabo ni nujen le državni objekt. Prednost tega je, da se čas vpeljave takšnega objekta bistveno skrajša, saj ni potrebna izdelava državnega lokacijskega načrta. Morebitni objekt za termično obdelavo mešanih komunalnih odpadkov, ki je bil pred leti aktualen, spada v pristojnost države. Pri postopku MBO pa verjetno takšen objekt ne bi bil ekonomičen. Iz slike je razvidno tudi, da imamo tudi potencial za snovno izrabo kovin.

Obravnavani objekt MBO bi glede na količine zbranih odpadkov moral imeti kapaciteto čez 200.000 t/leto obdelanih odpadkov. Dobra stran tega postopka je, da v praksi že obstajajo objekti podobnih velikosti in so nam zato na voljo podatki in izkušnje pri vzpostavljanju in obratovanju takšnih naprav.

Glede trajnostnega ravnanja z odpadki je obravnavani objekt skladen z usmeritvami EU in slovenske zakonodaje. Objekt namreč predstavlja optimalno izrabo biomase in drugih obnovljivih virov za namen proizvodnje ter proizvajanja električne ali toplotne energije, odpadki ki se jih vodi na odlagališče so inertni in kot taki ne predstavljajo grožnje za okolje, omenjeni objekt pa predstavlja tudi optimiziranje temeljitega trajnostnega ravnanja v smislu snovne izrabe odpadkov.

8. Laboratorijska preiskava lastnosti komunalnih odpadkov

Za preiskavo kvalitete bioloških odpadkov smo v laboratoriju izvedli preiskavo treh različnih vzorcev ločeno zbranih biorazgradljivih komunalnih odpadkov. Namen te preiskave je določiti kvaliteto ločeno zbranega biološkega dela z namenom ugotoviti, za kaj se po obdelavi lahko uporabi. Za namen laboratorijskih meritev je bilo potrebno material predhodno obdelati z rezalnim mlinom.

8.1 Tehnične specifikacije in način delovanja rezalnega mlina

Uporabili smo rezalni mlin podjetja Retsch, tip SM 2000, ki se ga uporablja za zmanjševanje velikosti delcev heterogenih mešanic, katerih substance imajo različne lomne lastnosti. Takšne mešanice so odpadki, lahko odpadno železo iz predelovalnic avtomobilov, odpadna guma, itd. Z mlinom se lahko reže trde, srednje trde, lahke, elastične, vlaknaste in toplotno občutljive materiale oziroma mešanice teh materialov. Z različnimi nastavitvami naprave (hitrejše ali počasnejše delovanje z različnimi rotorji in polnilci) lahko obdelujemo različne materiale, kot so organski in neorganski odpadki in različne vrste mešanic materialov, ločeno zbrane odpadke iz naselij, plastiko, računalniške in elektronske odpadki, odpadke iz lažjih kovin, kable, ovojne materiali, deli rastlin, gumo, les, folijo, usnje, neželezove kovine, karton, papir, tekstil, preproge in usnjene kože. Zaradi teh lastnosti je SM 2000 idealen za laboratorijske preiskave.



Model SM 2000 podpira rezanje pri dveh različnih hitrostih motorja. Prva hitrost je 695 vrtljajev na minuto pri 50 Hz oziroma 835 vrtljajev na minuto pri 60 Hz in je primerna za rezanje velikih kosov trdega in toplotno občutljivega materiala. Druga hitrost pa je 1430 vrtljajev na minuto pri 50 Hz oziroma 1690 vrtljajev na minuto pri 60 Hz, primerna pa je za rezanje manjših kosov materiala, ki ga je lažje razrezati. Ohišje je narejeno tako, da se ga da odpreti, zato je nameščanje sit pod rotorji in čiščenje rezalne komore le teh enostavno. Naprava ima vdelano varnostno stikalo, ki preprečuje vključitev ob odprtem ali slabo zaprtem ohišju.

Slika 19 : Rezalni mlin Retsch SM 2000



Zmanjševanje velikosti delcev poteka z rezanjem in striženjem. Šest kolutni rotor je pritrjen na dveh ležajih, vzorec pa pride v stik z rezili na rotorju in stacionarnimi rezili v ohišju. Takšen rotor omogoča močno rezanje, ki poteka v zaporedju. Model SM 2000 je na voljo z 1,5 kW enofaznim ali trofaznim motorjem.

