

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 študij vodarstva in  
komunalnega inženirstva

Kandidatka:

**Helena Kolarek**

## **Predlog za tehnološko - ekološko modernizacijo ravnanja z odpadki v osrednjeslovenski regiji**

**Diplomska naloga št.: 132**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Viktor Grilc

Ljubljana, 2010

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

**Podpisana HELENA KOLAREK izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:**

**»PREDLOG ZA TEHNOLOŠKO – EKOLOŠKO MODERNIZACIJO RAVNANJA Z ODPADKI V OSREDNJESLOVENSKE REGIJI ».**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, \_\_\_\_\_ februar 2010

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 628.4(043.2)

**Avtor:** Helena Kolarek

**Mentor:** izr. prof. dr. Viktor Grilc, univ. dipl. inž.

**Naslov:** Predlog za tehnološko – ekološko modernizacijo ravnanja z odpadki v osrednjeslovenski regiji

**Obseg in oprema:** 191 str., 56 pregl., 52 sl., 2 en.

**Ključne besede:** preostanek komunalnih odpadkov, mehansko-biološka obdelava, sekundarno gorivo, bioplin, kompost, toplogredni plini, celotni organski ogljik, regenerativna toplotna oksidacija, masna bilanca, stroški, cena ravnanja z odpadki

### **Izvillečki**

V diplomski nalogi obravnavam problematiko odlaganja neobdelanih komunalnih odpadkov na odlagališču Barje in v osrednjeslovenski regiji v zadnjem desetletnem obdobju. Iz predstavljene okoljske zakonodaje Evropske unije, je razvidno, kateri so tisti cilji, ki jih je Slovenija kot država članica, dolžna izpolniti na področju ravnanja z odpadki.

V diplomski nalogi predstavljam tri tehnologije mehansko - biološke obdelave (MBO). Na podlagi inovativnosti in okoljskih prednosti izberem tehnologijo MBO, ki je najbolj primerna za osrednjeslovensko regijo. Iz zbranih količin preostanka mešanih komunalnih odpadkov (PMKO) v zadnjih letih, demografskih kazalcev in dveh različnih stopenj zajema ločeno zbranih frakcij komunalnih odpadkov v regiji, podajam dve kapaciteti obrata za mehansko–biološko obdelavo. Hkrati za vsako od tehnologij MBO prikažem masne deleže izhodnih produktov, ki so nastali v postopku MBO iz nedavno ugotovljene sestave in trenutnih količin PMKO v osrednjeslovenski regiji. Za vsako od treh tehnologij so predstavljeni tudi obratovalni stroški ter sedanja in nova cena ravnanja z odpadki za gospodinjstva v regiji ob uvedbi tehnologije za MBO imenovane »Vizija 2020«.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

- UDC:** 628.4(043.2)
- Author:** Helena Kolarek
- Supervisor:** assoc. prof. dr. Viktor Grilc, univ. dipl. ing.
- Title:** Technical - Ecological Proposal for Modernization of Waste Treatment in Osrednjeslovenska Region
- Notes:** 191 p., 56 tab., 52 fig., 2 eq.
- Key words:** residual municipal waste, mechanical-biological treatment, refuse derived fuel, biogas, compost, greenhouse gas, total organic carbon, regenerative thermal oxidation, mass balance, costs, price of waste treatment

### **Abstracts**

In thesis the problem of disposal of untreated municipal solid waste on the landfill Barje in Osrednjeslovenska region over last ten years is being discussed. Represented european environmental legislation shows which goals in terms of waste management Slovenia as an EU member state has to fulfill.

In thesis three mechanical-biological treatment (MBT) technologies are being represented. On the basis of innovative and environmental advantages I have chosen MBT tehnology which in my opinion is the most suitable for Osrednjeslovenska region. Two processing capacities for MBT plant are being calculated on the basis of collected amount of residual municipal waste, demographfic data and on the basis of two different levels of capturing seperately collected fractions of municipal solid waste (MSW) in region in the last few years. On the basis of recently figured composition of MSW and recently collected amounts of residual MSW in Osrednjeslovenska region, mass output shares produced in MBT process are being showed for each of those MBT tehnologies. For each of MBT technology operational costs, recent and new upcoming price for treatment of household waste with MBT technology called »Vision 2020« in the region are being represented.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prog. dr. Viktorju Grilcu. Prav tako se zahvaljujem mag. L. Čepon iz JP Snaga d.o.o., J. Rupnik iz JKP Vrhnika d.o.o. in B. Šarc iz Agencije RS za okolje ter zaposlenim na ostalih komunalnih podjetjih.

Zahvaljujem se tudi vsem, ki ste mi na poti do uspešnega zaključka študija stali ob strani z zaupanjem in spodbudnimi besedami.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OKOLJSKA ZAKONODAJA.....</b>	<b>3</b>
2.1	OKOLJSKE DIREKTIVE IN PROGRAMI EU.....	3
2.2	OBVEZE SLOVENIJE.....	9
<b>3</b>	<b>RAVNANJE Z ODPADKI.....</b>	<b>17</b>
3.1	EVROPSKA UNIJA.....	17
3.1.1	Avstrija.....	20
3.1.2	Nemčija.....	20
3.2	SLOVENIJA.....	21
3.3	OSREDNJSLOVENSKA REGIJA.....	27
3.3.1	Demografija.....	27
3.3.2	Vpliv naravnega prirasta na količino odpadkov.....	29
3.3.3	Vpliv bruto domačega proizvoda na prebivalca na količine odpadkov.....	31
3.3.4	Količine odpadkov v Osrednjeslovenski regiji.....	32
3.3.5	Teoretično možen izplen snovno uporabnih sestavin gospodinjskih odpadkov..	37
3.3.6	Možnosti za snovno in energetska izrabo frakcij komunalnih odpadkov.....	44
3.3.7	Bioplinski potencial v različnih velikostnih frakcijah odpadkov PMGO in OKOG	49
<b>4</b>	<b>VPLIV ODLAGANJA NEOBDELANIH ODPADKOV NA OKOLJE.....</b>	<b>52</b>
4.1	PROCESI V DEPONIJSKEM TELESU.....	52
4.1.1	Faze razgradnje biorazgradljivih odpadkov.....	54
4.2	IZCEDNE VODE.....	55
4.3	DEPONIJSKI PLIN.....	58
4.3.1	Metoda IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change- medvladni forum o podnebnih spremembah).....	59
<b>5</b>	<b>TEHNOLOGIJA MBO.....</b>	<b>68</b>
5.1	MEHANSKA OBDELAVA.....	69
5.2	BIOLOŠKA OBDELAVA.....	69

5.2.1	Anaerobna razgradnja preostanka odpadkov.....	70
5.2.2	Aerobna razgradnja oziroma gnitje .....	73
5.2.3	Aerobna biološka stabilizacija.....	74
5.3	TEHNIKE OBDELAVE BIOLOŠKIH ODPADKOV.....	75
<b>6</b>	<b>ENERGETSKA IZRABA PREOSTANKA MEHANSKO - BIOLOŠKO OBDELANIH KOMUNALNIH ODPADKOV.....</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV IN EMISIJ, KI NASTAJAJO PRI MBO 81</b>	
7.1	SLOVENIJA.....	81
7.2	AVSTRIJA, NEMČIJA IN VELIKA BRITANIJA .....	82
7.2.1	Parametri za odlaganje mehansko-biološko obdelanih odpadkov.....	82
7.2.2	Parametri onesnaženega zraka nastalega v procesu MBO .....	86
<b>8</b>	<b>ČIŠČENJE IZPUŠNIH PLINOV NASTALIH PRI MBO .....</b>	<b>88</b>
8.1	NA SPLOŠNO O ČIŠČENJU ODPADNIH PLINOV.....	88
8.2	NAPRAVE ZA ČIŠČENJE IZPUŠNIH PLINOV NASTALIH PRI MBO .....	88
8.2.1	Biofilter.....	88
8.2.2	Kislinski pralnik .....	90
8.2.3	Regenerativna toplotna oksidacija - RTO .....	90
8.3	IZKUŠNJE V NEMČIJI IN AVSTRIJI GLEDE ČIŠČENJA IZPUŠNIH PLINOV.....	94
<b>9</b>	<b>PREDNOSTI MBO .....</b>	<b>95</b>
<b>10</b>	<b>INOVATIVNE TEHNOLOGIJE MBO V EU.....</b>	<b>97</b>
10.1	ZAK TEHNOLOGIJA .....	97
10.1.1	Mehanska obdelava .....	98
10.1.2	Biološka obdelava .....	99
10.1.3	Biološko sušenje.....	102
10.1.4	Mehansko ločevanje materialov .....	103
10.1.5	Masna bilanca in stroški obrata MBO Kahlenberg .....	104
10.2	NOVA MODULARNA TEHNOLOGIJA MBO IMENOVANA VIZIJA 2020 .....	105
10.2.1	Obdelava grobe frakcije.....	105
10.2.2	Obdelava drobne frakcije.....	108

10.2.3	Analiza vsebnosti težkih kovin v kompostu .....	110
10.2.4	Masna bilanca in stroški tehnologije »Vizija 2020« .....	113
10.3	UPORABA DEŽEVNIKOV V KOMPOSTIRNI FAZI MBO .....	115
10.3.1	Potek obdelave .....	116
10.3.2	Kakovost pridelanega komposta .....	119
10.3.3	Masna bilanca in stroški procesa kompostiranja s pomočjo deževnikov.....	119
10.3.4	Prednosti uporabe kompostiranja z deževniki .....	120
<b>11</b>	<b>IZRAČUN MASNIH BILANC PRI POSAMEZNI TEHNOLOGIJI MEHANSKO-BIOLOŠKE OBDELAVE .....</b>	<b>121</b>
11.1	OBRAT ZA MBO KAHLENBERG.....	121
11.2	OBRAT ZA MBO IMENOVAN VIZIJA 2020 .....	122
11.3	UPORABA DEŽEVNIKOV V PROCESU MBO MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV .....	125
<b>12</b>	<b>PRIMERJAVA PREDSTAVLJENIH TEHNOLOGIJ MBO .....</b>	<b>128</b>
12.1	MASNE BILANCE TEHNOLOGIJ .....	128
12.2	PREDNOSTI IN SLABOSTI POSAMEZNE TEHNOLOGIJE.....	131
12.3	PREGLED OBRATOVALNIH STROŠKOV .....	132
12.4	CENA RAVNANJA Z ODPADKI.....	136
	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>139</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>142</b>
	<b>PRILOGE .....</b>	<b>157</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2.1: Letni izpusti toplogrednih plinov v Sloveniji po sektorjih (ARSO, 2009)....	10
Preglednica 2.2: Količina biološko razgradljivih sestavin v komunalnih odpadkih, ki se lahko letno odložijo na vseh odlagališčih v Republiki Sloveniji ( UL RS št. 53/09).....	14
Preglednica 2.3: Klasifikacijski seznam trdnega goriva za razvrščanje v razrede (Ur. L. RS št. 57/2008).....	16
Preglednica 3.1: Komunalni odpadki leta 2007 v državah članicah EU (Half of ton..., 2009)	18
Preglednica 3.2: Delež predelanih in odstranjenih komunalnih odpadkov glede na načine ravnanja (ARSO, 2009) .....	21
Preglednica 3.3: Količina nastalih in odloženih komunalnih odpadkov na prebivalca v Sloveniji od leta 2003 do leta 2008 (SURSTAT, 2009) .....	22
Preglednica 3.4: Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločeno zbranimi frakcijami ter ravnanje z njimi (SURSTAT, 2008) .....	23
Preglednica 3.5: Glavne sestavine odpadkov PMGO na območju Ljubljane (Snagec, 2009, str. 5).....	37
Preglednica 3.6: Glavne sestavine odpadkov POSD na območju Ljubljane (Snagec, 2009, str. 5).....	38
Preglednica 3.7: Masa v letu 2008 neizločenih frakcij PMKO iz osrednjeslovenske regije....	39
Preglednica 3.8: Izplen ločenih snovno uporabnih sestavin gospodinjskih odpadkov (Mele, 2009, str. 8).....	42
Preglednica 3.9: Izplen v odstotkih glede na maso PMGO in POSD v osrednjeslovenski regiji .....	43
Preglednica 3.10: Sestava vzorcev za analize in preskuse (Grilc, 2007, str. 6) .....	45
Preglednica 3.11: Rezultati laboratorijskih vzorcev sestavljenih frakcij odpadkov (Grilc, 2007, str.9).....	46
Preglednica 3.12: Rezultati standardnega izluževalnega testa težke frakcije (Grilc, 2007, str.10).....	47
Preglednica 3.12: lastnosti komposta iz biorazgradljive frakcije odpadkov (Grilc, 2007, str. 11).....	48
Preglednica 3.13: Bioplinski potenciali vzorcev (Grilc, Zupančič, Husić, 2008, str. 36).....	50
Preglednica 3.14: Metanski potenciali mešanic vzorcev (Grilc, Zupančič, Husić, 2008, str. 36) .....	50

Preglednica 3.15: Učinki razgradnje (Grilc, Zupančič, Husić, 2008, str. 36).....	50
Preglednica 4.1: Parametri onesnaženosti, katerih mejne vrednosti v izcedni vodi odlagališča Barje, so bile presežene (Snaga d.o.o.) .....	56
Preglednica 4.2: Dinamika polnjenja in prekrivanja odlagalnih polj na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje (Celovito poročilo..., 2005, str. 21) .....	58
Preglednica 4.3: Vhodni podatki (Čepon, 2002).....	61
Preglednica 4.4: Hipotetično nastale emisije metana v posameznih letih (Čepon, 2002, str. 80) .....	63
Preglednica 4.5: Ocenjeni faktorji za izračun metana (Čepon, 2002) .....	65
Preglednica 4.6: Količine potencialno nastalega metana (Čepon, 2002, str. 88).....	65
Preglednica 7.1: Pregled nastajanja emisij v različnih fazah MBO (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007, str. 527) .....	81
Preglednica 7.2: Mejne vrednosti parametra onesnaženosti nenevarnih odpadkov z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi (UL RS št. 32/2006) .....	82
Preglednica 7.3: Mejne vrednosti za mehansko-biološko obdelane odpadke, ki jih predlaga Evropska direktiva o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Muller, 2007, str. 99) .....	83
Preglednica 7.4: Nemške mejne vrednosti za odpadke, ki se odlagajo na odlagališčih (Stegmann, 2005, str. 1) .....	84
Preglednica 7.5: Mejne vrednosti za odpadne pline iz naprav za MBO po Uredbi o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. l. RS, št. 31/2007).....	86
Preglednica 9.1: Rezultati preizkusnih simulacij odlagališča (Muller, 2007, str. 96) .....	96
Preglednica 10.1: Primerjava vrednosti parametrov težkih kovin v organskih frakcijah pridobljenih v postopku MBO Vizija 2020 na obratu KBA Hard (Švica) iz bioloških odpadkov in iz MKO (Schu, Schu, 2009, str. 233, 234).....	110
Preglednica 10.2: Primerjava vrednosti parametrov težkih kovin v organskih frakcijah pridobljenih v postopku MBO Vizija 2020 na obratu KBA Hard (Švica) iz bioloških odpadkov in iz MKO z mejnimi vrednostmi slovenske okoljske zakonodaje (Schu, Schu, 2009, str. 233, 234; UL RS, št. 62/2008) .....	111
Preglednica 10.3: Vsebnost težkih kovin v organskih frakcijah pridobljenih v postopku Viziji 2020 (Švica) iz bioloških odpadkov in iz MKO ter zahteve glede vsebnosti težkih kovin v gorivih, ki se uporabljajo na napravah za sosežig (Schu, 2009, str. 235) .....	111

Preglednica 10.4: Vrednosti parametrov v presejani organski frakciji 2 iz MKO (Schu, 2009, str. 236).....	112
Preglednica 10.5: Primerjava rezultatov analiz komposta pridobljenega iz neločenih MKO na obratu Palmela in iz MKO na obratu AMAWE z razredi kakovosti komposta iz portugalske zakonodaje (Berkemeier, 2009).....	119
Preglednica 11.1: Sestava PMKO iz območja Ljubljane, ki je bila uporabljena za določitev masnega toka naprave za MBO Kahlenberg (Malus, 2009, str. 90).....	121
Preglednica 11.2: Izhodni masni deleži nastali iz PMKO osrednjeslovenske regije na obratu za MBO Kahlenberg (Malus, 2009, str. 190).....	121
Preglednica 11.3: Sestava PMGO in POSD, ki so se leta 2007/2008 odlagali na odlagališče mesta Sofija (Kostadinova, 2008) .....	122
Preglednica 11.4: Sestava PMKO nastalega v mestu Sofija leta 2007/2008 .....	123
Preglednica 11.5: Masni deleži nastali pri MBO imenovani Vizija 2020 iz PMKO iz mesta Sofija (Schu, Schu, 2009, str. 16).....	123
Preglednica 11.6: Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije (Malus, 2009, str. 90) .....	124
Preglednica 11.7: Izračunani izhodni masni deleži pri MBO Vizija 2020 PMKO iz osrednjeslovenske regije.....	124
Preglednica 11.8: Izhodni masni deleži nastali iz portugalskega PMKO pri MBO z uporabo deževnikov (Berkemeier, 2009, str. 257) .....	125
Preglednica 11.9: Sestava portugalskega PMKO, ki se je obdelal na pilotnem obratu za MBO imenovanem AMAVE (Berkemeier, 2008; Berkemeier, 2009; OECD, 2006).....	126
Preglednica 11.10: Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije iz leta 2007 (Malus, 2009, str. 90).....	126
Preglednica 11.11: Izračunani masni deleži izhodnih frakcij nastalih iz mehansko-biološko obdelanega PMKO iz osrednjeslovenske regije z uporabo delovanja deževnikov. ....	127
Preglednica 12.1: Masna bilanca na različnih obratih za MBO (Schalk, 2009; Schu, 2009, Berkemeier, 2009) .....	128
Preglednica 12.2: Masna bilanca preostanka mešanih komunalnih odpadkov iz osrednjeslovenske regije pri različnih tehnologijah MBO .....	129
Preglednica 12.3: Nastale količine produktov na različnih obratih MBO iz PMKO iz osrednjeslovenske regije.....	130

Preglednica 12.4: Nastale količine bioplina v postopku MBO Vizija 2020 in v postopku MBO Kahlenberg (Schu, Schu, 2009, str. 237). .....	131
Preglednica 12.5: Stroški obdelave pri posameznih tehnologijah MBO (Schalk, 2009; Schu, 2009, Berkemeier, 2009; Malus, 2009).....	132
Preglednica 12.6: Okoljska dajatev v Avstriji za različne načine ravnanja z odpadki (Faist, Ragossnig, 2009).....	133
Preglednica 12.7: Obratovalni stroški naprave za MBO s precejanjem (Malus, 2009, str. 197) .....	134
Preglednica 12.8: Stroški in prihodki izhodnih frakcij nastalih pri MBO v Avstriji (Faist, Ragossnig, 2009).....	135
Preglednica 12.9: Povprečne lastne cene ravnanja z odpadki iz gospodinjstev in njim podobnih v MOL (Poročilo..., 2009, str. 27, 28; Jesenšek, 2009) .....	137
Preglednica 12.10: Cene novega načina ravnanja z odpadki iz gospodinjstev in njim podobnih ob uvedbi tehnologije MBO imenovane Vizija 2020 (Cenik..., 2009) .....	137

## KAZALO SLIK

Slika 2.1: Evropska hierarhija ravnanja z odpadki .....	6
Slika 2.2: Letni izpusti toplogrednih plinov v Sloveniji po letih (ARSO, 2009) .....	10
Slika 3.1: Količina nastalih in odloženih komunalnih odpadkov v Evropi leta 2007 (Half of ton..., 2009).....	19
Slika 3.2: Delež predelanih in odstranjenih komunalnih odpadkov glede na načine ravnanja (ARSO, 2009).....	22
Slika 3.3: Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločeno zbranimi frakcijami ter ravnanje z njimi (SURS, 2008) .....	24
Slika 3.4: Količine mešanih komunalnih odpadkov v Sloveniji po letih (SURS, 2008).....	25
Slika 3.5: Količine ločeno zbranih organskih kuhinjskih odpadkov v Sloveniji po letih (SURS, 2008).....	26
Slika 3.6: Prebivalstvo v osrednjeslovenski regiji (SURS, 2009) .....	27
Slika 3.7: Število prebivalcev v MOL in ostalih občinah regije skupaj (SURS, 2009) .....	28
Slika 3.8: Naravni prirast in zbrane količine komunalnih odpadkov v osrednjeslovenski regiji (SURS, 2009) .....	28
Slika 3.9: Količina zbranih komunalnih odpadkov na prebivalca (SURS, 2009).....	30
Slika 3.10: Bruto domači proizvod (BDP) na prebivalca v korelaciji z nastalimi komunalnimi odpadki po prebivalcu v Evropi (EUROSTAT; SURS, 2009).....	31
Slika 3.11: Komunalni in nekomunalni odpadki v osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009).....	32
Slika 3.12: Količine ločeno zbranega papirja, stekla in embalaže v Osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009).....	34
Slika 3.13: Ločeno zbrani biološki odpadki v osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009).....	35
Slika 3.14: Zbrani mešani komunalni odpadki v osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009).....	35