Slika 20: Delovanje šest kolutnega rotorja



Model SM 2000 ima na razpolago dva različna rotorja, in sicer rotor z noži in šest kolutni rotor. Slednji ima 18 obrnljivih in zamenljivih rezalnih plošč in je primeren za univerzalno uporabo. Rotor z noži pa je primeren za rezanje mehkih, elastičnih in vlaknastih materialov.

Slika 21 : Tipa rotorjev pri rezalnem mlinu

Na voljo so tudi trije različni polnilci materiala. Na spodnji sliki vidimo standardni polnilec (desno zgoraj), kaskadni polnilec (desno spodaj) in polnilec za daljše vzorce (levo).

Pri mletju sem uporabil standardni polnilec s polnilnim batom. Vhodna odprtina pri standardnem polnilcu je 80x75 mm.



Slika 22 : Tipi polnilcev pri rezalnem mlinu

Lahko se nastavi tudi različna sita glede na vrsto vzorca in zahtevano stopnjo finosti obdelanega vzorca. Surovo predhodno zmanjšanje velikosti delcev vzorca se lahko izvede tudi brez sita. Sita so velikosti od 20 mm do 250 μm . Glede na volumen pa se razlikujejo tudi posode za zajem obdelanega vzorca.

Preglednica 31: Aplikacije rezalnega mlina SM 2000 pri različnih nastavitvah

	Aplikacije pri hitrosti motorja 695 min ⁻¹ (835 min ⁻¹)	Aplikacije pri hitrosti motorja 1390 min ⁻¹ (1690 min ⁻¹)
6 kolutni rotor	<ul style="list-style-type: none"> ■Plastični ovoji in tekstil ■Guma in posebni odpadki ■Ločeno zbrani odpadki iz naselij ■Plastična embalaža ■Elektronski odpadki brez železnih in jeklenih delov ■Konzerve pijač ■Izrezki preprog ■Plastični granulati ■Kosti, pasje igrače ■Toplotno občutljivi materiali 	<ul style="list-style-type: none"> ■Biološki materiali ■Plastični ali neželezno kovinski ostružki vrtanja in mletja ■Pre-embrittled materials ■Toplotno neobčutljivi materiali
Rotor z noži	<ul style="list-style-type: none"> ■Plastika ■Lignit ■Začimbe in zdravila ki vsebujejo manjše količine olja ■Toplotno občutljivi materiali 	<ul style="list-style-type: none"> ■Deli rastlin, slama, seno ■Začimbe in zdravila ■Papir, karton ■Toplotno neobčutljivi materiali

8.2 Postopek mletja bioloških odpadkov

Vse tri ločeno zbrane vzorce biorazgradljivih odpadkov smo pred mletjem najprej posušili pri 105°C v sušilniku. Sušenje do konstantne teže v debelini plasti odpadkov <5 cm je trajalo preko noči, cca 15 ur.

Suhe vzorce smo nato ročno presortirali tako, da smo izločili vse trde predmete (kovine, kamenje, steklo, keramika). Ti predmeti bi lahko negativno vplivali na postopek drobljenja, v kolikor jih nebi odstranili bi lahko prišlo do okvare rezalnega mlina.



Slika 22 : ročno sortiranje ločeno zbranih bioloških odpadkov

Nato smo pričeli z mletjem odpadkov. Uporabili smo dve velikosti sita. Prvo mletje smo opravili pri večjem situ, s katerim smo odpadke zgolj pripravili na fino drobljenje z uporabo finega sita (2 mm). Prikaz odpadkov po drobljenju je na naslednjih dveh slikah.



Slika 23: odpadki po mletju z grobim sitom



Slika 25 : odpadki po mletju s finim sitom

8.3 Laboratorijske preiskave bioloških odpadkov

Tako obdelani vzorci so bili primerni za laboritarorijske preiskave. Program analiz posameznih vzorcev smo določili glede na predvidene potrebe načrtovanja alternativnih postopkov ravnanja s temi odpadki. Mislim predvsem na kompostiranje oziroma digestiranje biološko razgradljivih odpadkov. Analize so zato usmerjene v ugotavljanje ciljanih grupnih in posamičnih parametrov. Grupni parametri so vlaga, žaroizguba, kompostibilnost, posamični parametri pa klor, žveplo in izbrane težke kovine. Težke kovine smo določali v sestavljenih istovrstnih vzorcih odpadkov, kjer smo pričakovali podoben nivo onesnaženosti. V nadaljevanju so v tabelah podani rezultati teh meritev.

Preglednica 32 :Rezultati preiskave ločeno zbranih biorazgradljivih vzorcev

Št. vzorca	Vlaga* 105°C (%)	Pepel/ žaroizguba# 550°C (%)		Biorazgra- dljivost ^{90 dni} (%)		Klor# (%)	Žveplo# (%)
		/v.s.	/s.s.	/v.s.	/s.s.		
1	44,0	42,05	57,95	45,1	27,3	(zm.l=1+	0,11
2	57,9	32,48	67,52	59,2	21,9	2+3)	
3	66,5	27,09	72,91	54,4	24,2	0,26	

*originalni vzorci; #po izločenju kovin

Preglednica 33 :Vsebnost težkih kovin v sestavljenem vzorcu suhega komposta

Kovina	Merjena vrednost	Mejne vrednosti		
		neomejena raba	omejena r.	neketijska r.
Cd (mg/kg)	<0,3	0,7	2	5
Cr _{cel.} (mg/kg)	65	70	150	500
Cu (mg/kg)	68	70	300	600
Hg (mg/kg)	0,3	0,4	2	5
Ni (mg/kg)	27	25	70	80
Pb (mg/kg)	311	45	100	500
Zn (mg/kg)	396	200	1200	2000

Preglednica 34 :Karakteristike kompostov (90 dni)

Št. vzorca	Vlaga* (%)	Vsebnost tujkov (% _{s.s.})	Žaroizguba** (% _{s.s.} , brez tujkov)
1 _K	25,9	46,2	39,7
2 _K	19,4	42,8	37,7
3 _K	29,6	40,0	38,8
Povpr.	25,0	43,0	38,7

*pred izločanjem tujkov; **po sušenju in izločanju tujkov (kamenja, stekla, keramike, kovin)

8.3 Zaključne ugotovitve

Vsebnost klora in žvepla je relativno majhna in neproblematična. Razmerje koncentracij teh dveh potencialnih onesnaževalcev zraka je obratno kot pri premogu.

Analiza vsebnosti težkih kovin pa je proti pričakovanjem pokazala, da je predvsem veliko mangana, kroma, cinka, svineca in niklja. Mejne vrednosti težkih kovin za kompostiranje sicer niso določene, a če analizne rezultate primerjamo s tistimi za kompost vidimo, da bo ta primeren kvečjemu za najbolj nezahtevno (t.j. nekmetijsko) uporabo. Vzrok za tako visoko vsebnost težkih kovin v bio-odpadkih ni jasen.

Biorazgradljivost LZKO je zmerna, predvsem zaradi prisotnosti tujkov - mineralnih snovi, ki ne kompostirajo in razredčujejo prisotno biorazgradljive komponente. Tujke bi z ustrezno metodo ločevanja (toda ne s sejanjem) lahko odstranili. Razkroj v večje količine odpadkov bo verjetno potekal hitreje in presnovno učinkoviteje.

Povprečna končna vlaga je nekoliko nižja od tipične, kar je posledica visoke vsebnosti kamenja ter nečistoč, ki je previsoka za tržni kompost. Vsebnosti so 0,5% za delce stekla, plastike in kovine nad 2 mm in 5% za kamenje nad 5 mm. Žaroizguba je sorazmerno majhna in odraža vsebnost humificiranih organskih snovi. Mejna vrednost sicer ni predpisana. Vsebnost težkih kovin v kompostu ustreza pričakovanim na podlagi sestave LZBO. Noben parameter ne presega mejne vrednosti komposta, namenjenega nekmetijski uporabi. Mejno vrednost za omejeno uporabo presega svinec, za neomejeno uporabo pa poleg svineca še cink

in nikelj. Vsebnost organsko vezanega izpihljivega klora (POX) v odpadkih je majhna, daleč pod mejno vrednostjo za nevarne odpadke, po vsej verjetnosti pa izvira iz drobcev klorirane plastike (PVC). Verjetno bi bila taka tudi v izlužku.