Slika 3.15: Zbrani kosovni odpadki v Osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009) .....	36
Slika 4.1: Sestava deponijskega plina v odvisnosti od časa (Robinson W.D., 1986).....	53
Slika 4.2: Sestava izlužka v odvisnosti od razgradnje v deponijskem telesu (Robinson W.D., 1986) .....	53
Slika 4.3: Podroben prikaz faz razgradnje v deponijskem telesu (Čepon, 2002, str. 25) .....	55
Slika 4.4: Primerjalni grafični prikaz dnevne obremenitve izcednih vod pred in po čiščenju na bodoči čistilni napravi Barje (Celovito poročilo..., 2005, str. 112). .....	58
Slika 4.5: Izračun generiranja metana v letu 2001, 2009 in 2025 iz odpadkov odloženih med leti 1964 in 1987 (Snaga d.o.o.).....	62
Slika 4.6: Izračun generiranja metana v letu 2008 iz odpadkov odloženih med leti 1964 in 1987 (Čepon, 2002, str. 82).....	64
Slika 4.7: Ocena nastanka metana iz novega dela odlagališča Barje po modelu IPCC (Čepon, 2002, str. 89) .....	66
Slika 4.8: Izračun generiranja metana v letu 2008 iz odpadkov odloženih med leti 1987 in 2008 (Čepon, 2002, str. 88).....	66
Slika 4.9: Generirane količine metana v letih 2000, 2008 in 2025 (Snaga d.o.o.) .....	67
Slika 5.1: Referenčna shema postopkov obdelave komunalnih odpadkov (UL RS št. 32/2006) .....	69
Shema 5.2: Shema postopka mokrega razpada biomase (Pilz, 2007, str. 148).....	71
Shema 5.3: Načrt izvedbe bioreaktorja za suho razpadanje (Pilz, 2007, str. 148).....	71
Slika 5.4: Potek suhe fermentacije v fermentorju (Nelles, Westphal, Morscheck, 2009, str. 223) .....	72
Slika 5.5: Tunelski kompostirni reaktor (Pilz, 2007, str. 149).....	75
Slika 7.1: Vpliv tehnologij za kompostiranje na stopnjo bio-stabilizacije ( Muller, 2007, str. 95) .....	83
Slika 7.2: Mejna vrednost za AT4 (Lubke, 2007, str. 169).....	85
Slika 7.3: Mejna vrednost za TOC eluat (Lubke, 2007, str. 170) .....	85
Slika 7.4: Emisije hlapljivih organskih snovi (VOC) v procesu stabilizacije (Lubke, 2007, str. 170) .....	87
Slika 8.1: Osnovna shema biofiltra (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007, str. 533).....	88

Slika 8.2: Biofiltri na strehi objekta (Ignjatovič, 2007, str. 9).....	89
Slika 8.3: Vhodne in izhodne koncentracije plina pri čiščenju na biofiltru (Lubke, 2007, str. 171).....	89
Slika 8.4: Kislinški pralnik (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007, str. 532).....	90
Slika 8.5: Naprava za RTO na obratu z MBO (Dach in sod., 2007, str. 553).....	91
Slika 8.6: Dnevna in letna poraba energije iz plinastih energetskega virov v odvisnosti od volumna odsesanega zraka in specifične porabe energije (Dach in sod., 2007, str. 558) .....	93
Slika 10.1: Faze ZAK tehnologije na obratu za MBO v Kahlenbergu ( Schneider, Rettenberger, 2007, str. 283) .....	97
Slika 10.2: Prvotna zasnova obrata za MBO Kahlenberg (Schalk, 2009, str. 242).....	98
Slika 10.3: Notranjost precejalnika (Schneider, Rettenberger, 2007, str. 285) .....	99
Slika 10.4: Anaerobni reaktorji (Schneider, Rettenberger, 2007, str. 287) .....	99
Slika 10.5: Kemijska potreba po kisiku in organske kisline...(Schalk, 2009, str. 246).....	101
Slika 10.6: Nova zasnova MBO na obratu Kahlenberg z uvedbo procesa izpiranja ( <i>Bioreachate process</i> ) (Schalk, 2009, str. 247).....	101
Slika 10.7: Tok materialov na obratu za MBO v Kalenbergu (Schalk, 2009, str. 244) .....	104
Slika 10.8: Tunel za sušenje (Schu, 2008) .....	106
Slika 10.9: Senzorska sortirna naprava NIR (Beker, 2006) .....	107
Slika 10.10: Koncentracija klora v organskih frakcijah pridobljenih iz MKO ali iz ločeno zbranih bioloških odpadkov (Schu, 2009, str. 236).....	113
Slika 10.11: Shema obdelave MKO z uporabo deževnikov v procesu kompostiranja (Berkemeier, 2009, str. 251).....	116

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BIOO	Biološko razgradljivi odpadki
TPG	Toplogredni plini
MBO	Mehansko biološka obdelava
MBS	Mehansko-biološka stabilizacija
VOC	Hlapljive organske spojine
AT4	Sposobnost sprejemanja kisika po štirih dneh ali aktiviteta respiracije
TOC	Celotni organski ogljik
DOC	Raztopljeni organski ogljik v izlužku
TF	Težka frakcija
LF	Lahka frakcija
oDM	Suha organska masa
RDF	Sekundarno gorivo
SRF	Nadomestno gorivo
TMZ	Termo-mehanska kataliza
GB21	Tvorba deponijskega plina v času 21 dni
BOD4	Biološka potreba po kisiku v času 4 dni
dM	Suha masa
DMV	Dnevna izmerjena vrednost
HMV	Pol-urna izmerjena vrednost
MR	Masno razmerje



OU	Enote vonjav
RTO	Regenerativna toplotna oksidacija
CERO	Center za ravnanje z odpadki
KO	Komunalni odpadki
PMKO	Preostanek mešanih komunalnih odpadkov
PMGO	Preostanek mešanih gospodinjskih odpadkov
POSD	Preostanek mešanih komunalnih odpadkov iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti
OKOG	Ločeni organski kuhinjski odpadki gospodinjstev
NIR	Senzorska naprava za sortiranje
UASB	Anaerobni digester za čiščenje odpadne vode
NNO	Nenevarni odpadki
OECD	Evropski statistični urad
MEV2	Mejne vrednosti emisije po uredbi za motorje z notranjim izgorevanjem
MEV3	Mejne vrednosti emisije po nemški zakonodaji
I	Meritev številka 1



## 1 UVOD

Področje ravnanja s komunalnimi odpadki je bilo do vstopa Slovenije v EU dokaj zapostavljeno. Šele z implementacijo EU okoljske zakonodaje v slovenski pravni red in s tem sprejetje obvez na področju ravnanja z odpadki, se je pojavil interes za izboljšanje stanja na tem področju.

Tako kot so v nekaterih najbolj razvitih državah članicah EU že konec 90-ih let prejšnjega stoletja spoznali, da predstavljajo odlagališča vir neizkoriščenih dragocenih surovin, se tega vse bolj zavedamo tudi v Sloveniji. Ker je poraba energije v primarni proizvodnji za nekajkrat višja od porabe energije pri reciklaži materialov, daje EU velik pomen reciklaži in ponovni uporabi odpadnih materialov, ki so se v preteklosti odlagali brez predhodne izrabe. K uporabi obnovljivih virov energije nas silijo povišane koncentracije TGP v okolju, katerih negativni učinki se že kažejo v spremembi padavinskega režima po vsem svetu in prinašajo za človeštvo ekstremne naravne pojave. Z začetkom veljavnosti Direktive Sveta 1999/31/ES o odlaganju odpadkov na odlagališčih julija letos, se je problematika odlaganja neobdelanih komunalnih odpadkov v Sloveniji začela resneje obravnavati. Po vzoru primerov iz Nemčije in Avstrije se tudi v Sloveniji postopoma od leta 2008 vpeljuje mehansko-biološka obdelava (MBO) preostanka mešanih komunalnih odpadkov (PMKO). Od predvidenih 15 obratov za MBO je bil do danes v Sloveniji zgrajen le eden skupaj z objektom za termično izrabo energije iz predelane lahke frakcije odpadkov. Okoljska prednost take obdelave je ta, da z njo pridobivamo dva obnovljiva energenta, ki sta gorivo iz odpadkov in bioplín. Hkrati v postopku obdelave iz PMKO izločimo surovine primerne za reciklažo, s katero se prihrani energija in zmanjša obremenjevanje okolja z emisijami TGP. Dodaten produkt, ki nastaja pri aerobnih pogojih te obdelave, je kompost primeren za gojenje okrasnih rastlin in pri novejših tehnologijah MBO tudi za pridelavo kulturnih rastlin. Če gre za neonesnažen kompost, ga je mogoče uporabiti tudi kot nadomestno gorivo v toplarnah.

V diplomski nalogi obravnavam problematiko odlaganja neobdelanih komunalnih odpadkov v osrednjeslovenski regiji v zadnjem desetletnem obdobju. Na podlagi zbranih količin komunalnih odpadkov v regiji v omenjenem obdobju, skušam določiti tehnologijo obdelave PMKO, ki je zaradi svoje inovativnosti in prijaznosti do okolja, primerna za osrednjeslovensko regijo. Hkrati v diplomski nalogi predstavljám deleže energetske in snovno uporabnih surovin iz sedanjih in bodočih količin PMKO, ki jih je mogoče pridobiti v

izbranem postopku MBO. Na podlagi tega sem v diplomski nalogi zastavila krovno hipotezo, ki se glasi, da je MBO komunalnih odpadkov, v primerjavi z starim načinom ravnanja z odpadki, to je odlaganjem neobdelanih odpadkov, okolju bolj prijazen način ravnanja z odpadki, ker:

- ustvari manj toplogrednih plinov (proces anaerobne obdelave biorazgradljivih odpadkov ves čas nadzorujemo, torej zajemamo ves ustvarjen metan, CO<sub>2</sub>),
- ustvari minimalne ali nične količine ostankov obdelave namenjene za odlaganje
- iz odpadkov izloči uporabne materiale za snovno in energetska izrabo (z reciklažo se prihranijo ogromne količine energije, z uporabo RDF namesto fosilnih goriv pa zmanjšujemo nastanek TGP in ohranjamo naravne vire)
- izpolnjuje zahteve trajnostnega razvoja
- manj onesnažuje podtalnico (odlaga se le inertni material, ki se fizikalno, kemijsko ali biološko ne spreminja)

## 2 OKOLJSKA ZAKONODAJA

Neustrezno ravnanje z odpadki, predvsem nekontrolirano ali tehnično neustrezno odlaganje odpadkov, ima negativne vplive na vse sestavine okolja. Vodno okolje je izpostavljeno zaradi izluževanja odpadkov in odvajanja ter pronicanja izcednih voda v površinske vode in podtalnico. Iz biološko razgradljivih odpadkov (v nadaljevanju BIOO), ki se odložijo na odlagališča, se zaradi anaerobnega razkroja tvori odlagališčni plin, ki je sestavljen pretežno iz metana in ogljikovega dioksida. Pline kot so ogljikov dioksid, metan in didušikov monoksid imenujemo toplogredni plini (v nadaljevanju TGP). Ti v povečanih količinah povzročajo podnebne spremembe. Predvsem metan je zelo učinkovit TGP, saj ima 21-krat večji toplogredni učinek kot ogljikov dioksid (Operativni ..., 2008). Tla v okolici odlagališč so obremenjena s prahom in letečimi delci s površine odloženih odpadkov.

Za preusmerjanje odpadkov iz odlagališč v okolju bolj prijazne oblike ravnanja z odpadki, je Evropska unija (v nadaljevanju EU) sprejela kar nekaj direktiv. V direktivah so predpisane ciljne količine, naloga vsake države članice pa je, da v svojih predpisih zapiše zahteve direktive in na kakšen način jih bo dosegla (Usklajena je..., 2008; Muller, 2007).

### 2.1 Okoljske direktive in programi EU

Cilj **direktive o odlaganju odpadkov na odlagališča** (99/31/ES) je s strogimi obratovalnimi in tehničnimi zahtevami o odpadkih in odlagališčih zagotoviti ukrepe, postopke in smernice za preprečevanje ali zmanjševanje čezmerne obremenitve okolja, zlasti onesnaževanja površinskih voda, podtalnice, tal in zraka. Direktiva spodbuja preprečevanje nastajanja odpadkov, njihovo recikliranje in regeneriranje ter uporabo regeneriranega materiala in energije. S tem se večja pozornost namenja sežiganju komunalnih in nevarnih odpadkov, kompostiranju, pridobivanju bioplina in predelavi blata iz rečnih strug, jezer ali morij. Ukrepi za zmanjšanje odlaganja biorazgradljivih odpadkov na odlagališča so ključni ukrepi te direktive. Ti naj bi spodbujali ločeno zbiranje biorazgradljivih odpadkov, sortiranje na splošno, regeneracijo in recikliranje. Za preprečitev ogrožanja okolja je potrebno uvesti enoten postopek za prevzem odpadkov na podlagi postopka za razvrstitev odpadkov, sprejemljivih za različne kategorije odlagališč, ki predvsem zajema standardizirane mejne vrednosti. Direktiva zahteva vzpostavitev sistema izdajanja dovoljenj za obratovanje odlagališč. V Sloveniji so se obstoječa odlagališča morala za nadaljnje obratovanje prilagoditi

zahtevam te direktive najkasneje do 15. julija 2009. Odlagališča na občutljivem kraškem terenu pa so po tem datumu prenehala obratovati (Podlipnik, 2008).

Do leta 2013 naj bi tako v Sloveniji delovalo 10 regionalnih centrov, ki bodo obsegali vsaj odlagališče in obrat za mehansko-biološko obdelavo (v nadaljevanju MBO) odpadkov. Nekateri pa bodo imeli še sortirnico in obrat za energijsko izrabo goriva iz odpadkov (Podlipnik, 2008).

Za Slovenijo so določila direktive o odlaganju odpadkov na odlagališčih začela veljati osem let po prenosu direktive, to je 16. julija 2009 (Tavčar, 2008).

Direktiva v členu 16 zahteva, da je dve leti po začetku njene veljavnosti, potrebno določiti postopek in preskusne metode za določanje sprejemljivih odpadkov na odlagališčih ter da je za odpadke, ki so sprejemljivi v različnih razredih odlagališč, potrebno določiti mejne vrednosti in ostala merila. Tako je leta 2002 Evropski Svet sprejel **Odločbo o določitvi meril in postopkov za sprejemanje odpadkov na odlagališčih** (2003/33/ES), ki je pričela veljati leta 2004.

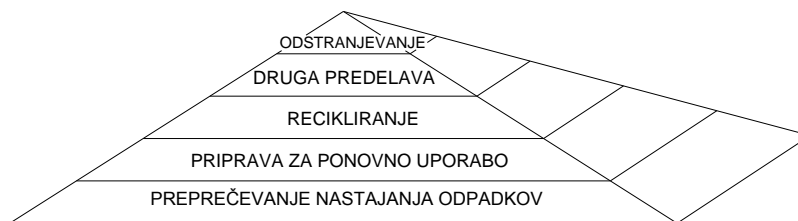
V postopku sprejema odpadkov na odlagališče je potrebno po tej odločbi opisati značilnosti odpadkov, katere se ugotovijo na podlagi preskusov. S preverjanjem ustreznih parametrov se ugotovi ali sprejeti odpadki dosegajo mejne vrednosti kritičnih parametrov. Odločba je uvedla tudi merila za sprejemanje odpadkov za vsak razred odlagališč posebej ter merila za podzemno skladiščenje odpadkov. Inertni, nenevarni ter nevarni odpadki morajo po tej odločbi izpolnjevati mejne vrednosti določenih parametrov glede dostopnosti za izluževanje oziroma izcejanje. Nekateri izmed omenjenih vrst odpadkov pa morajo izpolnjevati še dodatna merila kot so vsebnost: TOC, pH, BTEX, spojine PCB, spojine PAH in mineralno olje. V določenih okoliščinah so sprejemljive do tri krat višje mejne vrednosti posebnih parametrov, če je za določene odpadke in za vsak primer posebej izdano dovoljenje za sprejemno odlagališče ter če emisije iz odlagališča, ob upoštevanju mejnih vrednosti za te posebne parametre, ne predstavljajo dodatnega tveganja za okolje.

Pretežno nevarne odpadke je mogoče trajno odstraniti s podzemnim skladiščenjem v solnih rudnikih ali v trdni kamnini pod gladino podtalnice. Za tak način skladiščenja je nujna ocena varnosti skladišča (Odločba 2003/33/ES, 2002).

Krovna **Direktiva o odpadkih** (2006/12/ES) poudarja, da je treba spodbujati predelavo odpadkov in uporabo s predelavo pridobljenih materialov, s čemer ohranjamo naravne vire. Direktiva obvezuje države članice, da sprejmejo ukrepe, s katerimi bodo spodbudile preprečevanje ali zmanjševanje nastajanja odpadkov in njihove škodljivosti. To lahko dosežejo z razvojem čistih tehnologij, s tehničnim razvojem izdelkov in z razvojem primernih tehnologij za končno odstranitev nevarnih snovi, ki jih vsebujejo odpadki namenjeni za predelavo. Članice morajo sprejeti tudi ukrepe, s katerimi bodo spodbudile predelavo odpadkov z recikliranjem, ponovno uporabo ali obnavljanjem za pridobivanje sekundarnih surovin ali da spodbudijo uporabo odpadkov kot vir energije. Izbrati morajo take načine predelave ali odstranjevanja, ki ne škodijo okolju in ne ogrožajo zdravja ljudi.

Evropski parlament je nedavno sprejel **novelo direktive o ravnanju z odpadki**. Ta prinaša novost, da morajo države članice do leta 2020 obvezno poskrbeti za recikliranje 50 odstotkov trdnih odpadkov iz gospodinjstev in 70 odstotkov odpadkov, ki nastajajo pri gradnji, rušenju zgradb in podobnem. Novela narekuje, da mora biti sleherni odpadek predelan (Novela direktive o ..., 2008).

Evropski parlament je 16. junija 2008 potrdil predlog direktive o recikliranju in preprečevanju nastajanja odpadkov ter uveljavitvi splošnega pravila o petstopenjski hierarhiji odpadkov (Nova evropska..., 2008). Petstopenjska hierarhija ravnanja z odpadki določa preprečevanje nastajanja odpadkov, pripravo za ponovno uporabo, recikliranje, drugo predelavo (npr. predelavo v energetske namene) in odstranjevanje. Odlaganje odpadkov na odlagališčih, kot eden od načinov odstranjevanja, je najslabša možnost in se uporablja samo, kadar odpadkov ni možno predelati ali odstraniti na drug način (Operativni..., 2008).



Slika 2.1: Evropska hierarhija ravnanja z odpadki

**Direktiva o recikliranju in preprečevanju nastajanja odpadkov** določa pravila recikliranja in programe za preprečevanje nastajanja odpadkov, obveze držav, hierarhijo ravnanja z odpadki ter uveljavlja načelo onesnaževalec plača. Direktiva opredeljuje sežiganje odpadkov kot ponovno uporabo in ne kot odstranjevanje odpadkov. Nova direktiva bo poenostavila obstoječo zakonodajo, z njo pa sta dobila večjo vlogo recikliranje in hierarhija ravnanja z odpadki (Nova evropska..., 2008).

Evropski parlament in Svet evropske unije sta leta 2002 sprejela **šesti okoljski akcijski program Skupnosti**. Omenjeni Program si prizadeva za visoko raven varstva okolja in zdravja ljudi ter za prekinitev povezanosti med pritiski na okolje in gospodarsko rastjo. Ključne okoljske cilje in ukrepe, ki jih Program določa, je treba izvršiti pred njegovim iztekom, to je do leta 2012. Cilji se morajo izpolniti na področju podnebnih sprememb, narave in biotske raznovrstnosti, okolja in zdravja ter kakovosti življenja in na področju naravnih virov in odpadkov. Program navaja za ukrepe na področju trajnostne rabe in gospodarjenja z naravnimi viri ter ravnanja z odpadki sledeče cilje in prednostne naloge:

- občutno povečati učinkovitost virov in energetske učinkovitost
- precej zmanjšati celotno količino odpadkov in premik k bolj trajnostnim vzorcem proizvodnje in porabe
- znatno zmanjšati količine odpadkov, namenjenih za odlaganje, in količine proizvedenih nevarnih odpadkov
- spodbujati ponovno rabo odpadkov, pri čemer imata prednost predelava ter zlasti recikliranje.

Cilj programa je prispevati k stabiliziranju koncentracij toplogrednih plinov, zaščititi, obnoviti delovanje naravnih habitatov, zagotavljati okolje, v katerem raven onesnaženosti ne deluje



škodljivo na zdravje ljudi, vzpodbujati urbani trajnostni razvoj ter uvesti takšno ravnanje z viri in odpadki, ki lahko prekine povezanost med rabo virov in nastajanjem odpadkov ter stopnjo gospodarske rasti. Program daje poudarek na ozaveščanju državljanov, na sodelovanju javnosti, na analizo koristi in stroškov ter v svojih ukrepih vključuje tudi razvoj tematskih strategij (Šesti okoljski..., 2002). Leta 2005 sta bili tako sprejeti Tematska strategija o trajnostni rabi naravnih virov in Tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov.

Evropsko gospodarstvo uporablja velike količine naravnih virov pogosto na način, ki škoduje okolju in ogroža bazo virov, zato je potreben prehod na bolj trajnostne rabe virov. **Tematska strategija o trajnostni rabi naravnih virov** razvija politični okvir, ki bo zmanjšal okoljske vplive rabe virov v rastočem gospodarstvu. Njen cilj je ustvariti več vrednosti ob manjši rabi virov, zmanjševati okoljski vpliv uporabljenih virov in nadomeščati vire, ki se trenutno uporabljajo, z boljšimi nadomestili, če čistejše rabe ni mogoče doseči. Strategija vključuje ukrepe za izboljšanje našega razumevanja in znanja o evropski rabi virov, ukrepe za razvoj orodij za spremljanje in poročanje o napredku v EU in gospodarskih sektorjih ter povečanje ozaveščenosti interesnih skupin in državljanov o negativnem okoljskem vplivu rabe virov (Tematska strategija o trajnostni..., 2005). Hkrati je Evropska komisija julija 2008 predlagala trajnostni sveženj dejavnosti za ustvarjanje okolju prijaznejših izdelkov in spodbujanje povpraševanja po njih. Med osrednjimi dokumenti v trajnostnem svežnju je sporočilo o zelenem javnem naročanju predvsem v sektorjih kot so gradbeništvo, prevoz, pisarniška oprema in storitve čiščenja. Komisija je predlagala skupni cilj 50 odstotkov zelenih javnih naročil do leta 2010 po vseh državah članicah ter priporoča pripravo nacionalnih akcijskih načrtov za zelena javna naročila (Burja, 2008).

Možnosti za preprečevanje nastajanja odpadkov in recikliranje v EU še niso popolnoma izkoriščene. Zakonodaja se v nekaterih primerih slabo izvaja, hkrati pa so med nacionalnimi pristopi velike razlike. Količina recikliranih odpadkov narašča, standardi obdelave pa so na voljo le za deponije in sežigalnice ter delno za recikliranje. To pomeni okoljski problem, saj lahko slabo delujoči objekti za reciklažo onesnažujejo okolje. **Tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov** tako želi s svojimi ukrepi pospešiti preprečevanje nastajanja odpadkov, recikliranje in ponovno uporabo. Strategija je zasnovana tako, da poenostavi in posodobi obstoječo zakonodajo, zagotovi da se bo negativen vpliv na okolje

zmanjševal ves življenjski cikel virov ter spodbuja bolj ambiciozne politike preprečevanja nastajanja odpadkov. Strategija ne predpisuje ciljev EU glede preprečevanja nastajanja odpadkov, ker to ne bi bil ekološko najučinkovitejši način. Teža odpadkov bi se lahko zmanjšala, vendar bi se vpliv na okolje lahko povečal. Preprečevanje nastajanja odpadkov je mogoče doseči le z vplivanjem na to, kako je proizvod oblikovan, obdelan, na voljo uporabniku in končno uporabljen. Ukrepi, sprejeti v Tematski strategiji, bodo prispevali k nadaljnjemu premeščanju tokov odpadkov iz deponij, k večji pridelavi komposta, učinkovitejši energetski predelavi odpadkov ter k boljšemu in obsežnejšemu recikliranju. Z določitvijo minimalnih standardov kakovosti za nekatere reciklirne objekte pa se lahko izboljša sedanje stanje, kjer samo 8 do 10 % odpadkov ustreza minimalnim standardom kakovosti. Standardi kakovosti za recikliranje bodo spodbudili zahtevo po recikliranih surovinah, kar bo tokove odpadkov usmerilo v recikliranje in ponovno uporabo, poleg tega pa bo izboljššan notranji trg za recikliranje (Tematska strategija o preprečevanju..., 2005).

Vse bolj se za zmanjšanje emisij TGP poudarja pomen vzpostavitve nadzora porabe energije v Evropi ter večja uporaba energije iz OVE ter večja energetska učinkovitost. Za dosego tega je bila leta 2009 sprejeta **direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov** (2009/28/ES). Direktiva se nanaša na uporabo OVE za proizvodnjo električne energije, toplote in hladu ter na uporabo OVE v prometu. Direktiva ima na ravni EU za cilj povečati delež OVE v rabi končne energije na 20% in povečati delež energije iz OVE v prometu na 10% do leta 2020. Na podlagi izvajanja te direktive so v EU do leta 2020 predvideni prihranki od 600 do 900 milijonov ton emisij CO<sub>2</sub> na leto. Poraba fosilnih goriv pa naj bi se zmanjšala za 200 do 300 milijonov ton na leto. Države članice morajo za dosego ciljev iz direktive 2009/28/ES določiti ukrepe in najkasneje do 30.6.2010 sprejeti nacionalne akcijske načrte za energijo iz obnovljivih virov (Kus, 2009).

Decembra leta 2008 je bila izdana **Zelena knjiga o ravnanju z biološkimi odpadki v Evropski uniji**, katere cilj je raziskati možnosti za nadaljnji razvoj ravnanja z biološkimi odpadki. Države članice so na podlagi predstavljenih vprašanj v knjigi pozvane, da se vključijo v razpravo na naslednjih področjih ravnanja z biološkimi odpadki: učinkovitejše preprečevanje nastajanja odpadkov, omejevanje odlaganja odpadkov na odlagališčih, možnosti obdelave bioloških odpadkov, izboljšanje energetske predelave, povečanje recikliranja in prispevanje k izboljševanju tal. Analiza prejetih odgovorov, skupaj s predlogi

in pobudami za strategijo EU o ravnanju z biološkimi odpadki bo predstavljena konec leta 2009 (Zelena knjiga o..., 2009).

## 2.2 Obveze Slovenije

Dokument, ki se nanaša na zmanjševanje emisij TGP, je **Kjotski protokol**, katerega podpisnica je od leta 2002 tudi Slovenija. Slovenija je z njegovo ratifikacijo prevzela, tako kot ostale države članice, obveznost 8% zmanjšanja emisij TGP v obdobju od 2008 do 2012 glede na izhodiščno leto 1986 (Resolucija o ..., 2006). Kjotski protokol države pogodbenice obvezuje, da za zmanjšanje emisij TGP izvedejo nacionalne ukrepe, hkrati pa jim omogoča zmanjšanje emisij z izvedbo prožnih kjotskih mehanizmov. Ti so: mednarodno trgovanje s pravicami do emisije, skupno izvajanje projektov med državami pogodbenicami in izvajanje projektov v državah v razvoju. Leta 2003 je bila s tem v zvezi sprejeta direktiva EU o vzpostavitvi sheme trgovanja z emisijami TGP, dve leti kasneje pa je začel uradno delovati trg pravic do emisije TGP (Operativni program ...TGP..., 2006).

Decembra 2008 sta Evropski svet in Evropski parlament sprejela **podnebno-energetski sveženj zakonodajnih ukrepov**, ki naj bi zagotovil 20-odstotno zmanjšanje izpustov TGP do leta 2020 glede na leto 1990 in povečanje rabe obnovljivih virov na 20 % končne rabe energije. Dolgoročni cilj je, da Evropska unija postane družba z nizko porabo ogljika iz fosilnega goriva oz. t. i. nizkoogljična družba. Ko bo na mednarodni ravni sklenjen sporazum, je EU pripravljena svoje cilje za znižanje izpustov še okrepiti, torej iz 20 % znižanja glede na leto 1990 na 30 % znižanje. V okviru tega svežnja zakonodajnih ukrepov je za Slovenijo določeno, da do leta 2020 zmanjša skupne izpuste TGP za okoli 6 % glede na tiste v letu 2005. Postavljeno zahtevo lahko doseže tako, da izpuste iz sektorjev, ki so vključeni v emisijsko trgovanje, zmanjša za 21 %, izpuste iz sektorjev, ki niso vključeni v emisijsko trgovanje, pa lahko poveča za največ 4 % glede na njihove izpuste v letu 2005 (Sprejet podnebno..., 2009). Teh zavez Slovenija ne bo uspela uresničiti, saj se izpusti še vedno povečujejo za približno 3 odstotke na leto (Erjavec, 2009).

Predpisano vrednost iz Kyotskega protokola je mogoče doseči z uvedbo številnih ukrepov. Ukrepi, ki se bodo morali izvajati na področju ravnanja z odpadki, so:

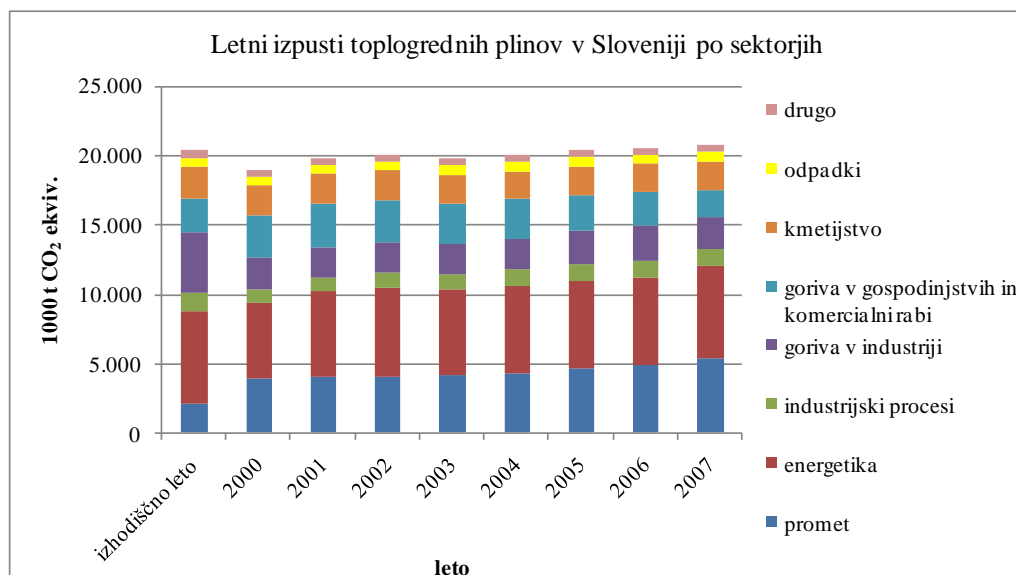
- odplinjanje in sežig, energijska izraba ali uporaba plina na odlagališčih,

- ločevanje posameznih frakcij odpadkov in njihova snovna izraba ali reciklaža (zmanjševanje količin odloženih odpadkov) ter kompostiranje, ločeno zbiranje organskih kuhinjskih odpadkov in njihova predelava v biogorivo, predelava odpadnih jedilnih olj in masti v biodizel in
- sanacija obstoječih odlagališč in gradnja novih odlagališč v skladu z EU standardi (Operativni...TGP..., 2006 in ARSO).

V letu 2005 je začel delovati tudi najpomembnejši izmed treh kjotskih mehanizmov, ki se imenuje trgovanje z izpusti.

Preglednica 2.1: Letni izpusti toplogrednih plinov v Sloveniji po sektorjih (ARSO, 2009)

	enota	izhodiščno leto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
promet	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	2.008	3.832	3.974	3.988	4.134	4.285	4.569	4.797	5.395
energetika	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	6.729	5.498	6.203	6.452	6.184	6.314	6.325	6.379	6.596
industrijski procesi	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	1.328	970	1.018	1.031	1.082	1.124	1.186	1.217	1.226
goriva v industriji	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	4.406	2.269	2.211	2.245	2.159	2.281	2.488	2.590	2.329
goriva v gospodinjstvih in komercialni rabi	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	2.366	3.052	3.123	2.977	2.895	2.828	2.585	2.345	1.898
kmetijstvo	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	2.334	2.162	2.127	2.188	2.093	1.999	2.006	2.029	2.082
odpadki	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	566	674	682	697	700	719	723	705	684
drugo	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	618	454	443	480	498	502	495	508	512
skupaj	1000 t CO <sub>2</sub> ekv.	20.354	18.912	19.780	20.058	19.744	20.051	20.377	20.570	20.722



Slika 2.2: Letni izpusti toplogrednih plinov v Sloveniji po letih (ARSO, 2009)

Od leta 2004 se skupni izpusti toplogrednih plinov v primerjavi z izhodišnim letom niso dosti spremenili. Precej se je spremenila le njihova porazdelitev po sektorjih. Najbolj so se glede na izhodiščno leto v letu 2007 povečali izpusti iz prometa, to je za kar 165%. Izpusti, ki nastanejo pri ravnanju z odpadki, so začeli upadati po letu 2005.

V Sloveniji predstavljajo gozdovi pomemben vir zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov, saj prekrivajo več kakor 58 % površine (Majaron Mekinda, 2009). V primerjavi z ostalimi izvori emisij je na odlagališčih lažje zmanjšati emisije. Zato je Slovenija z Uredbo o spremembah in dopolnitvah uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih določila količine biološko razgradljivih sestavin v komunalnih odpadkih, ki se lahko letno odložijo na vseh odlagališčih v Republiki Sloveniji. Hkrati so upravljavci odlagališč z Uredbo o okoljski dajatvi za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov postali dolžni v čim večji meri zmanjšati delež odloženih biorazgradljivih odpadkov, oziroma izčrpati čim večje količine deponijskega plina, ter ga sežgati na bakli. Plačilo okoljske dajatve se dodatno zmanjša, če se deponijski plin sežge v plinskih motorjih pri proizvodnji električne energije (Čepon, 2002).

Za izpolnjevanje obveznosti iz Kjotskega protokola je bil v Sloveniji leta 2004 sprejet **Operativni program zmanjševanja emisij TGP do leta 2012**. Program za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov za 8% v obdobju 2008-2012 glede na leto 1986, navaja naslednje področne cilje:

- 12% delež obnovljivih virov v celotni energetske oskrbi države do leta 2010
- zmanjšanje energetske intenzivnosti (za 30% do leta 2015 v primerjavi z letom 2000)
- 2% delež biogoriv v prometu do leta 2005 in 5,75% do leta 2010
- 16% delež sproizvodnje toplote in elektrike do leta 2012
- 30% nižja poraba energije v novih stavbah in znižanje porabe energije v javnem sektorju za 15% (Resolucija o nacionalnem ..., 2006).

Povprečni letni izpusti TGP v Sloveniji v obdobju 2008-2012 smejo presežati 18.725 kt ekvivalenta CO<sub>2</sub>. V primeru ustreznega gospodarjenja Slovenije z gozdovi, pa lahko njeni povprečni izpusti v tem obdobju znašajo največ 20.045 kt CO<sub>2</sub> ekv.

Skupni izpusti toplogrednih plinov so leta 2007 dosegli vrednost 20.722 Gg (=1000 ton) v ekvivalentih CO<sub>2</sub>, kar je 1,9 % nad vrednostjo v izhodiščnem letu 1986. Predhodne ocene o izpustih TGP za leto 2008 pa kažejo, da dovoljeno količino izpustov TGP v letu 2008 presegamo za milijon ton CO<sub>2</sub> ekv. in da se večletno naraščanje izpustov nadaljuje. V Sloveniji je problematično neizvajanje ukrepov v prometu, prepočasne tehnološke prenove termoelektrarn ter prepočasno izvajanje ukrepov učinkovite rabe obnovljivih virov energije. Zato bo potrebno začeti z izvajanjem ukrepov učinkovite rabe energije v široki porabi, posebno v javnem sektorju, in v industriji. V primeru, da Slovenija ne bo izpolnila kjotskih obveznosti, bo tako kršila evropski pravni red z vsemi finančnimi posledicami (Nared, 2009; Majaron Mekinda, 2009).

Že konec leta 2009 so se v **København** sestali voditelji vlad z vsega sveta, da bi dosegli sporazum, ki bi zamenjal Kjotski sporazum. Na račun kyotskega sporazuma je bilo v strokovnih krogih izrečeno že nekaj kritik. Po mnenju dr. Lučke Kajfež Bogataj, Kjotski sporazum ne more delovati, če se govori samo o njegovih prožnih mehanizmih, ponorih, trgovanju z emisijskimi kuponi in gradnji novih zmogljivosti za proizvodnjo elektrike in ne toliko o manjši gospodarski rasti, drastičnem varčevanju z energijo in racionalizaciji prometnih tokov. Zato veliko držav EU ne izpolnjuje kjotskih standardov, razen nekatere kot so Nemčija, Avstrija in Švedska (Videmšek, 2007).

Kljub velikim pričakovanjem, je bil v Københavnu sprejet nov, vendar pravno nezavezujoč dogovor. Čeprav dogovor predvideva, da bo rast temperature planeta do leta 2050 zmanjšana na 2 stopinji Celzija, ta ne vključuje natančnih števil pri zavezah za zmanjšanje emisije toplogrednih plinov. Dogovor države obenem poziva, naj do februarja letos napovejo svoje zaveze za omejitev izpustov do leta 2020 (Rogelj Petrič; Mrevlje, 2009).

Razvite države se v dogovoru hkrati zavezujejo, da bodo v obdobju od 2010 do 2012 prispevale finančno pomoč revnim državam za omilitev posledic klimatskih sprememb ter za vpeljavo zelenih tehnologij v nerazvitih državah. Na konferenci so bile tako glavne odločitve, glede konkretnih omejitev izpustov TGP, preložene na leto 2010. V tem letu bodo Združeni narodi organizirali konferenco, ki bo københavnski dogovor spremenila v zavezujoč sporazum (Rogelj Petrič; Mrevlje, 2009). Pozitivno pri tem krhkem dogovoru je, da sta Kitajska in Združene države vendarle začele pogajanja o podnebnih spremembah (Mrevlje, 2009).

Slovenija bo morala na podlagi direktive o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov trenutni delež OVE povečati iz 16% na 25% za leto 2020 (Koželj, 2009; Kus, 2009).

Za izvedbo vseh ciljev in obveznosti v zvezi z odstranjevanjem odpadkov in zmanjšanjem količin biološko razgradljivih odpadkov v odloženih komunalnih odpadkih je bil s sklepom vlade dne 22.4.2004 v Sloveniji sprejet Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov za obdobje do konca leta 2008. Marca leta 2008 pa je bila napisana novelacija tega programa, ki določa, da bo morala Slovenija količino BIOO v komunalnih odpadkih, ki se odlagajo na odlagališčih, zmanjšati na:

- 75% skupne količine (po teži) BIOO v komunalnih odpadkih glede na nastale količine v izhodiščnem letu 1995, najkasneje do 16.07.2006;
- 50% skupne količine (po teži) BIOO v komunalnih odpadkih glede na nastale količine v izhodiščnem letu 1995, najkasneje do 16.07.2009;
- 35% skupne količine (po teži) BIOO v komunalnih odpadkih glede na nastale količine v izhodiščnem letu 1995, najkasneje do 16.07.2016 (Operativni ..., 2008).

Tem zahtevam je mogoče slediti z ločenim zbiranje odpadkov na izvoru ter z obdelavo odpadkov, ki vsebujejo visok bio-razgradljiv delež (Kosi, Knez, Samec, 2008).

Z Uredbo o spremembah in dopolnitvah uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih je bila določena količina BIOO, ki se lahko v posameznem koledarskem letu odloži na vseh odlagališčih v Sloveniji. V njej je predpisano zmanjševanje odlaganja teh odpadkov iz 63% od vseh odloženih količin komunalnih odpadkov v izhodiščnem letu 1995, na 22% do konca leta 2019 (Operativni ..., 2008).

Preglednica 2.2: Količina biološko razgradljivih sestavin v komunalnih odpadkih, ki se lahko letno odložijo na vseh odlagališčih v Republiki Sloveniji ( UL RS št. 53/09)

<i>Obdobje</i>	<i>Zmanjšanje letne količine odloženih biološko razgradljivih komunalnih odpadkov, izraženo z zmanjšanjem odstotka biološko razgradljivih odpadkov v komunalnih odpadkih, nastalih v letu 1995 (%)</i>	<i>Letna količina odloženih biološko razgradljivih snovi v komunalnih odpadkih, izražena v odstotku mase komunalnih odpadkov, nastalih v letu 1995 (%)</i>	<i>Letna količina biološko razgradljivih sestavin v odloženih komunalnih odpadkih* (1.000 t)</i>
<i>Izhodiščno leto 1995</i>		63	445
<i>2000</i>	0	63	445
<i>2001</i>	5	60	423
<i>2002</i>	5	57	401
<i>2003</i>	5	54	378
<i>2004</i>	5	50	356
<i>2005</i>	5	47	334
<i>2006</i>	5	44	312
<i>2007</i>	10	38	267
<i>2008</i>	10	32	223
<i>do konca 2012</i>	5	28	200
<i>do konca 2016</i>	5	25	178
<i>do konca 2019</i>	5	22	156

Količino odloženih BIOO je mogoče zmanjšati z ločenim zbiranjem bioloških odpadkov v gospodinjstvih, kuhinjah ter pri razdeljevanju hrane v industriji, obrti in storitvenih dejavnostih. Obvezna ravnanja s temi odpadki določa Pravilnik o ravnanju z organskimi kuhinjskimi odpadki (Operativni ..., 2008).