Po opravljeni analizi lahko zaključim, da je kvaliteta komposta slabša od predvidene, razlogi za to pa še niso znani. Pridobljeni kompost bi bil primeren zgolj za neketijsko uporabo, kot je prekrivanje odlagališč in degradiranih površin izven območij zaščiteneh vodnih virov.

9. Zaključek

Pri vprašanju za kakšno obdelavo komunalnih in njim podobnih odpadkov se odločimo moramo upoštevati več faktorjev. Ti so povezani z okoljem v katerem bomo takšno obdelavo izvajali. Najpomembnejši pogoj za oba zgoraj omenjena postopka je zadostno število prebivalcev in posledično zadostna količina komunalnih odpadkov, ki jih vodimo v obdelavo. Glavni namen takšnega načina obdelave odpadkov s postopkom mehansko biološke obdelave so proizvodnja nadomestnega goriva iz odpadkov, snovna izraba snovi iz odpadkov ter priprava odpadkov na odlaganje na deponiji. Nadomestno gorivo je lahko v obliki bioplina, katerega namen je pokriti energijske izgube obrata ali pa v obliki sekundarnega goriva, ki ga lahko porabijo določene industrijske panoge. Ko so se prve komunalne skupnosti odločile za uporabo obratov MBO, so te naprave služile le kot priprava odpadkov na odlaganje na deponiji. Moderni obrati MBO pa stremijo predvsem k čim večji izrabi energije iz odpadkov. Prav takšni obrati po mojem mnenju predstavljajo glavno alternativo sežigalnicam. Upoštevajoč izkušnje iz drugih dežel ter glede na podatke o zbranih odpadkih in na opravljene raziskave bi lahko takšen obrat vzpostavili tudi v ljubljanski pokrajini oziroma v osrednjeslovenski statistični regiji. Tehnologija obdelave bi v prvem koraku vsebovala mehansko ločevanje lahke frakcije iz odpadkov, sledila bi anaerobna mokra fermentacija preostalega biološko razgradljivega deleža. Ostanek iz anaerobne fermentacije je pregnito blato, ki ga osušimo. Takšno osušeno blato predstavlja sekundarno gorivo, ki ga izrabimo na lokaciji. Iz mehansko ločene frakcije ter iz kosovnih odpadkov pa pripravimo sekundarno gorivo. Z izdelavo sekundarnih goriv bi tako izrabili energetske vrednosti odpadkov. Gorivo bi

porabili v okviru obrata, razen če bi se ponudila ugodnejša možnost prodaje goriva določenemu odjemalcu. Bistveno pri vsem tem je dejstvo, da je glede trajnostnega ravnanja z odpadki takšen način obdelave skladen z usmeritvami EU in slovenske zakonodaje. Objekt namreč predstavlja optimalno izrabo biomase in drugih obnovljivih virov za namen proizvodnje ter proizvodnje električne ali toplotne energije, odpadki ki se jih vodi na odlagališče so inertni in kot taki ne predstavljajo grožnje za okolje, omenjeni objekt pa predstavlja tudi optimiziranje temeljitega trajnostnega ravnanja v smislu snovne izrabe odpadkov.

Je pa pri odločitvi za takšen obrat potrebno upoštevati predvsem odnos lokalnih skupnosti do takšnega povezovanja. Prav slednje pa je pri končni odločitvi za ali proti obratu MBO po mojem mnenju ključnega pomena, saj je le od uspešnega sodelovanja na regionalni ravni odvisna uspešna obdelava komunalnih odpadkov v prihodnosti.

VIRI

1. A. V. Kovačič 2001. Ravnanje z odpadki. Ljubljana, GV založba: 20
2. J. A. Salvato, N. L. Nemerow, F. J. Agardy 2003. Environmental engineering, fifth edition. Hoboken, John Wiley & Sons: 135
3. D. Almorza, C.A. Brebbia, D. Sale, V. Popov 2002. Waste management and the environment. Southampton, Boston WIT press: 110
4. J. Ekart, N. Samec 2001. Sistemi ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju. V: Zbornik posvetovanja Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij simpozij. Otočec, 3. – 5. december 2001: 12
5. W. Müller, M. Niesar, T. Turk 2003. Optimized mechanical treatment and material segregation through ballistic separation within mechanical biological waste management. V: Ninth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinija, 6. – 10. oktober 2003, CISA, environmental Sanitary Engineering Centre: 10
6. K. Soyez, S. Plickert 2003. Material flux management of waste by mechanical-biological pre-treatment. V: ninth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinija, 6. – 10. oktober 2003, CISA, environmental Sanitary Engineering Centre: 9
7. R. Stegmann, J. Heerenklage 2003. Anaerobic pretreatment of municipal solid waste with subsequent aeration of the liquid phase. V: Tenth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinija, 6. – 10. oktober 2003, CISA, environmental Sanitary Engineering Centre: 11