S 15.7.2009 so za Slovenijo začela veljati določila direktive o odlaganju odpadkov na odlagališča (99/31/ES). Po tem datumu lahko v Sloveniji obratujejo le tista odlagališča, ki imajo IPPC dovoljenja s predpisanim deležem odloženih biorazgradljivih odpadkov, zato je vlada RS julija 2009 sprejela **Uredbo o spremembah in dopolnitvah Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih**, ki uvaja:

- *finančna jamstva za upravljavce odlagališč nevarnih in nenevarnih odpadkov*, s katerim zagotavljajo ustrezno zaprtje odlagališča in izvajanje potrebnih ukrepov po zaprtju odlagališča (za komunalne odpadke najmanj 30 let). Odlaganje odpadkov bo tako postalo precej dražje in izvajalci javnih služb bodo prisiljeni uvesti vse ukrepe, da bo odloženih odpadkov čim manj. Zato bo potrebno izboljšati ločeno zbiranje odpadkov na izvoru in preusmeriti le-te v postopke predelave, prednostno v recikliranje.



- *4-letno podaljšanje uresničitve cilja o 75 % do 16.7.2006 , 50 % do 16.7.2009 in 35 % zmanjšanju količine biorazgradljivih komunalnih odpadkov, ki se odlagajo na odlagališčih, do 16.7.2016.*
- *možnost obratovanja odlagališč po 16. 7. 2009 tudi za tista, ki niso opredeljena kot regijska in s tem tudi dokončna umestitev vseh občin v regijski koncept ravnanja s komunalnimi odpadki. Po 16.7.2009 tako v Sloveniji lahko obratuje od 60 odlagališč samo 20, ki niso regijska, imajo pa veljavna okoljevarstvena dovoljenja in dovolj odlagalnega prostora. Pridobljena okoljevarstvena dovoljenja veljajo do operativnosti regijskih centrov (Uredba o spremembah..., 2009).*

V Sloveniji po 15.7.2009 izpolnjuje zahteve evropske direktive o odlaganju odpadkov na odlagališčih le en regijski center za ravnanje z odpadki, ki se nahaja v Celju. Od predvidenih 15 centrov se jih gradi osem, pet pa se jih še načrtuje (Erjavec, 2009).

Zaradi uvedbe finančnih jamstev za zapiranje in sanacijo odlagališč se bodo povečali stroški, saj bodo občine morale vlagati v sisteme ločenega zbiranja odpadkov. Koliko ločeno zbranih odpadkov se izloči na izvoru in koliko jih prispe v obdelavo na regijski nivo pa je odvisno od specifičnosti prispevnega območja, poseljenosti, kupne moči prebivalstva, njihovih navad, ozaveščenja in organiziranosti izvajalcev javnih služb (Tavčar, 2009).

Leta 2008 je bila sprejeta **Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo** (Ur.l.RS št. 57/2008). Ta klasificira odpadke, ki so primerni za pripravo trdnega goriva, na odpadke iz neonesnažene biomase, odpadke iz delno onesnažene biomase in na druge nenevarne gorljive odpadke. Za pripravo trdnega goriva in njegovo uporabo iz odpadkov iz neonesnažene biomase ni potrebno pridobiti okoljevarstvenega dovoljenja. Uporaba takega goriva pa je dovoljena tudi v malih kurilnih napravah.

Za pripravo trdnega goriva iz delno onesnažene biomase ali iz drugih nenevarnih gorljivih odpadkov je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov. Takega trdnega goriva ni dovoljeno uporabljati v malih kurilnih napravah, lahko pa se uporablja v napravah za sosežiganje odpadkov, vključno s srednjimi kurilnimi napravami (nad 1MW), če je za te naprave pridobljeno okoljevarstveno dovoljenje za obratovanje naprave.

Upravljalca naprave, ki izvaja predobdelavo odpadkov tako iz delno onesnažene biomase ali iz drugih nenevarnih odpadkov, mora zagotoviti redno ugotavljanje lastnosti trdnega goriva. V primeru delno onesnažene biomase se ugotavljajo mejne vrednosti za vsebnost nevarnih snovi v lesu (bor, arzen, flour, baker, živo srebro, žveplo), ki je obdelan z zaščitnimi sredstvi ali premazi. Uredba tako na podlagi neto kurilne vrednosti ter mejnih vrednosti za klor, živo srebro, kadmij in žveplo razvršča trdno gorivo v pet razredov kakovosti (Ur.l.RS št. 57/2008).

Preglednica 2.3: Klasifikacijski seznam trdnega goriva za razvrščanje v razrede (Ur. L. RS št. 57/2008)

Klasifikacijski seznam trdnega goriva za razvrščanje v razrede

Parameter trdnega goriva	Statistični izračun povprečja	Enota parametra	1. razred trdnega goriva	2. razred trdnega goriva	3. razred trdnega goriva	4. razred trdnega goriva	5. razred trdnega goriva
Neto kurilna vrednost	aritmetična sredina	MJ/kg	>=25	>=20	>=15	>=10	>=3
Klor (Cl)	aritmetična sredina	% (m/m)	<= 0,2	<= 0,6	<= 1,0	<= 1,5	<= 3
Živo srebro (Hg)	mediana	mg/MJ	<= 0,02	<= 0,03	<= 0,08	<= 0,15	<= 0,5
Živo srebro (Hg)	80 percentilna vrednost	mg/MJ	<= 0,04	<= 0,06	<= 0,16	<= 0,30	<= 1,0
Kadmij (Cd)	aritmetična sredina	mg/kg	<= 1,0	<= 4,0	<= 5,0	<= 5,0	<= 5,0
Žveplo (S)	aritmetična sredina	% (m/m)	<= 0,2	<= 0,3	<= 0,5	<= 0,5	<= 0,5

### **3 RAVNANJE Z ODPADKI**

#### **3.1 Evropska unija**

Zmanjševanje odpadkov je spontana in trajna karakteristika okoljskih politik zahodno-evropskih dežel. Države, ki so leta 2007 reciklirale največji delež zbranih komunalnih odpadkov so bile Nemčija (46 %), Belgija (39 %) in Švedska (37 %) (Half of ton..., 2009).

Leta 2007 je v 27-ih evropskih državah članicah na prebivalca nastalo 522 kg komunalnih odpadkov. Od tega se je odložilo 42% nastalih odpadkov, 20 % sežgalo, 22 % recikliralo in 17 % kompostiralo. V državah članicah se je leta 2007 količina odpadkov na prebivalca gibala med 294 kg za Češko republiko in 801 kg za Dansko.

Na portalu o evropskih institucijah so prikazane države, ki so leta 2007 odložile največ zbranih komunalnih odpadkov. To so bile: Bolgarija (100 %), Romunija (99 %), Litva (96 %), Malta (93 %) in Poljska (90 %). Portal za Slovenijo omenja, da je tega leta odložila 66% in reciklirala 34% zbranih komunalnih odpadkov na prebivalca. Podatki za Slovenijo odstopajo od podatkov Agencije RS za okolje. Ta omenja, da je Slovenija leta 2007 odložila 70 % komunalnih odpadkov in predelala 30 % komunalnih odpadkov. Sežiga in kompostiranja zbranih komunalnih odpadkov Slovenija uradno ni izvajala.

Države, ki so imele največji delež sežganih odpadkov, so bile: Danska (53 %), Luksemburg in Švedska (47 %), Nizozemska (38 %), Francija (36 %), Nemčija (35 %) in Belgija (34 %). Enajst držav članic odpadkov ni sežigalo.

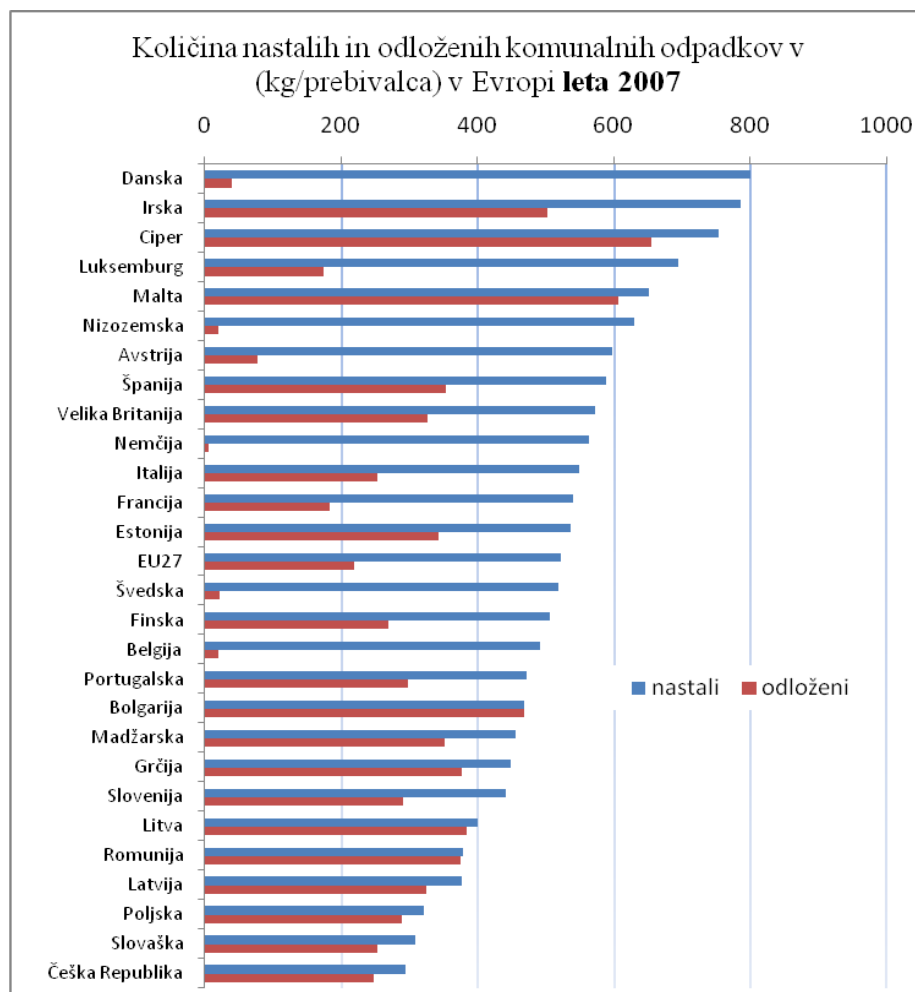
Po podatkih Eurostata je leta 2007 Nemčija odložila najmanjšo količino komunalnih odpadkov na prebivalca v celotni EU. Ta je znašala 5,6 kg/preb. Sledile so Švedska, Belgija in Nizozemska z 20 kg/preb. ter Danska s 40 kg/preb. Omenjene države dosegajo nizek delež odlaganja na račun višjih deležev recikliranja in sežiganja komunalnih odpadkov (Half of ton..., 2009).

Kompostiranje in recikliranje komunalnih odpadkov skupaj je v Nemčiji leta 2007 predstavljalo 64 %, v Belgiji 62 %, na Nizozemskem 60 % in v Avstriji 59 %. Delež komunalnih odpadkov, ki se je kompostiral, je znašal za Avstrijo (38 %), Italijo (33 %),

Luksemburg in Nizozemsko skupaj (28%). Države, ki kompostiranja ne izvajajo so Bolgarija, Ciper in Romunija (Half of..., 2009).

Preglednica 3.1: Komunalni odpadki leta 2007 v državah članicah EU (Half of ton..., 2009)

	Nastali komunalni odpadki, (kg/prebivalca)	Obdelani komunalni odpadki (%):					
		odloženi (%)	odloženi (kg/preb.)	sežgani (%)	sežgani (kg/preb.)	reciklirani (%)	kompostirani (%)
Danska	801	5	40	53	425	24	17
Irska	786	64	503	0	0	34	2
Ciper	754	87	656	0	0	13	0
Luksemburg	694	25	174	47	326	0	28
Malta	652	93	606	0	0	2	5
Nizozemska	630	3	19	38	239	32	28
Avstrija	597	13	78	28	167	21	38
Španija	588	60	353	10	59	13	17
Velika Britanija	572	57	326	9	51	22	12
Nemčija	564	1	6	35	197	46	18
Italija	550	46	253	11	61	11	33
Francija	541	34	184	36	195	16	14
Estonija	536	64	343	0	0	34	2
EU27	522	42	219	20	104	22	17
Švedska	518	4	21	47	243	37	12
Finska	507	53	269	12	61	26	10
Belgija	492	4	20	34	167	39	23
Portugalska	472	63	297	19	90	8	10
Bolgarija	468	100	468	0	0	0	0
Madžarska	456	77	351	9	41	13	1
Grčija	448	84	376	0	0	14	2
Slovenija	441	66	291	0	0	34*	-
Litva	400	96	384	0	0	2	2
Romunija	379	99	375	0	0	1	0
Latvija	377	86	324	0	0	13	1
Poljska	322	90	290	0	0	6	4
Slovaška	309	82	253	11	34	2	5
Češka Republika	294	84	247	13	38	2	1



Slika 3.1: Količina nastalih in odloženih komunalnih odpadkov v Evropi leta 2007 (Half of ton..., 2009)

Čeprav je na Danskem in Nizozemskem leta 2007 nastala največja količina komunalnih odpadkov na prebivalca, se jih je od tega odložilo le od 3 do 5 %. Pri tem izstopa Nemčija, ki je leta 2007 odložila le 1% nastalih komunalnih odpadkov in reciklirala 46 % nastalih komunalnih odpadkov.

Danska dosega omenjen delež odlaganja tako, da sežge kar 53 % nastalih KO na prebivalca. Visok delež sežiga imajo še Švedska (47 %), Luksemburg, Nemčija in Belgija. Nemčija in Belgija imata za razliko od drugih razvitejših držav večji delež odpadkov namenjenih za reciklažo, in ne toliko za sežig.

V zadnjih desetih letih se mehansko-biološka obdelava v EU uporablja kot predobdelava za izpolnjevanje meril za sprejem na odlagališče ali za povečanje kalorične vrednosti odpadkov

namenjenih za sežiganje (Zelena knjiga..., 2008). V Nemčiji, Avstriji, Franciji in Španiji se kapaciteta obratov za MBO giblje med 30. ÷ 300.000 ton PMKO/leto (Pilz, 2007).

### **3.1.1 Avstrija**

Vsi obrati v Avstriji imajo aerobno tehnologijo MBO. Zaradi novih alternativnih metod obdelave blat iz ČN in zaradi negativnih posledic povečanega vnosa dušika v proces gnitja, se je količina dovedenega blata iz ČN na objekte za MBO iz leta 2003 znižala iz 14% na 6%. V obdobju od leta 2003 do 2005 se je v Avstriji močno povečala količina produktov MBO z veliko kurilno vrednostjo, ki so bili dani v toplotno obdelavo. V primerjavi s produkti MBO namenjeni za toplotno obdelavo ter s produkti namenjeni za odlaganje, predstavljajo produkti namenjeni za reciklažo zelo majhen delež. V celotni količini produktov nastalih pri MBO, predstavlja kompost le 0,3%. Z optimizacijo aerobnega razkroja pa se je povečalo zmanjšanje mase odpadkov zaradi gnitja iz 13% v letu 2003 na 23% v letu 2005 (Neubauer, 2007).

### **3.1.2 Nemčija**

V Nemčiji se letno obdela več kot 7 milijonov ton preostanka odpadkov v obratih za MBO, v obratih z MBO in biološkim sušenjem, v obratih z mehansko-fizikalnim sušenjem ali v obratih z mehansko obdelavo odpadkov. Obrati z visoko stopenjsko tehnologijo MBO so začeli obratovati leta 1997. Leta 2001 pa vse do leta 2005 so morali rekonstruirati 45 obratov za MBO, da so ti lahko izpolnjevali zahteve nemškega zakona o emisijah (Kuehle-Weidemeier, 2007).

V nemških obratih za MBO se izloči premalo materiala, ki bi bil primeren za reciklažo. Tako gre večji del vhodnih količin odpadkov po končani MBO v energetska izrabo, nekaj od obdelanih odpadkov pa se odloži na odlagališču.

Na podlagi izkušenj je bilo ugotovljeno, da le obrati MBO z anaerobnimi procesi proizvedejo dovolj energije, s katero lahko pokrijejo potrebe za delovanje obrata. Ostali obrati pa rabijo dodatno energijo za obratovanje (Kuehle-Weidemeier, Joffre, 2009).

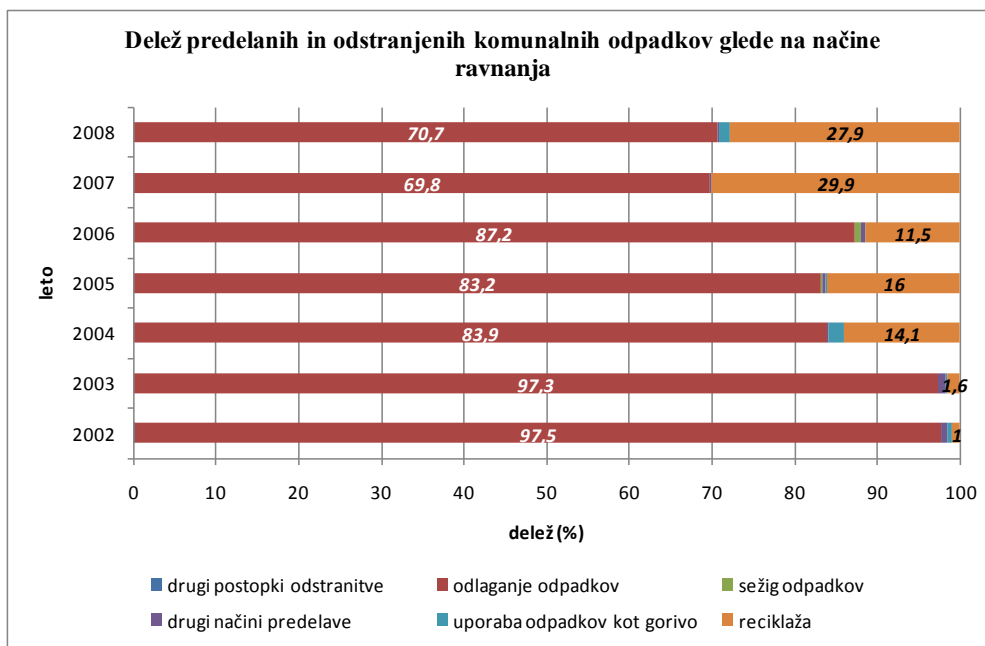
### 3.2 Slovenija

Zaradi slabega ločenega zbiranja na izvoru, pomanjkljive infrastrukture za obdelavo komunalnih odpadkov in nepopolnega povezovanja v regijske centre, Slovenija ne dosega zadovoljivih rezultatov (Tavčar, 2008). Delež odloženih BIOO v komunalnih odpadkih, zbranih v Sloveniji z javnim odvozom od leta 2003 do 2006, se ni bistveno spremenil in znaša skoraj 50 %.

Po podatkih Agencije RS za okolje se v Sloveniji predela zelo majhen delež zbranih komunalnih odpadkov. V letih 2002 in 2003 se je odložilo okoli 97 % zbranih komunalnih odpadkov, nato pa je ta delež z leti začel upadati in tako leta 2008 znašal slabih 71 %. Pričakovano s tem se je po letu 2006 zviševal delež komunalnih odpadkov, ki gredo v reciklažo. Leta 2008 se je v Sloveniji recikliralo 28 % zbranih komunalnih odpadkov.

Preglednica 3.2: Delež predelanih in odstranjenih komunalnih odpadkov glede na načine ravnanja (ARSO, 2009)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
drugi postopki odstranitve	0,2	0	0	0	0	0	0
odlaganje odpadkov	97,5	97,3	83,9	83,2	87,2	69,8	70,7
sežig odpadkov	0	0	0	0,1	0,8	0	0
drugi načini predelave	0,7	0,9	0,2	0,4	0,5	0,2	0,2
uporaba odpadkov kot gorivo	0,6	0,2	1,8	0,3	0	0	1,2
reciklaža	1	1,6	14,1	16	11,5	29,9	27,9



Slika 3.2: Delež predelanih in odstranjenih komunalnih odpadkov glede na načine ravnanja (ARSO, 2009)

V Sloveniji se količina nastalih komunalnih odpadkov na prebivalca iz leta v leto zvišuje, količina odloženih odpadkov na prebivalca pa se zmanjšuje od leta 2006, vendar še vedno presega povprečje 27-ih držav članic EU (SURS, 2009). Leta 2008 je v Sloveniji vsak prebivalec proizvedel 453 kg komunalnih odpadkov. Od tega se je kar 336 kg odložilo na odlagališča, do leta 2013 pa je cilj odložiti samo še 150 kg odpadkov na prebivalca (Tavčar, 2008).

Preglednica 3.3: Količina nastalih in odloženih komunalnih odpadkov na prebivalca v Sloveniji od leta 2003 do leta 2008 (SURS, 2009)

LETO		2003	2004	2005	2006	2007	2008
nastali komunalni odpadki	<i>t</i>	834.000	832.827	844.949	865.620	885.595	922.830
	<i>kg/prebivalca</i>	418	417	422	431	439	453
odloženi komunalni odpadki na odlagališčih za nenevarne odp.	<i>t</i>	693.526	711.909	752.546	840.338	811.674	822.722
	<i>kg/prebivalca</i>	347	313	329	361	341	336

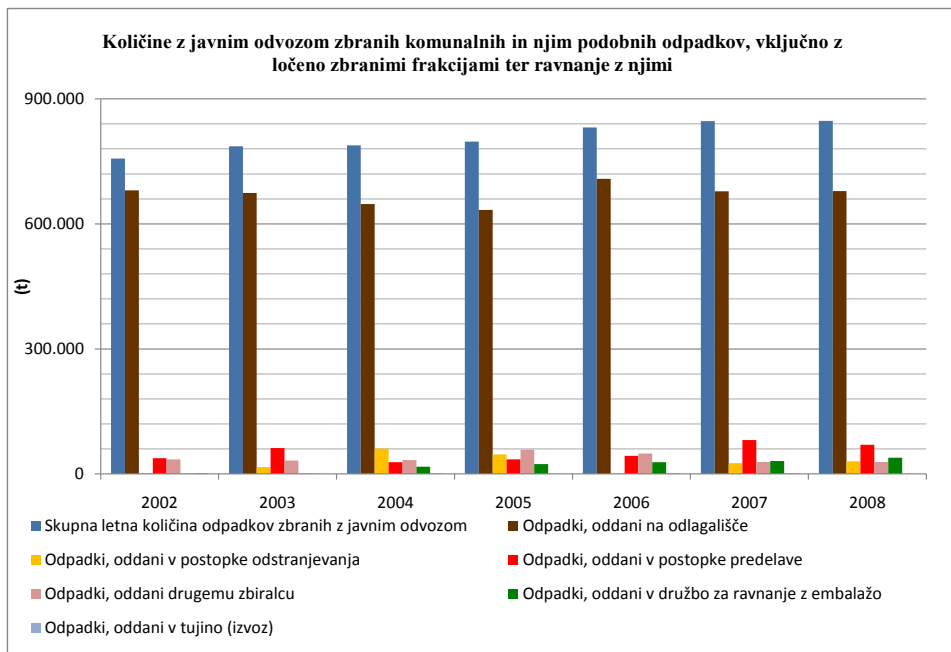


S petim okoljskim akcijskim programom je bil postavljen cilj, da je treba na ravni EU do leta 2000 stabilizirati nastajanje komunalnih odpadkov, in sicer na 300 kg/prebivalca na leto. Cilj se je izkazal za težko dosegljiv, saj je že leta 2004 znašala povprečna količina na ravni EU-25 več kot 500 kg/prebivalca na leto. V Evropski uniji se v zadnjem času zraven učinkovitega zbiranja in ločevanja komunalnih odpadkov, glede na hierarhijo ravnanja z odpadki vedno bolj poudarja preprečevanje nastajanja odpadkov. Žal smo v Sloveniji glede tega šele v začetni fazi (Šarc, Polanec, 2009).

V Sloveniji se je leta 2008 odložilo 80 % zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov. Ta delež upada od leta 2006. Leta 2004 je bil zabeležen najnižji delež predelave omenjenih odpadkov. Po tem letu se je delež začel postopoma zviševati in leta 2007 dosegel najvišjo vrednost, nato pa je leta 2008 za malenkost upadel. Z leti se zvišuje delež odpadkov, ki se oddajo družbi za ravnanje embalažo, hkrati pa zadnja leta narašča tudi delež odpadkov, ki se oddajo v postopke odstranjevanja (SURS).

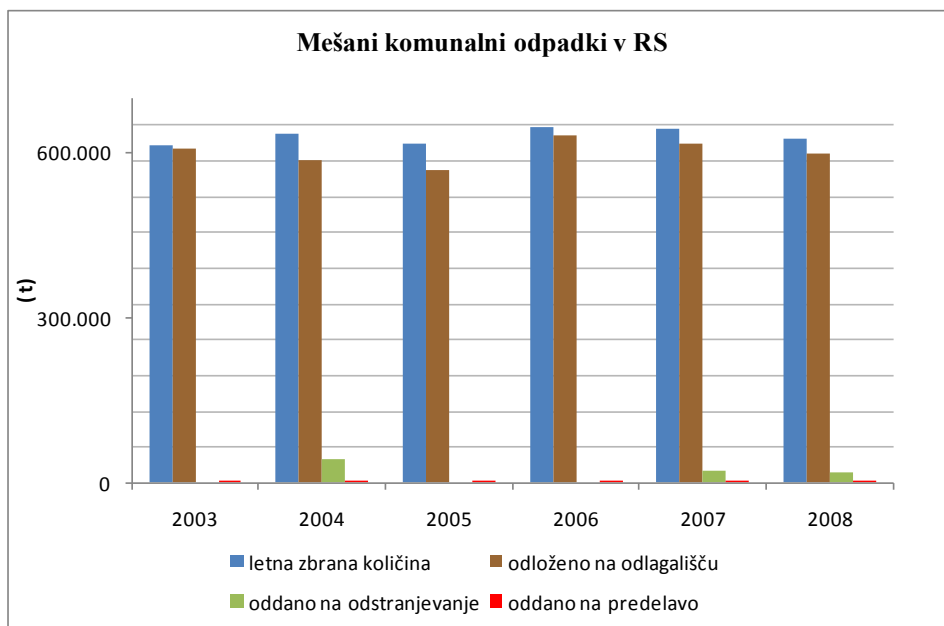
Preglednica 3.4: Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločeno zbranimi frakcijami ter ravnanje z njimi (SURS, 2008)

	Skupna letna količina odpadkov zbranih z javnim odvozom	Odpadki, oddani na odlagališče	Odpadki, oddani v postopke odstranjevanja	Odpadki, oddani v postopke predelave	Odpadki, oddani drugemu zbiralcu	Odpadki, oddani v družbo za ravnanje z embalažo	Odpadki, oddani v tujino (izvoz)
	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
2002	756846	680508	1452	37752	34715	103	2317
2003	785952	674440	16096	62251	31944	500	720
2004	788601	647713	60887	27960	33534	17660	847
2005	797721	633449	46785	35096	58273	23744	374
2006	831578	707987	913	43467	49305	28260	1646
2007	846892	678336	26066	81364	28623	30738	1764
2008	847451	678844	30330	70102	28754	39087	335



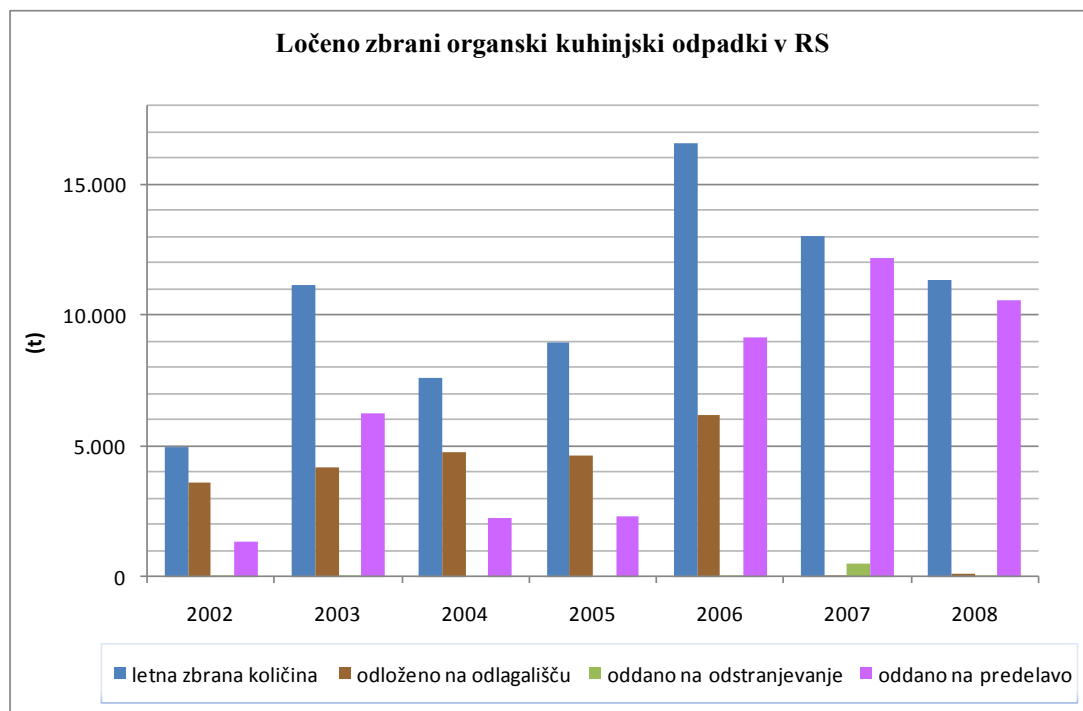
Slika 3.3: Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločeno zbranimi frakcijami ter ravnanje z njimi (SURs, 2008)

V Sloveniji je bilo leta 2008 na odlagališče za nenevarne odpadke odloženih 96 % od skupno zbranih mešanih komunalnih odpadkov, kar ni v skladu z evropsko direktivo, ki daje prednost predelavi in ne odlaganju. Predelalo se je le 0.2 % mešanih komunalnih odpadkov. K zvišanju tega deleža v prihodnosti bo prispevala uvedba MBO odpadkov v regionalnih centrih po Sloveniji.



Slika 3.4: Količine mešanih komunalnih odpadkov v Sloveniji po letih (SURS, 2008)

Pozitiven obrat je opaziti pri ločenem zbiranju organskih kuhinjskih odpadkov. Če se je leta 2006 odložilo na odlagališča 37 % ločeno zbranih organskih kuhinjskih odpadkov, se jih je leta 2008 odložilo le še 0,6 % od skupno ločeno zbrane količine organskih odpadkov. Delež ločeno zbranih organskih odpadkov, ki gredo v predelavo, se je od leta 2006 do leta 2008 povečal za skoraj 40% in je v letu 2008 znašal 93 %. Ti dosežki so nastali na podlagi leta 2007 sprejete Uredbe o spremembah in dopolnitvah Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih.



Slika 3.5: Količine ločeno zbranih organskih kuhinjskih odpadkov v Sloveniji po letih (SURS, 2008)

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov poudarja, da mora biti v Sloveniji v prihodnje glavna usmeritev ravnanja z odpadki ločeno zbiranje odpadkov na izvoru in učinkovita obdelava (mehanska, biološka, termična) preostanka odpadkov po ločenem zbiranju (2008).

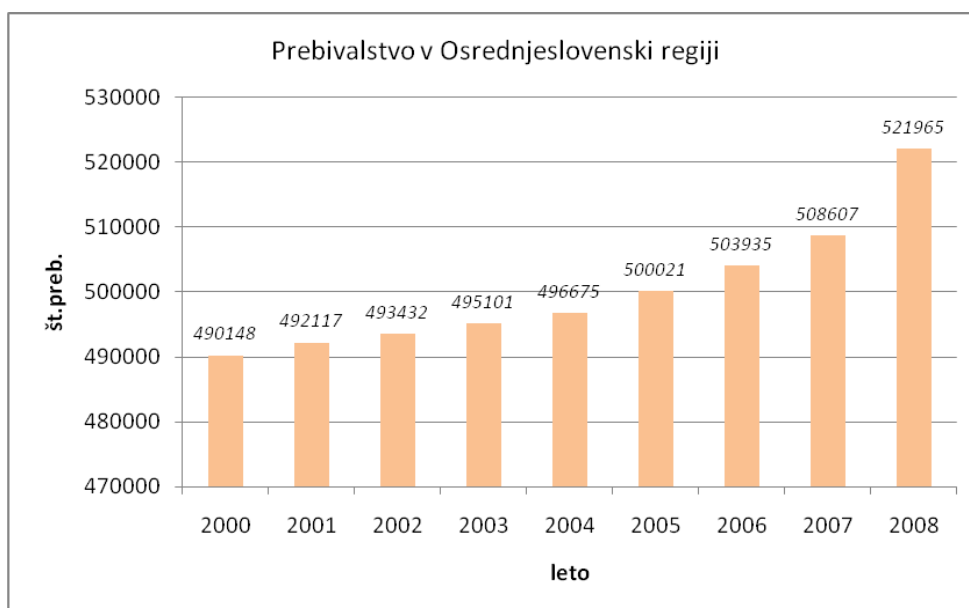
V nekaterih članicah EU (Nemčija, Avstrija, Francija, Španija, Italija, ...) je MBO komunalnih odpadkov že uveljavljena, v Sloveniji pa se šele uveljavlja (Ojsteršek, Samec, Grilc, 2006). Edini regijski center za ravnanje z odpadki, na katerem od jeseni leta 2008 že poskusno obratuje objekt za MBO, je Center za ravnanje z odpadki Celje. V ostalih slovenskih regijah pa so taki objekti še v fazi načrtovanja. Skupno vsem je, da nameravajo MBO nadgraditi še z energetsko izrabo lahke frakcije in anaerobno izrabo BIOO frakcije.

### 3.3 Osrednjeslovenska regija

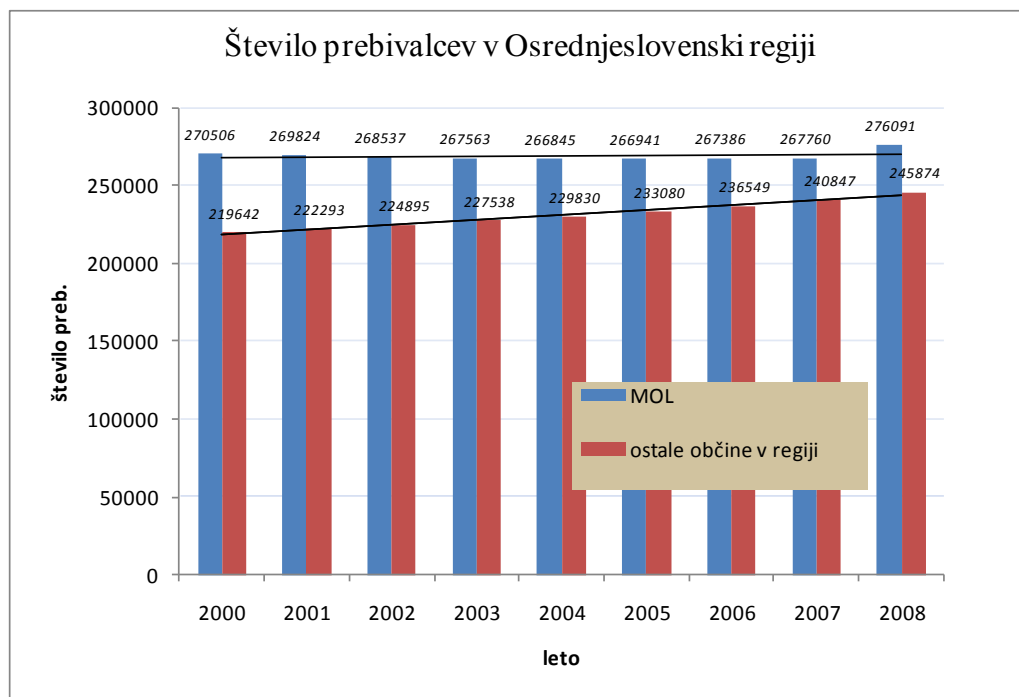
Slovenija se deli na 12 statističnih regij, med katerimi je Osrednjeslovenska regija po številu in gostoti prebivalcev največja. Občine, ki sestavljajo Osrednjeslovensko regijo so: Borovnica, Brezovica, Dobrepolje, Dobrova - Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Domžale, Grosuplje, Horjul, Ig, Ivančna Gorica, Kamnik, Komenda, Litija, Ljubljana, Log – Dragomer, Logatec, Lukovica, Medvode, Mengeš, Moravče, Škofljica, Šmartno pri Litiji, Trzin, Velike Lašče, Vodice in Vrhnika (SURS, 2009).

#### 3.3.1 Demografija

Število prebivalcev osrednjeslovenske regije z leti postopoma narašča. Večinoma zaradi priseljevanja, pa tudi zaradi pozitivnega naravnega prirasta v zadnjih letih (Slovenske regije v..., 2009).

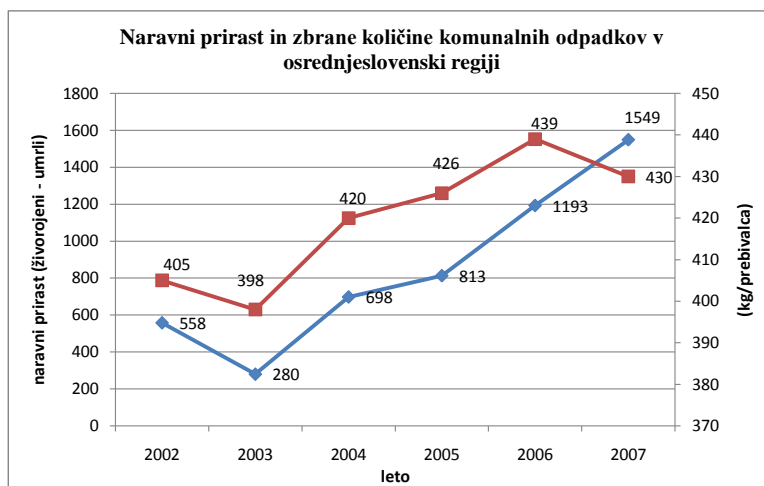


Slika 3.6: Prebivalstvo v osrednjeslovenski regiji (SURS, 2009)



Slika 3.7: Število prebivalcev v MOL in ostalih občinah regije skupaj (SURS, 2009)

Hiter rast prebivalstva je bil zabeležen od leta 2006 naprej, na račun hitrejšega naraščanja prebivalstva v ostalih občinah regije in ne toliko na račun naraščanja prebivalcev v Mestni občini Ljubljana.



Slika 3.8: Naravni prirast in zbrane količine komunalnih odpadkov v osrednjeslovenski regiji (SURS, 2009)

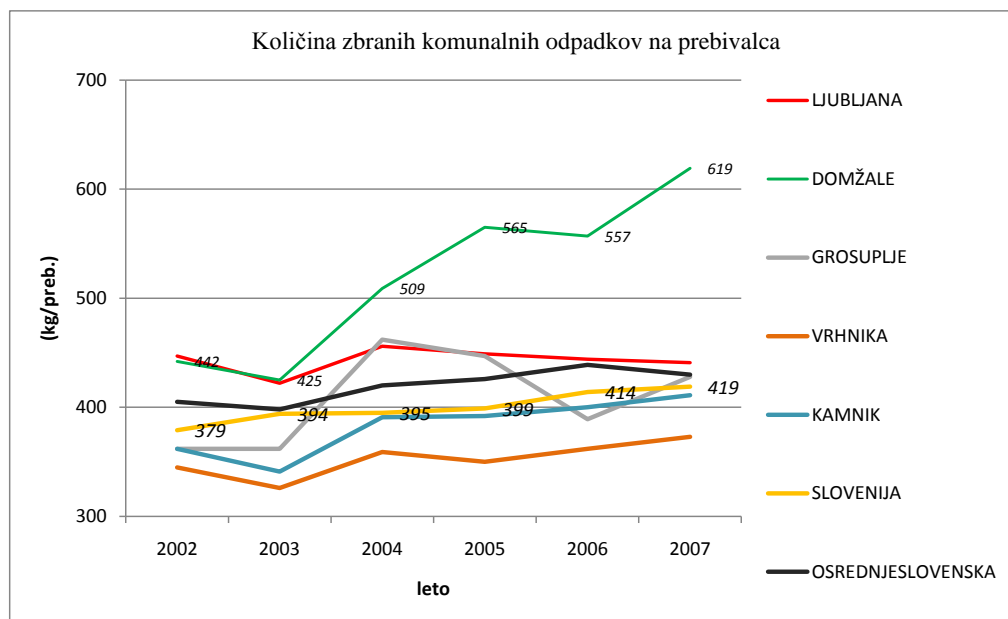
Gledano v celoti se je naravni prirast v Osrednjeslovenski regiji od leta 2000 zniževal in dosegel dno leta 2003. Po tem letu pa se je, predvsem zadnja tri leta, začela njegova vrednost pospešeno zviševati.

Po zgoraj zbranih podatkih iz Statističnega urada RS menim, da se bo število prebivalcev v Osrednjeslovenski regiji v prihodnosti počasi zviševalo ali pa stagniralo. Menim, da bo priseljevanje ljudi iz tujine v prihodnjih letih, torej dokler bo trajala recesija, nižje. Priseljevanje v Osrednjeslovensko regijo iz ostalih regij pa je odvisno od števila delovnih mest, ki jih ta regija nudi. Priseljevanje se bo tako v prihodnjih letih zviševalo bolj na račun dijakov, ki pridejo študirat v Mestno občino Ljubljana. Z odprtjem novih univerz drugod po Sloveniji, pa se lahko tudi priseljevanje te skupine ljudi v omenjeno regijo v prihodnjih desetletjih zmanjša.