8. G. Rettenberger 2003. Two years experience with a full scale two step anaerobic pretreatment process including a leaching out reactor. V: Ninth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinija, 6. – 10. oktober 2003, CISA, environmental Sanitary Engineering Centre: 8
9. K. J. Thome – Kozmiensky 2003. Sežiganje ali mehansko biološka obdelava odpadkov. V: Strokovno posvetovanje 'GOSPODARJENJE Z ODPADKI – Zbiranje in zažiganje odpadkov ter odpadna embalaža'. Slovenske Konjice, september 2003: 19
10. A. Grooterhorst 2001. Waste composting Mechanical – biological treatment of municipal solid waste. V: Zbornik Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij simpozij Otočec 3. – 5. december 2001. Otočec: 7
11. J. Ekart, N. Samec 2001. Sistemi ravnanja s komunalnimi odpadki na regionalnem nivoju. V: Zbornik Ravnanje z odpadki in uvajanje čistih tehnologij simpozij Otočec 3. – 5. december 2001. Otočec: 18
12. V. Ojsteršek, N. Samec, V. Grilc 2006. MBO/BMO kot sodobna metoda predelave komunalnih odpadkov – izkušnje v Sloveniji. Gospodarjenje z odpadki, 2006, februar 2006: 8
13. Predstavitev aktivnosti za objekte obdelave odpadkov v regionalnem centru za ravnanje z odpadki (RCERO) na območju odlagališča nenevarnih odpadkov barje v Ljubljani 2005. Javno podjetje Snaga d.o.o.
<http://www.snaga.si> (10.01.2007)
14. Količine in sestava mešanih (neločenih) gospodinjskih odpadkov (MGO) zbranih v okviru javnega podjetja Snaga d.o.o., Ljubljana ter ločenih organskih kuhinjskih odpadkov gospodinjstev (OKOG) in preostanka mešanih gospodinjskih odpadkov (PMGO) s poskusnega območja ločenega zbiranja OKOG Ljubljana-Šiška za zimo 2005/2006 2005. Javno podjetje Snaga d.o.o.
<http://www.snaga.si> (10.01.2007)

15. R. Stegmann 2005. Mechanical biological pretreatment of municipal solid waste.
V: Tenth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinija, oktober 2005, CISA, environmental Sanitary Engineering Centre: 11
16. K. Fricke, H. Santen, R. Wallmann, A. Huttner, N. Dichtl 2006. Operating problems in anaerobic digestion plants resulting from nitrogen in MSW. Waste Management 2006 februar: 12
17. K. Fricke, H. Santen, R. Wallmann 2005. Comparison of selected aerobic and anaerobic procedures for MSW treatment. Waste Management 2005 marec: 12
18. Integrated pollution prevention and control – reference document on best available techniques for the waste treatments industries 2005. Seville, European commission: 38
19. H. Santen, K. Fricke 2005. Percolation as pre-treatment before anaerobic digestion – results of small scale surveys and full-scale balancing campaigns.
V: Tenth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Sardinija, oktober 2005, CISA, environmental Sanitary Engineering Centre: 12
20. Direktiva evropskega parlamenta in sveta o odpadkih 2005. Bruselj, Komisija evropskih skupnosti: 30
21. Sporočilo komisije svetu, evropskemu parlamentu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij – Tematska strategija o trajnostni rabi naravnih virov 2005, Bruselj, Komisija evropskih skupnosti: 20
22. Sporočilo komisije svetu, evropskemu parlamentu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij – Tnadljevanje trajnostne uporabe virov: Tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov 2005, Bruselj, Komisija evropskih skupnosti: 31

23. J. J. Peirce, R. F. Weiner, P. A. Wesilind 1998. Environmental pollution and control, fourth edition. Boston, Oxford, Johannesburg, Melbourne, New Delhi, Singapore: Butterworth – Heiremann: 46