Zaradi neugodnih razmer na trgu zaposlovanja, ki so posledica recesije, sem mnenja da bo nataliteta v vseh regijah Slovenije nekoliko upadla v primerjavi z letom 2008 in se bo morda naravni prirast vrnil na vrednost izpred 5-ih let. Osnovo za dvig natalitete v neki regiji predstavljajo nova delovna mesta, oziroma zaposlitev za nedoločen čas, možnost pridobitve stanovanja ter zadostne kapacitete v vzgojno-izobraževalnih ustanovah.

### ***3.3.2 Vpliv naravnega prirasta na količino odpadkov***

Glede na to, da se je zadnjih šest let naravni prirast najbolj zviševal v občinah Domžale, Grosuplje, Vrhnika, Kamnik in zadnja štiri leta tudi v Ljubljani, me je zanimalo ali so se v omenjenih občinah istočasno z enakim tempom povečevale tudi količine zbranih komunalnih odpadkov na prebivalca.



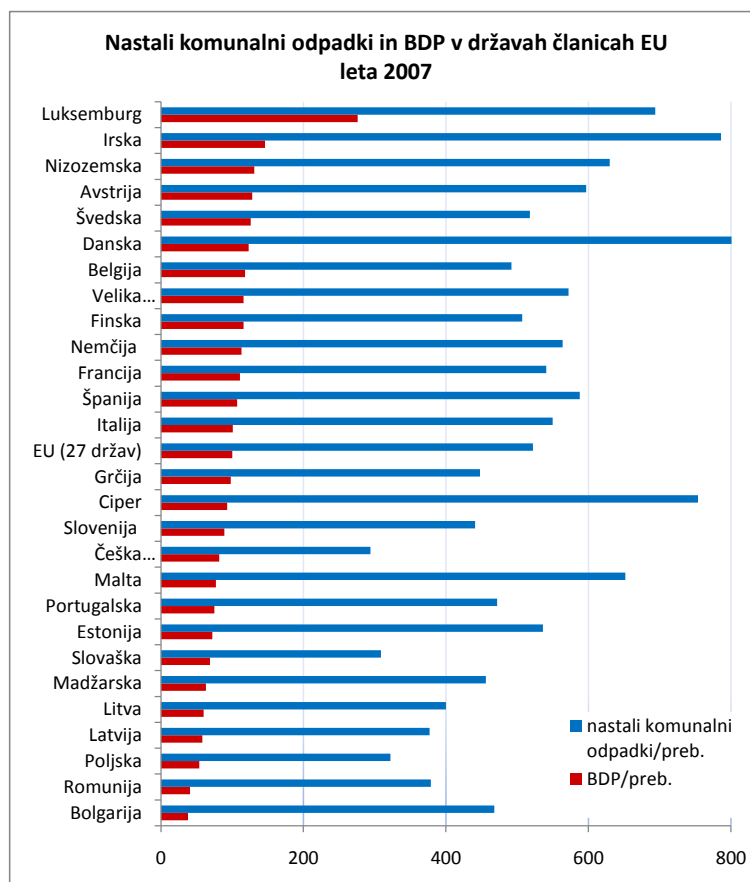
Slika 3.9: Količina zbranih komunalnih odpadkov na prebivalca (SURS, 2009)

Iz grafa je razvidno, da je tak trend v zadnjem petletnem obdobju bil izrazit v občini Domžale. Količine zbranih odpadkov na prebivalca v letu 2007 pa so za skoraj 50 % presegle količine, ki veljajo za celotno Slovenijo. Vzroki za to so lahko različni. Eden od dejavnikov, ki na to vpliva je po mojem mnenju ta, da je veliko občanov te občine uspešnih podjetnikov, katerih kupna moč je večja od ostalih občanov regije, hkrati pa gre za leto z največjo gospodarsko rastjo. Glede na to, da je delež privatnih podjetij v omenjeni občini večji kot v ostalih, so tako tudi nastale količine mešanih komunalnih odpadkov iz proizvodnih in storitvenih dejavnosti večje kot v ostalih občinah.

Količine zbranih komunalnih odpadkov so sledile rasti naravnega prirasta tudi v občinah Kamnik in Vrhnika. Zanimivo je, da je količina zbranih komunalnih odpadkov na prebivalca v Mestni občini Ljubljana od leta 2004 zmerno upadala, čeprav se je naravni prirast zviševal in presegel naravni prirast občine Domžale. Iz tega zaključujem, da večji naravni prirast pomeni tudi naraščanje količin odpadkov na prebivalca.



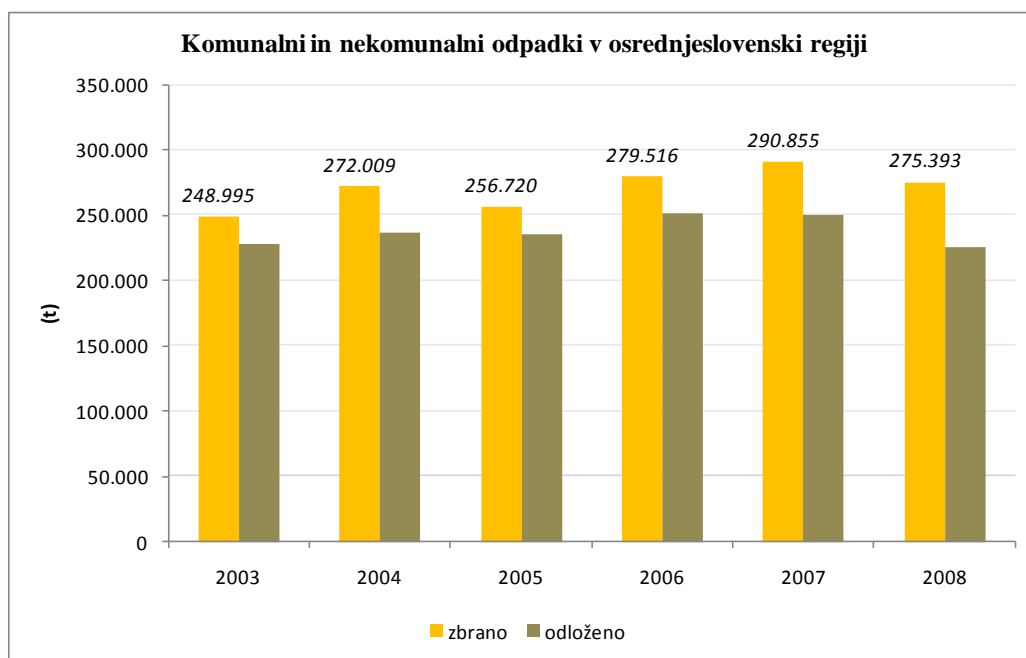
### 3.3.3 Vpliv bruto domačega proizvoda na prebivalca na količine odpadkov



Slika 3.10: Bruto domači proizvod (BDP) na prebivalca v korelaciji z nastalimi komunalnimi odpadki po prebivalcu v Evropi (EUROSTAT; SURS, 2009)

BDP v standardih kupne moči na prebivalca je bil v Sloveniji skozi leta pod evropskim povprečjem. V državah, ki imajo visok BDP v SKM na prebivalca, tudi nastane največ komunalnih odpadkov na prebivalca. Vendar ta ugotovitev ne velja za nekatere države (Švedsko, Belgijo in Finsko), kjer je kljub visokemu BDP v SKM v letu 2007, delež nastalih odpadkov v istem letu bil pod evropskim povprečjem. Omenjene tri države se tako približujejo cilju evropske okoljske zakonodaje, ki zagovarja trajnostni razvoj, s katerim se ohranjajo naravni viri (Repotočnik, 2009).

### 3.3.4 Količine odpadkov v Osrednjeslovenski regiji



Slika 3.11: Komunalni in nekomunalni odpadki v osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009)

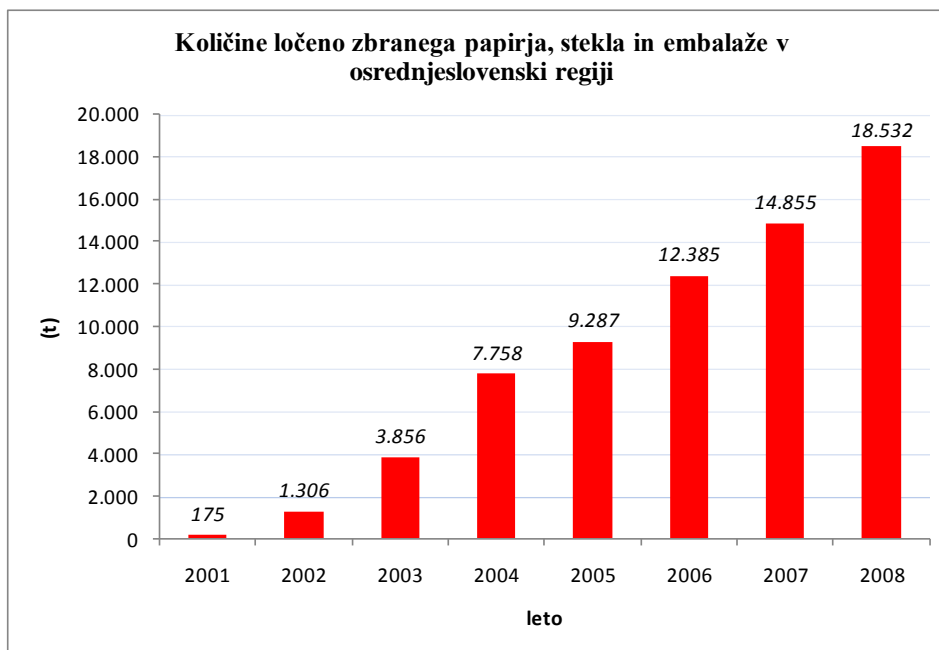
Zgornji graf je nastal na podlagi podatkov o količinah komunalnih in nekomunalnih odpadkov, ki so mi jih posredovala komunalna podjetja zadolžena za zbiranje in prevoz odpadkov v osrednjeslovenski regiji, nekatere podatke pa sem dobila na spletnih straneh Statističnega urada RS. Za leto 2000 in 2001 nisem imela na voljo dovolj podatkov. Zbrane in odložene količine odpadkov po posameznih občinah Osrednjeslovenske regije so navedene v Prilogi C. Dodatno pa so različne vrste odpadkov iz posameznih občin nazorneje prikazane v prilogi D.

Podatki o količinah nekomunalnih odpadkov so bili na voljo predvsem za tiste občine družbenice in nedružbenice, ki so skozi leta odlagale svoje odpadke na deponijo Barje. Za ostale občine iz Osrednjeslovenske regije, pa so mi komunalna podjetja za nekomunalne odpadke posredovala le količine o odloženih avtomobilskih gumah in muljih iz peskolovov in ČN ali pa samo količine komunalnih odpadkov kot je to v primeru občin Litija in Šmartno pri Litiji.

Iz priloge C je razvidno, kolikšen delež predstavljajo ločeno zbrane frakcije komunalnih odpadkov in ločeno zbrani BIO odpadki glede na zbrane količine komunalnih odpadkov v posameznih letih. Delež ločeno zbranih frakcij KO se z leti zvišuje in je leta 2008 predstavljal 8 % vseh zbranih komunalnih odpadkov. Vendar delež še zdaleč ne dosega vrednosti 50 %, ki jo morajo do leta 2020 doseči države članice kot jim to nalaga novela direktive o ravnanju z odpadki.

V 8-letnem opazovanem obdobju se je v osrednjeslovenski regiji do leta 2006 odlagalo okoli 90 % zbranih komunalnih in nekomunalnih odpadkov, zadnja tri leta pa se ta delež znižuje in je za leto 2008 znašal 82 %. V primerjavi z razvitejšimi državami članicami EU je ta delež še vedno previsok.

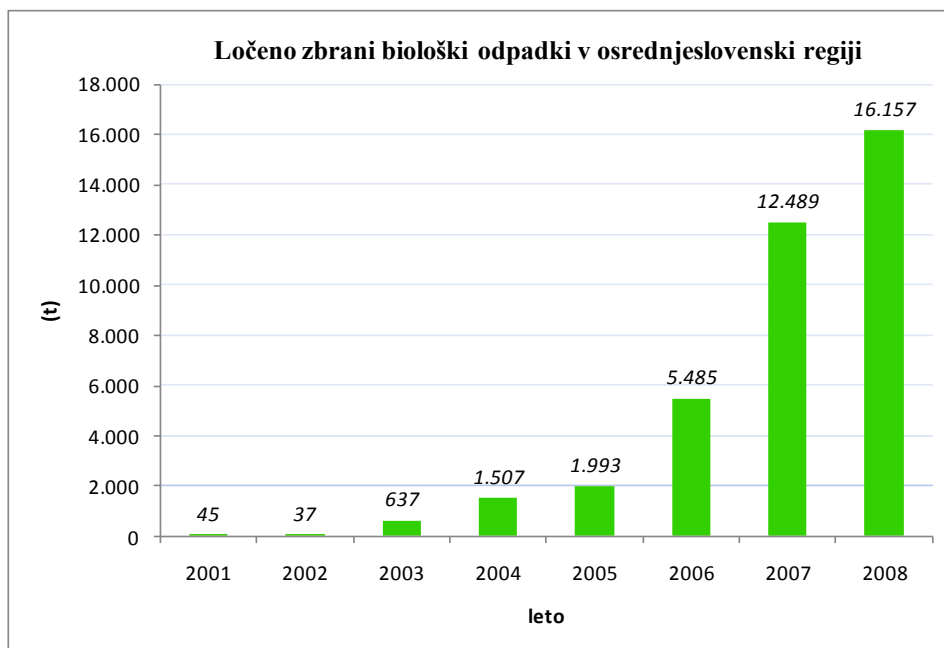
Povsod v Sloveniji občinska komunalna podjetja občanom nudijo možnost ločenega zbiranja odpadkov s postavitvijo zbiralnic oziroma ekoloških otokov, ponekod pa tudi z odprtjem novih zbirnih centrov. V Ljubljani sta od načrtovanih pet zgrajena dva zbirna centra. Povsem verjetno je, da se bo v prihodnosti delež ločeno zbranih odpadkov povečeval, saj bo do leta 2013 oz. 2016 to edini način za zmanjševanje odloženih količin odpadkov. Do takrat naj bi bilo v Sloveniji zgrajenih petnajst regijskih centrov za ravnanje z odpadki, ki bodo poleg sortiranja izvajala še mehansko-biološko obdelavo odpadkov. Nekateri občani (Domžale, Trzin, Mengeš) zaradi zaprtja občinskih deponij že letos plačujejo visoke prispevke za odlaganje svojih odpadkov v drugih občinah ali celo v drugih regijah. Tem je leta 2009 poteklo okoljevarstveno dovoljenje ali pa so njihove kapacitete zapolnjene. Morda bo to pri občanih vzbudilo večji interes za dosledno in vestno ločevanje odpadkov, saj manj ko se bo odpadkov odložilo, manjši bodo tudi stroški odlaganja in nižja bo okoljska dajatev.



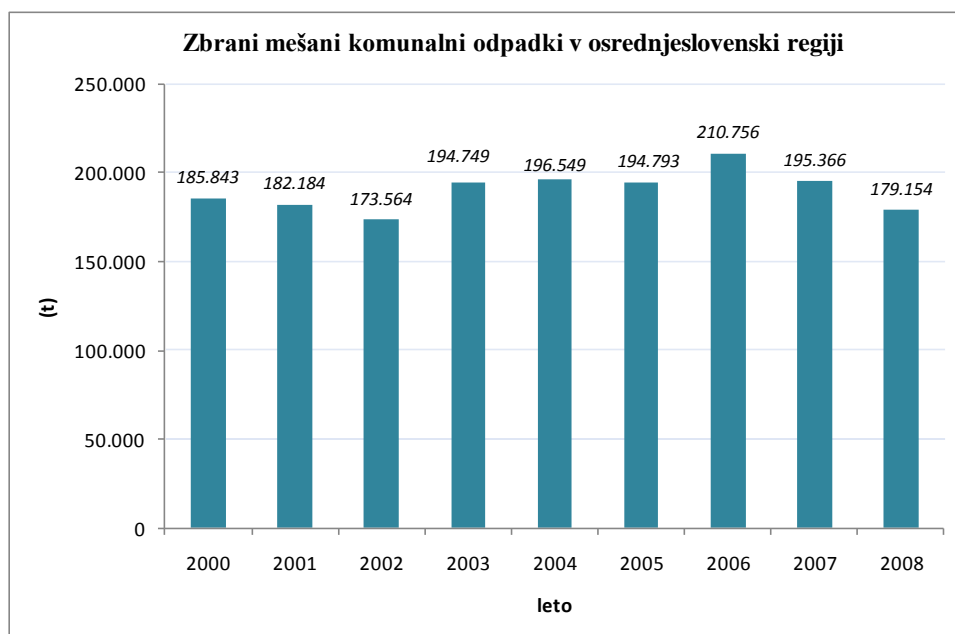
Slika 3.12: Količine ločeno zbranega papirja, stekla in embalaže v Osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009)

V osrednjeslovenski regiji se delež ločeno zbranih frakcij kot so papir, steklo in embalaža opazno povečuje in na račun tega se zadnja leta niža delež odloženih komunalnih odpadkov na odlagališča. Od ločeno zbranih odpadkov predstavlja papir največji delež. V komunalnem podjetju Snaga d.o.o. opažajo, da vse več enodružinskih hiš zamenjuje velikost svojih zabojnikov z zabojnikom manjše prostornine, saj je odvoz odpadkov tako cenejši, hkrati pa so tako primorani izločiti večji delež snovno in energetske uporabnih odpadkov.

Ločeno zbiranje bioloških odpadkov se v nekaterih občinah ne izvaja (Litija, Šmartno pri Litiji), medtem ko se v ostalih ali šele uveljavlja (Domžale, Trzin, Mengeš, Logatec) ali pa je že nekaj let prisotno (Ljubljana, Vrhnika). V Mestni občini Ljubljana se ta frakcija komunalnih odpadkov zbira od leta 2006 in poleg ostalih ločeno zbranih odpadkov niža delež odloženih odpadkov. Pri zbiranju te frakcije odpadkov v osrednjeslovenski regiji je opaziti velik napredek, ki je rezultat večje ozaveščenosti občanov in povečanja števila postavljenih zabojnikov za ločeno zbiranje odpadkov. Ločeno zbrani BIOO se, dokler na odlagališču Barje ni zgrajena kompostarna, sežigajo v podjetju Koto. V tujini se ločeno zbrani BIO odpadki kompostirajo ali pa dodajajo k MKO v procesu MBO (Letno poročilo..., 2008).



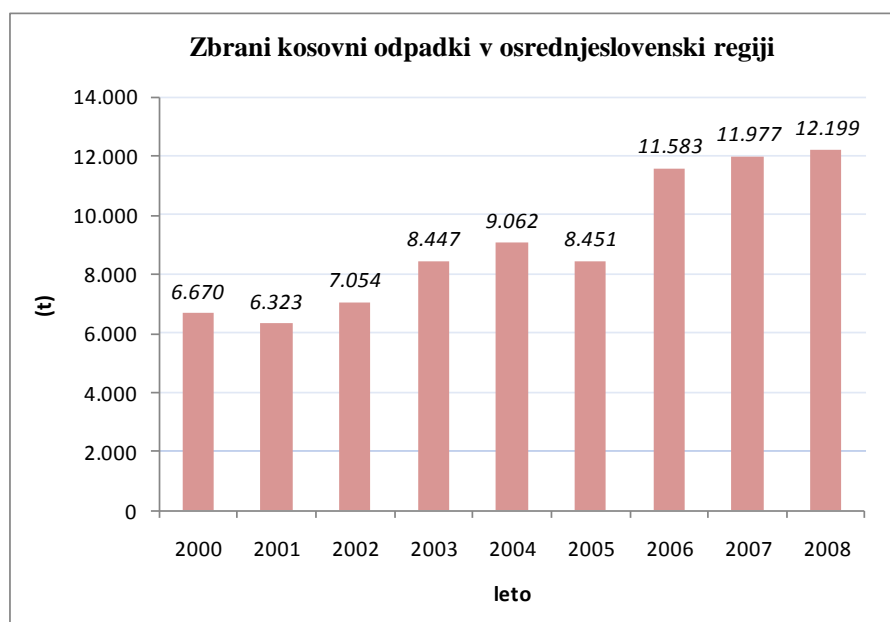
Slika 3.13: Ločeno zbrani biološki odpadki v osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009)



Slika 3.14: Zbrani mešani komunalni odpadki v osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009)

Količina zbranih mešanih komunalnih odpadkov v Osrednjeslovenski regiji se zadnja tri leta zmanjšuje ravno na račun večje količine ločeno zbranih frakcij komunalnih odpadkov. Količina MKO je pomembna za dimenzioniranje objekta za mehansko-biološko obdelavo, saj so ti tisti, ki gredo v proces MBO. S tako obdelavo se zmanjša njihova prostornina in negativni učinki na okolje. Kapaciteta 179.154 ton MKO, ki je znašala v letu 2008 za osrednjeslovensko regijo, se bo z leti verjetno še nižala. To je odvisno od tega, kako uspešni oziroma dosledni bodo občani pri ločenem zbiranju komunalnih odpadkov. Seveda pa je skupna količina odvisna tudi od selitvenega in naravnega prirasta regije ter kupne moči prebivalstva.

V regiji se je v zadnjih treh letih povečala tudi količina zbranih kosovnih odpadkov na račun čiščenja divjih odlagališč na območju krajinskega parka Barje in drugod po regiji. Kosovni odpadki se na deponijah razstavijo na dele uporabne za predelavo, ostali nekoristni del pa se odloži (Letno poročilo..., 2008).



Slika 3.15: Zbrani kosovni odpadki v Osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009)

### 3.3.5 Teoretično možen izplen snovno uporabnih sestavin gospodinjskih odpadkov

Na podlagi sortirne analize preostanka mešanih gospodinjskih odpadkov (PMGO) in preostanka mešanih komunalnih odpadkov iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti (POSD), ki jo je leta 2008 izvedel Kemijski inštitut, je bilo ugotovljeno, da BIO odpadki na območju Ljubljanske regije predstavljajo:

- 37,8 % mase PMGO in
- 23,7 % mase POSD.

Papir, steklo in plastična embalaža pa predstavljajo:

- 39,2 % mase PMGO in
- 45,7 % mase POSD (Snagec, 2009).

Preglednica 3.5: Glavne sestavine odpadkov PMGO na območju Ljubljane (Snagec, 2009, str. 5)

Glavna sestavina	Odloženi odpadki PMGO Ljubljane skupaj 2007			
	Masa		Prostornina	
	(t)	delež (%)	(m <sup>3</sup> )	delež (%)
1. Papir	10.155	9,40	102.234	9,29
2. Karton, lepenka	7.350	6,80	173.253	15,75
3. Plastika	16.737	15,49	454.976	41,35
4. Tekstil	3.566	3,30	34.853	3,17
5. Mineralne sestavine nad 40 mm	1980	1,83	4.564	0,41
6. Steklo	5.050	4,67	15.900	1,45
7. Kovine	3.058	2,83	32.713	2,97
8. Organske biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo	40.848	37,81	176.509	16,04
9. Nevarne sestavine	143	0,13	457	0,04
10. Ostalo oziroma mešanica sestavin	19.144	17,72	104.738	9,52
Skupaj	108.032	100,00	1.100.198	100

Preglednica 3.6: Glavne sestavine odpadkov POSD na območju Ljubljane (Snagec, 2009, str. 5)

Glavna sestavina	Prevzeti odpadki POSD Ljubljane skupaj 2007			
	Masa		Prostornina	
	(t)	delež (%)	(m <sup>3</sup> )	delež (%)
1. Papir	3.413,9	14,49	43.851	13,40
2. Karton, lepenka	2.093,9	8,89	57.843	17,68
3. Plastika	4.084,7	17,34	135.628	41,45
4. Tekstil	308,9	1,31	2.765	0,85
5. Mineralne sestavine nad 40 mm	949,5	4,03	1.965	0,60
6. Steklo	684,5	2,91	1.647	0,50
7. Kovine	486,3	2,06	6.723	2,05
8. Organske biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo	5.590,6	23,73	25.925	7,92
9. Nevarne sestavine	0,4	0,002	2	0,001
10. Ostalo oziroma mešanica sestavin	5.945,9	25,24	50.853	15,54
Skupaj	23.558,5	100,00	327.201	100,00

Evidenco o količini PMGO in posebej o količini POSD so vodile le občine družbenice in nedružbenice, ki so pod okriljem Snage d.o.o. ter občina Logatec. Za ostale občine sem iz njihovih celotnih količin MKO izračunala količino PMGO ob predpostavki, da ti predstavljajo 80 % mase celotnih MKO.

Leta 2008 je bilo v občinah družbenicah in nedružbenicah ter v Logatcu skupaj zbranih 114.246 ton PMGO (Priloga E), v ostalih občinah regije pa 32.328 ton PMGO.

Iz celotne mase PMGO, ki je v regiji za leto 2008 znašala 146.574 ton, se ni izločilo:

- $(146.574 \text{ t} * 37,8)/100 = 55.405$  ton iz PMGO neizločenih BIO odpadkov
- $(146.574 \text{ t} * 39,2)/100 = 57.457$  ton iz PMGO neizločenega papirja, stekla in plastične embalaže

Leta 2008 je bilo v osrednjeslovenski regiji zbranih 32.580 ton POSD in iz katerih se ni izločilo:

- $(32.580 \text{ t} * 23,7)/100 = 7.721$  ton iz POSD neizločenih BIO odpadkov
- $(32.580 \text{ t} * 45,7)/100 = 14.889$  ton iz POSD neizločenega papirja, stekla in plastične embalaže



Če bi občani v regiji stoodstotno ločevali MKO, bi komunalna podjetja lahko leta 2008 ločeno zbrala še dodatnih 77,4 % nastalih BIO odpadkov iz PMGO in dodatnih 75,6 % nastalega papirja, stekla in plastične embalaže. Na podlagi tega je po mojih izračunih znašal izplen BIO odpadkov iz PMGO v osrednjeslovenski regiji v letu 2008 le 22,6 % mase potenciala in izplen sekundarnih surovin (papir, steklo, plastična embalaža) 24,4 % mase potenciala. Masa v letu 2008 ločeno zbranega papirja, stekla, plastične embalaže in BIO odpadkov je razvidna iz priloge E.

Iz priloge C je razvidno, da so leta 2008 v osrednjeslovenski regiji ločeno zbrani BIO odpadki predstavljali 7 % zbranih komunalnih odpadkov, ločeno zbrani papir, steklo in plastična embalaža pa 8 % komunalnih odpadkov. Delež ločeno zbranih obeh vrst frakcij se zadnja leta viša za 2 % na leto.

- Delež neizločenih BIO odpadkov iz PMGO v regiji glede na celotno količino nastalih BIO odpadkov v PMGO leta 2008:

$$(55.405 \text{ t} * 100)/(55.405 \text{ t} + 16.157 \text{ t}) = (55.405 \text{ t} * 100)/71.562 \text{ t} = 77,4 \%$$

- Delež neizločenega papirja, stekla in plastične embalaže iz PMGO glede na celotno količino nastalega papirja, stekla in plastične embalaže v PMGO leta 2008:

$$(57.457 \text{ t} * 100)/(57.457 \text{ t} + 18.532 \text{ t}) = (57.457 \text{ t} * 100)/75.989 \text{ t} = 75,6 \%$$

Preglednica 3.7: Masa v letu 2008 neizločenih frakcij PMKO iz osrednjeslovenske regije

Osrednjeslovenska regija		(t)
PMGO	BIO odpadki	55.405
	papir, steklo, plastična embalaža	57.457
POSD	BIO odpadki	7.721
	papir, steklo, plastična embalaža	14.889

Evropska mesta, ki imajo daljšo tradicijo ločenega zbiranja odpadkov, povprečno ločeno zberejo tri četrtine (75 %) papirja, stekla in embalaže ter polovico (50 %) biorazgradljivih odpadkov (Priročnik..., 2009).

Iz preglednice 3.8 je razvidno, da cilj, ki si ga je zastavilo podjetje Snaga do leta 2013, skoraj dosega deleže izplena nekaterih najbolj razvitih mest. Pri tem je le povprečni ciljni delež izplena za papir, steklo in embalažo nižji za 15 %.

Višje deleže izplena frakcij komunalnih odpadkov zahteva v letu 2008 sprejeta evropska direktiva o ravnanju z odpadki. Po določilih te direktive je Slovenija do leta 2020 dolžna zagotoviti recikliranje polovice vseh proizvedenih odpadkov (Priročnik..., 2009).

### 3.3.5.1 Izračun kapacitete obrata za MBO na podlagi realno dosegljive stopnje zajema komponent v ločenem zbiranju

Če bi bili pri ločenem zbiranju odpadkov v osrednjeslovenski regiji tako uspešni, kot nekatera najbolj razvita evropska mesta, bi letno izločili:

- $(71.562 \text{ t} * 50 \%) / 100 \% = 35.781 \text{ ton}$  BIO odpadkov iz PMGO
- $(75.989 \text{ t} * 75 \%) / 100 \% = 56.992 \text{ ton}$  papirja, stekla in plastične embalaže iz PMGO in
- $(7.721 \text{ t} * 50 \%) / 100 \% = 3.861 \text{ ton}$  BIO odpadkov iz POSD
- $(14.889 \text{ t} * 75 \%) / 100 \% = 11.167 \text{ ton}$  papirja, stekla in plastične embalaže iz POSD.

Količina skupnih MKO bi za leto 2008, ob realno dosegljivem izplenu nekaterih razvitejših evropskih mestih, znašala:

$179.154 \text{ t} - (\text{ločeno zbrane uporabne surovine iz PMGO} + \text{ločeno zbrane uporabne surovine iz POSD}) = 179.154 \text{ t} - ((35.781 \text{ t} + 56.992 \text{ t}) + (3.861 \text{ t} + 11.167 \text{ t})) = 71.353 \text{ ton}$

Letna kapaciteta obrata za MBO bi ob takem izplenu uporabnih surovin znašala najmanj 70.000 ton. Če bi imela na voljo podatke o tem, koliko je bilo ločeno zbranih uporabnih surovin na samem izvoru iz POSD, bi bila kapaciteta obrata nižja od zgornjih 71.353 ton.

Glede na to, da se obrati za MBO projektirajo za dobo 15 let, je potrebno predvideti, kakšen bo trend selitvenega in naravnega prirasta v opazovani regiji v bodoče ter kako se bodo posledično gibale količine nastalih odpadkov. Iz grafov v poglavju 3 je razvidno, da se količina MKO v regiji od leta 2006 zmanjšuje na račun bolj uspešnega izločanja frakcij

komunalnih odpadkov na izvoru. Glede na to, da je potrebno do leta 2013 v osrednjeslovenski regiji še povečati količino ločeno zbranih frakcij, se bo količina PMKO zniževala.

V regiji se je število prebivalcev v letu 2008 povečalo za 2,6 % glede na leto 2007, medtem ko je letna rast med leti 2004 in 2007, znašala 0,1 %. Tako visok odstotek je posledica priseljevanja velikega števila tujcev za delo v gradbeništvu in velikega števila rojenih otrok v letu 2008. V prvi polovici leta 2009 je bila v regiji zabeležena 0,8 % rast prebivalstva (SURS, 2009). Menim, da dokler bo nizka gospodarska rast, se bo število prebivalcev v naslednjih letih poviševalo za 1 % na leto.

V Sloveniji se letna količina komunalnih odpadkov na prebivalca zvišuje in je leta 2008 znašala 453 kg. Z razvojem Slovenije in višanjem standarda njenih prebivalcev, se bo ta količina še večala, saj v razvitejših državah kot so Danska, Nizozemska in Nemčija nastane na prebivalca od 500 do 800 kg KO. Ker bo v naslednjih 15-ih letih število prebivalcev v regiji po mojem mnenju naraščalo, se bo delež ločeno zbranih frakcij višal, hkrati pa se bo, zaradi večje količine nastalih odpadkov na prebivalca, višala tudi količina preostanka mešanih komunalnih odpadkov. Na podlagi tega menim, da bi ob izplenu surovin kot ga dosejajo nekatera razvita evropska mesta, znašala kapaciteta obrata za MBO za osrednjeslovensko regijo za naslednjih 15 let okoli 90.000 ton.

### 3.3.5.2 Izračun kapacitete obrata za MBO ob izplenu kot ga določa Program gospodarjenja z odpadki do leta 2013 za MOL

Iz spodnje preglednice je razvidno, da je leta 2007 na ljubljanskem območju znašal izplen snovno potencialno uporabnih sestavin gospodinjskih odpadkov le 17,52 % mase ali 12,41 % prostornine potenciala, medtem ko bi ta teoretično lahko znašal 79,61 % mase ali 87,71 % prostornine (Mele, 2009). Po zahtevah delovnega gradiva Programa gospodarjenja z odpadki do leta 2013 za MOL bodo občani morali zbrati kar 75 % možnega potenciala odpadkov. To pomeni, da bodo morali v prihodnje zbrati dvainpolkrat več papirja, dvakrat več stekla, osemkrat več embalaže in trikrat več bioloških odpadkov (Nemec, 2009). Na osnovi tega sem izračunala deleže, ki so zapisani v zadnjem stolpcu spodnje preglednice in so obvezujoči za ljubljansko območje po letu 2013.

Preglednica 3.8: Izplen ločenih snovno uporabnih sestavin gospodinjskih odpadkov (Mele, 2009, str. 8)

Snovno uporabne sestavine		Izplen v % glede na:		Faktor povišanja izplena	Izplen v % po letu 2013 glede na maso sestavin
		Maso sestavin	Prostornino sestavin		
1.	Ločeni organski, biološko razgradljivi gospodinjski odpadki (OKOG)	16,03	13,72	3	48,1
2.	Ločeni odpadki embalaže, papirja in stekla iz zbiralnic skupaj, od tega:	18,93	12,11		
	2.1 Odpadna embalaža	5,55	7,53	8	44,4
	2.2 Odpadni papir	28,62	20,01	2,5	71,6
	2.3 Odpadno steklo	32,33	28,07	2	64,7
Skupaj vse ločeno zbrane snovno uporabne sestavine (1 do 2)		17,52	12,41		
Teoretično možni izplen snovno uporabnih sestavin		79,61	87,71		

V izračunu za osrednjeslovensko regijo sem za ločeno zbrane BIO odpadke iz gospodinjstev kot tudi iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti prevzela enak delež izplena, ki je začel veljati za ljubljansko območje in znaša 48,1 %. Zaradi pomanjkanja evidence o tem, koliko je bilo v regiji leta 2008 posebej zbranega odpadnega papirja, stekla in embalaže, sem za delež izplena, za vse tri omenjene vrste frakcij skupaj, prevzela povprečje deležev, ki bodo za območje Ljubljane obvezujoči po letu 2013. Izplen, ki sem ga prevzela za ločeno zbrano odpadno embalažo, steklo in papir skupaj, znaša za osrednjeslovensko regijo 60,2 %:

$$(44,4 \% + 71,6 \% + 64,7 \%)/3 = 60,2 \%$$

Preglednica 3.9: Izplen v odstotkih glede na maso PMGO in POSD v osrednjeslovenski regiji

Snovno uporabne sestavine		Izplen v % glede na maso PMGO v osrednjeslovenski regiji:	
		leto 2008	po letu 2013
1.	Ločeni organski, biološko razgradljivi gospodinjski odpadki (OKOG)	22,6	48%
2.	Ločeni odpadki embalaže, papirja in stekla	24,4	60,20%

Stoodstotno ozaveščenost občanov je težko oziroma skoraj nemogoče doseči, zato sem izračunala kapaciteto obrata za MBO v primeru, da bi se v gospodinjstvih ter proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnostih leta 2008 izločilo 48 % mase potenciala BIO odpadkov in 60,2 % mase potenciala odpadnega papirja, stekla in plastične embalaže. Omenjene deleže izplena bodo morali občani MOL-a doseči z ločenim zbiranjem odpadkov do leta 2013, kot jim nalaga Program gospodarjenja z odpadki do leta 2013 za MOL.

Za dosega tega cilja bo potrebno občane aktivno informirati in nagovarjati, spodbujati in usposablјati. Delovanje občanov pri ločevanju odpadkov bo potrebno tudi nadzorovati in primerno kaznovati kot tudi motivirati. Na Snagi ugotavljajo, da je najboljša oblika motivacije cena storitve in obračun oddanih odpadkov. Občani, ki ločujejo, bi tako plačevali bistveno manj od tistih, ki odpadkov ne ločujejo (Nemec, 2009).

- 48 % mase potenciala BIO odpadkov iz PMGO =  $(71.562 \text{ t} * 48\%) / 100\% = 34.350$  ton
- 60,2 % mase potenciala papirja, stekla in plastične embalaže iz PMGO =  $(75.989 \text{ t} * 60,2\%) / 100\% = 45.745$  ton
- 48 % mase potenciala BIO odpadkov iz POSD =  $(7.721 \text{ t} * 48\%) / 100\% = 3.706$  ton
- 60,2 % mase potenciala papirja, stekla in plastične embalaže iz POSD =  $(14.889 \text{ t} * 60,2\%) / 100\% = 8.963$  ton

Količina skupnih MKO bi za leto 2008 ob izplenu mase potenciala, kot ga zahteva Program gospodarjenja z odpadki do leta 2013 za MOL, znašala:

179.154 t – (ločeno zbrane uporabne surovine iz PMGO + ločeno zbrane uporabne surovine iz POSD) = 179.154 t – ((34.350 t + 45.745 t) + (3.706 t + 8.963 t)) = 86.390 ton

Letna kapaciteta obrata za MBO bi tako morala znašati najmanj 85.000 ton za 522.000 prebivalcev, kolikor jih je imela regija leta 2008. Na prebivalca bi se tako letno zbralo 163 kg PMKO. Ker se taki obrati dimenzionirajo za dobo 15 do 20 let, sem se na podlagi primera iz Kahlenberga, odločila za letno kapaciteto, ki bi znašala 100.000 ton.

Letna kapaciteta obrata za MBO v Kahlenbergu znaša 100.000 ton PMKO in pokriva območje s 600.000 prebivalci. Kljub temu, da se na tem območju kuhinjski odpadki ločeno ne zbirajo, se na prebivalca letno zbere 170 kg PMKO (Case study..., 2007). V Sloveniji glede tega še zaostajamo, saj se je v osrednjeslovenski regiji leta 2007 na prebivalca zbralo 430 kg PMKO (SURs, 2009).

### **3.3.6 Možnosti za snovno in energetska izrabo frakcij komunalnih odpadkov**

Za ugotavljanje možnosti za snovno in energetska izrabo frakcij komunalnih odpadkov je leta 2007 Kemijski inštitut razvrstil šestindvajset vrst različnih frakcij iz povprečnih mešanih komunalnih odpadkov iz ljubljanskega zbirnega območja v tri poglavitne ločene frakcije, to je lahko, biorazgradljivo in težko frakcijo. Te bi nastajale pri organiziranem ločenem zbiranju na terenu ali s strojno separacijo odpadkov v centru za ravnanje z odpadki. Omenjene tri vrste frakcij so bile nato analizirane, da bi ugotovili, kakšne so možnosti za njihovo snovno in energetska izrabo.

V primeru **lahke frakcije**, ki vsebuje predvsem papir, plastiko in suho biomaso, govorimo o izdelavi alternativnega trdnega goriva za sežig v toplarnah ali cementarnah. Iz biorazgradljive frakcije odpadkov se lahko izdelata kompost in bioplín. **Težka frakcija** pa se, po izločitvi uporabnih komponent (kovin, stekla, proda, keramike) in biološki stabilizaciji (po potrebi), odloži na odlagališče (Grilc, 2007).

Preglednica 3.10: Sestava vzorcev za analize in preskuse (Grilc, 2007, str. 6)

Oznaka frakcije KI	Naziv frakcije Snaga	Utežnostni delež (%)
Lahka (LF)	<ul style="list-style-type: none"><li>• embalažni papir</li><li>• neembalažni papir</li><li>• lepenka</li><li>• kartonska votla embalaža</li><li>• kartonska embalaža drugih oblik</li><li>• plastična folija</li><li>• plastična votla embalaža</li><li>• tekstil</li><li>• higienski tekstil</li><li>• mešanica sestavin 10-40 mm</li></ul>	46,10
Biorazgradljiva (BF)	<ul style="list-style-type: none"><li>• zelena biomasa, naravni les, lubje, slama, pluta</li><li>• odpadki hrane, kruh in drugi pekovski izdelki</li><li>• čisti organski biogeni odpadki 10-40 mm</li><li>• drobne organske sestavine in zemlja</li></ul>	41,15
Težka (TF)	<ul style="list-style-type: none"><li>• kamenje, opeka, porcelan, lončevina, kosti</li><li>• usnje, guma</li><li>• razna stekla</li><li>• razne kovine</li><li>• obdelan (barvan, impregniran) les</li><li>• ostanek od sortiranja, vključno drobna OEEO in nevarni odpadki (baterije, zdravila,...)</li></ul>	12,76

Za načrtovanje alternativnih postopkov ravnanja z zgoraj navedenimi tremi vrstami frakcij, so bile izvedene analize za ugotavljanje grupnih (vlaga, žaroizguba, kurilna vrednost, kompostibilnost) in posamičnih parametrov (klor, žveplo, težke kovine) omenjenih frakcij.

Bioodpadke so, preden so jih dali kompostirat, zdrobili pod velikost 10 mm. Kompostiranje je najprej trajalo 30 dni, vendar so zaradi slabega učinka to podaljšali najprej za 1 mesec in kasneje še za 1 mesec. Ker odpadki niso dosegli termostatske temperature je postopek potekal počasi. Tudi izgled odpadkov se ni dosti spremenil, hkrati pa je vzorec vseboval veliko nekompostiranih večjih delcev.

Preglednica 3.11: Rezultati laboratorijskih vzorcev sestavljenih frakcij odpadkov (Grilc, 2007, str.9)

Parametri	Sestavljene frakcije (KI)			Mejna vrednost	Predpis oz. norma
	LF	BF	TF		
Vlaga, 105°C (%)	10,1	34,8	1,8	-	
Žaroizguba, 550°C (%)	89,4	75,5	16,7	5	UOO
Žar. ostanek, 550°C (%)	10,6	24,5	83,3	-	
Žar. ostanek, 1000°C (%)	8,3	-	-	-	
Kurilna vrednost (MJ/kg)	23,7	-	-	11	PRO
Biorazgradljivost (% <sub>s.s.</sub> )	-	75	-	-	
Nasipna teža (kg/m <sup>3</sup> )	166*	420**	-	-	
Topne snovi (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	-	-	4740	60.000	UOO
TOC (% <sub>s.s.</sub> )	55,7	37,2	7,2	3	UOO
As (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	0,4			5	DBS
Ba (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	28			-	
Cd (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	0,1			4	DBS
Co (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	3,3			6	DBS
Cr <sub>cel.</sub> (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	14			125	DBS
Cu (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	36			350	DBS
Hg (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	0,2			0,6	DBS
Mn (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	27			250	DBS
Ni (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	3,1			80	DBS
Pb (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	6,5			190	DBS
Sb (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	3,3			25	DBS
Sn (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	1,5			30	DBS
Zn (mg/kg <sub>s.s.</sub> )	93			-	
S (% <sub>s.s.</sub> )	0,1			-	
Cl <sub>cel.</sub> (% <sub>s.s.</sub> )	<0,08			-	

\* zdrobljeno pod 10 mm, treseno; \*\* nezdobljeno, treseno

**Lahka frakcija**, ki predstavlja kar 45 % teže vseh komunalnih odpadkov, vsebuje le 10% vlage in je suha. Žaroizguba je zelo velika, kar kaže na visoko vsebnost organskih snovi in le malo negorljivih anorganskih. Celotna vsebnost organskega ogljika (TOC) je visoka, kurilna vrednost pa je močno presežena. Vsebnost težkih kovin je majhna, največ pa vsebuje cinka, bakra in barija. Vsebnost žvepla in klora je prav tako nizka.

Vrednosti vseh analiziranih okoljskih parametrov lahke frakcije so bile daleč pod mejnimi vrednostmi, zato je vzorec LF iz ljubljanskega zbirnega območja primeren za predelavo v sekundarno gorivo iz odpadkov. Pri tem se je treba zavedati, da je to idealen vzorec, katerega kvaliteto bo v praksi težko dobiti.

**Težka frakcija** predstavlja v analiziranem vzorcu le 15 % teže vseh komunalnih odpadkov. Analizirana težka frakcija je imela zanemarljivo vlago ter žaroizgubo okoli 17%, vsebnost celotnega organskega ogljika pa je znašala 7 %.



Preglednica 3.12: Rezultati standardnega izluževalnega testa težke frakcije (Grilc, 2007, str.10)

Parametri	Izlužek iz TF	Mejna vrednost*
pH	8,6	6
El.prevodnost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	411	-
Suhi ostanek ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	4740	60.000
DOC ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<b>1081</b>	800
As ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,5	2
Ba ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<20	100
Cd ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,04	1
Cr <sub>cel.</sub> ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<b>11</b>	10
Cu ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<2	50
Hg ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,01	0,2
Mo ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,5	10
Ni ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,4	10
Pb ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,5	10
Sb ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,06	0,7
Se ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<0,06	0,5
Zn ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<4	50
klorid ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	540	15.000
fluorid ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	<10	150
sulfat ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.s.}}$ )	440	20.000

\* Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (nenevarni odpadki z nizko vsebnostjo biorazgradljivih snovi)

Izluževalni test težke frakcije (TF) je pokazal, da parametra celotni krom in raztopljeni organski ogljik (DOC) presegata mejni vrednosti za odlaganje na odlagališču za NNO. Krom izvira iz korodiranih kovinskih odpadkov, DOC pa iz ostankov organskih snovi na anorganskih komponentah odpadkov. Čeprav sta presejanji zmerni, se odpadki s takimi vrednostmi parametrov po slovenski zakonodaji, na odlagališče za nenevarne odpadke ne smejo odlagati. Analizirana težka frakcija je tako neprimerna za odlaganje.

**Biorazgradljiva frakcija** predstavlja 40 % teže vseh komunalnih odpadkov. Vsebuje okoli 35 % proste vlage, žaroizguba sušine pa znaša 75 %, kar približno predstavlja vsebnost vseh organskih snovi v njej. Vsebnost celotnega organskega ogljika znaša 37 %. Obe vrednosti sta zelo visoki, kar je značilno za zelo čisto biorazgradljivo frakcijo (brez kamenja, peska, zemlje, stekla, keramike). Pripravljen vzorec ravno ne odraža sestave, nastale pri ločenem zbiranju biorazgradljivih odpadkov v naseljih, saj gre za vzorec nekakšne teoretične biorazgradljive frakcije komunalnih odpadkov.

Biorazgradljivost je v prvem mesecu kompostiranja znašala 40 %, v drugem 25 % in v zadnjem mesecu 10 %. Proces je potekal počasi, zaradi majhne količine vložka, nestalne

oskrbe z zrakom in prisotne zaviralne komponente v odpadku. Temperatura je tako znašala največ 40°C.

Preglednica 3.12: lastnosti komposta iz biorazgradljive frakcije odpadkov (Grilc, 2007, str. 11)

Kovina	Merjena vrednost - BF	Mejne vrednosti *		
		neomejena raba	omejena raba	nekmetijska raba
pH (/)	8,1	–	–	–
Vlaga (%)	73,5	–	–	–
Žaroizguba (%)	65,5	–	–	–
Nas. teža (kg/m <sup>3</sup> )	501	–	–	–
Cd (mg/kg s.s.)	0,3	0,7	2	5
Cr <sub>cel.</sub> (mg/kg s.s.)	32,2	70	150	500
Cu (mg/kg s.s.)	41,5	70	300	600
Hg (mg/kg s.s.)	0,3	0,4	2	5
Ni (mg/kg s.s.)	<b>28,7</b>	25	70	80
Pb (mg/kg s.s.)	12,9	45	100	500
Zn (mg/kg s.s.)	93,1	200	1200	2000
AOX	91	500	500	–
Trdni delci	<0,5	0,5	2	5
Mineralni delci	<1	5	5	–

\* Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla

Kompost, nastal po treh mesecih aerobne obdelave, je imel dobro kvaliteto. Predpostavljeno je bilo, da organski onesnaževalci (PAH, PCB) niso prisotni. Parameter nikelj je bil edini, ki je presegal mejno vrednost iz Uredbe o vnosu nevarnih snovi in gnojil v tla za neomejeno rabo, zaradi česar kompost ni bil primeren za neomejeno rabo. Glede na od leta 2008 veljavno Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov bi analiziran kompost spadal v prvi razred okoljske kakovosti, saj znaša mejna vrednost za nikelj po novem 50 mg/kg s.s.

V primerjavi z raziskavo BF iz leta 2006 je opazen velik napredek. Tistega leta, sta namreč poleg niklja močno presegali mejni vrednosti še parametra svinec in cink, zaradi česar omenjeni kompost ni bil primeren za kmetijsko uporabo.

Pridobljeni podatki z analizo iz leta 2007 kažejo na to, da bi z zajemom in izrabo LF in BF iz ljubljanskega zbirnega območja, katerih vrednosti parametrov niso presegali mejnih vrednosti, bilo mogoče količine za odlaganje zmanjšati za 70÷80 % (46% + 41 %). Slovenska družba bi na tak način pridobila dragocene surovine za oskrbo energetike in kmetijstva (Grilc, 2007).

### **3.3.7 Bioplinski potencial v različnih velikostnih frakcijah odpadkov PMGO in OKOG**

Leta 2008 je bila pod anaerobnimi pogoji izvedena analiza bioplinskega potenciala biogenih sestavin v naslednjih vrstah odpadkov:

- PMGO – delci večji od 100 mm
- PMGO – delci od 40 do 100 mm
- PMGO – delci od 10 do 40 mm
- PMGO – delci do 10 mm
- OKOG - nepresejano

Analizirani odpadki so bili zbrani na urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, na izven-urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, na podeželskem območju, na urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in na urbanem območju z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora Mestne občine Ljubljana.

Za kontrolo je bil izveden tudi preizkus s standardom, t.j. raztopino glukoze (bioreaktor 6), ki pokaže idealno anaerobno razgradnjo in proizvodnjo bioplina.

Na podlagi preskusov anaerobne razgradnje in določevanja bioplinskega potenciala je bilo ugotovljeno, da so PMGO odpadki z delci večjimi od 100 mm (bioreaktor 1), PMGO odpadki z delci 10 do 40 mm (bioreaktor 3) ter OKOG odpadki (bioreaktor 5) dobro razgradljivi odpadki. Srednje razgradljivi so PMGO odpadki z delci od 40 do 100 mm (bioreaktor 2), slabo razgradljivi pa so PMGO odpadki z delci do 10 mm (bioreaktor 4).

Iz analize je bilo ugotovljeno, da vzorec, v katerem se nahaja veliko kuhinjskih odpadkov in odpadne hrane, proizvede največ plina. Vzorec, ki vsebuje preveč mineralnih snovi in premalo organsko razgradljivega ogljika, pa je slabo razgradljiv. Za učinkovito anaerobno obdelavo morajo biti substrati čimbolj fino zmleti, ker večji delci ostanejo nepresnovljeni ali pa presnova traja predolgo in je neekonomična. Največji bioplinski potencial je tako mogoče dobiti iz ločeno zbranih organskih kuhinjskih odpadkov (bioreaktor 5) (Grilc, Zupančič, Husić, 2008).

Preglednica 3.13: Bioplinski potenciali vzorcev (Grilc, Zupančič, Husić, 2008, str. 36)

Št. poskusa	Mešanica vzorcev	Bioplinski potencial				Sestava bioplina		
		m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
		odpadka kot je	suhe snovi	organske snovi	KPK	(%)	(%)	(%)
Bioreaktor 1	1 PMGO	0,221	0,419	0,532	0,359	70,8	29,1	0,09
Bioreaktor 2	2 PMGO	0,137	0,291	0,392	0,252	64,3	35,6	0,11
Bioreaktor 3	3 PMGO	0,140	0,430	0,565	0,364	58,6	41,2	0,17
Bioreaktor 4	4 PMGO	0,071	0,101	0,215	0,113	42,7	57,2	0,14
Bioreaktor 5	OKOG	0,118	0,423	0,581	0,406	74,5	25,4	0,09
Bioreaktor 6	Standard	0,586			0,549	71,4	28,6	< 0,01

Preglednica 3.14: Metanski potenciali mešanic vzorcev (Grilc, Zupančič, Husić, 2008, str. 36)

Št. poskusa	Mešanica vzorcev	Metanski potencial			
		m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg
		odpadka kot je	suhe snovi	organske snovi	KPK
Bioreaktor 1	1 PMGO	0,157	0,297	0,377	0,254
Bioreaktor 2	2 PMGO	0,088	0,187	0,252	0,162
Bioreaktor 3	3 PMGO	0,082	0,252	0,331	0,213
Bioreaktor 4	4 PMGO	0,030	0,043	0,092	0,048
Bioreaktor 5	OKOG	0,088	0,315	0,433	0,302
Bioreaktor 6	Standard	0,418		0,392	

Preglednica 3.15: Učinki razgradnje (Grilc, Zupančič, Husić, 2008, str. 36)

Št. poskusa	Mešanica vzorcev	Učinek na	Učinek na	Učinek na	Učinek na
		odpadek kot je (%)	suho snov (%)	organsko snov (%)	KPK (%)
Bioreaktor 1	1 PMGO	21,0	39,8	50,5	64,0
Bioreaktor 2	2 PMGO	13,9	29,7	40,0	40,7
Bioreaktor 3	3 PMGO	15,2	46,5	61,2	53,6
Bioreaktor 4	4 PMGO	9,0	12,7	27,1	12,2
Bioreaktor 5	OKOG	10,7	38,4	52,8	76,0
Bioreaktor 6	Standard	55,2			98,6

Vrednosti bioplinskega potenciala so maksimalne možne vrednosti volumna bioplina, ki jih je mogoče iztržiti iz 1 kg odpadka v laboratorijskih pogojih. Te vrednosti ne morejo biti izhodišče za projektiranje bioplinske naprave, saj je pri projektiranju potrebno upoštevati še naslednja dejstva:

- Sestava posameznih vrst odpadkov se lahko med letnimi časi bistveno spreminja. Zelo verjetno je, da bo odpadek, ki je na tej analizi dal dobre rezultate, ob kakšni drugi priliki manj primeren za obdelavo. Prav tako kontinuirni način obdelave odpadkov v praksi dajo manj bioplina, kot ga pokaže laboratorijsko določen bioplinski potencial. Metoda določanja bioplinskega potenciala prav tako ne pokaže morebitnega zaviranja metanogenega procesa. Zaradi pogoste nehomogenosti odpadkov pa je mogoče

občasno vnesti primesi, ki zavirajo proces metanogeneze. Prav tako lahko brez primerne redčitve pride do zaviranja procesa metanogeneze z nastalim amonijakom.

- Za zanesljive načrtovalne vrednosti, potrebne za projektiranje bioplinske naprave, je nujno narediti projekt pilotnih poskusov, ki posname realno stanje v bodoči napravi. Tako se pokažejo vsi možni negativni vplivi (zaviranje biomase), dobi se realna vrednost izplena bioplina (ne maksimalne možne) in točno se določi učinek razgradnje (Grilc, Zupančič, Husić, 2008).

## 4 VPLIV ODLAGANJA NEOBDELANIH ODPADKOV NA OKOLJE

### 4.1 Procesi v deponijskem telesu

Po odložitvi komunalnih odpadkov, ki vsebujejo organske biorazgradljive snovi, pričnejo v deponijskem telesu potekati biokemični procesi, ki trajajo tudi do sto let. V teh procesih mikroorganizmi v različnih fazah razgradnje razgrajujejo prisotne organske sestavine, infiltrirana padavinska voda pa izlužuje anorganske komponente.

Glavni delež biorazgradljivih snovi na odlagališčih nenevarnih odpadkov predstavljajo: papir, karton, tekstil iz naravnih vlaken, obdelan les, lubje, pluta, slama, listje, trava, vejevje in hrana. Biorazgradljivi odpadki so v večji meri sestavljeni iz ogljikovih hidratov, beljakovin in maščob. Beljakovine pa so sestavljene iz 50÷55 % ogljika, 6÷7 % vodika, 15÷17 % dušika, 18÷24 % kisika in 0,5÷2,5 % žvepla. Nekatere beljakovine vsebujejo tudi fosfor, železo in druge elemente.

Poleg biorazgradljivih snovi vsebujejo odpadki tudi nevarne in anorganske snovi. V zelenih odpadkih se nahajajo kovine, fungicidi, pesticidi, azbest, ftalati, v papirju klorfenoli, poliklorirani bifenili, adsorbiljivi organski halogenidi, v umetnih smolah poliklorirani difenilni etri, ftalati, klorbenzen, klorparafini, alkilaromati, v lesu klorfenoli, spojine arzena, kroma, svinca, v tekstilu p-diklorobenzol, niklja, v plenica h cinka, kroma, kadmija, bakra in živega srebra.

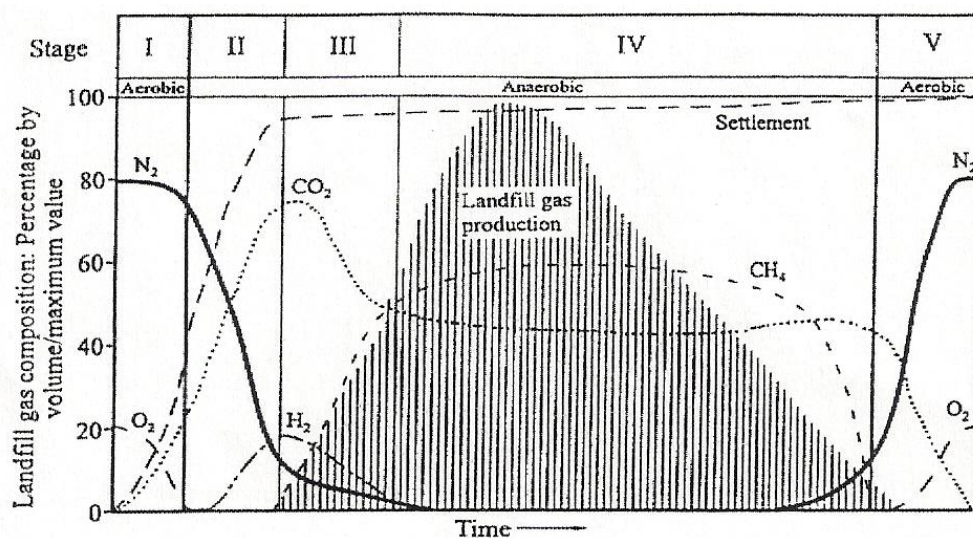
V neprekritih slojih potekajo pretežno aerobni procesi razgradnje, v prekritih pa anaerobni. Pri teh procesih se sproščajo toplota, plini in vodna para. Obseg in intenzivnost teh procesov sta poleg sestave odpadkov, deleža in vrste organskih snovi odvisna tudi od:

- vsebnosti vlage oz. hidravličnega zadrževalnega časa
- temperature v deponijskem telesu
- kislosti
- prisotnosti hranil
- prisotnosti zaviralnih snovi
- načina odlaganja in oblikovanja deponije

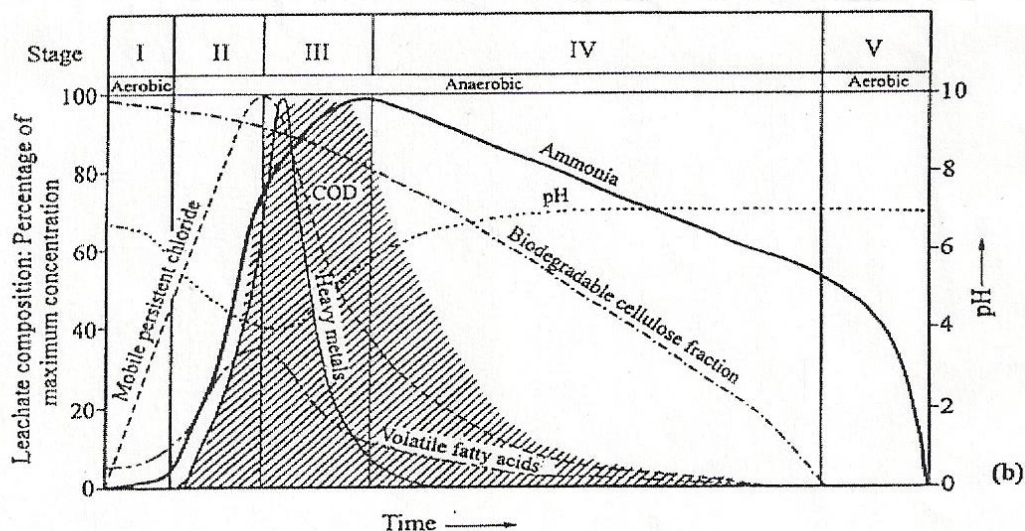
- kompaktiranosti
- prekritosti deponijskega telesa

Mikroorganizmi, ki so ključni pri anaerobni razgradnji odpadkov, so metanogene bakterije, katerih rast je največja, ko odpadki vsebujejo od 60 do 80 % (masnih) vlage.

Razpad organskih odpadkov poteka v petih fazah, pri čemer nastaja deponijski plin (Čepon, 2002).



Slika 4.1: Sestava deponijskega plina v odvisnosti od časa (Robinson W.D., 1986)



Slika 4.2: Sestava izlužka v odvisnosti od razgradnje v deponijskem telesu (Robinson W.D., 1986)

#### **4.1.1 Faze razgradnje biorazgradljivih odpadkov**

**Aerobna faza** je začetna faza v ciklusu razgrajevanja biorazgradljivih odpadkov. V tej fazi bakterije za svoje delovanje porabljajo ulovljen kisik med odpadki, da iz organskih frakcij v odpadkih povzročijo nastanek preprostejših ogljikovodikov, ogljikovega dioksida, vode in toplote. Voda in ogljikov dioksid sta glavna produkta. Ogljikov dioksid izhaja kot deponijski plin ali pa se absorbira v izcedni vodi kot ogljikova kislina. Temperatura se v tej fazi povzpne na 70 do 90° C. Ko zmanjka kisika se začne druga faza; anaerobna razgradnja.

**Anaerobna nemetanska faza** je faza, v kateri so aktivne bakterije, ki delujejo brez ali ob majhnih koncentracijah kisika. To fazo imenujemo tudi faza hidroliz in fermentacij. Ogljikovi hidrati, masti, beljakovine in nukleinske kisline se razgrajujejo v enostavnejše spojine. Polisaharidi hidrolizirajo v oligosaharide, ti pa v monosaharide. Ogljikovodiki, proteini in lipidi hidrolizirajo v sladkor, ki se kasneje razgradi v ogljikov dioksid, amonijak in organske kisline. Proteini se razgradijo v amonijak in ogljikovo kislino ter ogljikov dioksid. V tej fazi je v odpadkih visoka koncentracija amonijevega dušika. Faza poteka pri 30 in 50°C, nastali plin v njej pa je sestavljen iz 80% CO<sub>2</sub> in 20% H<sub>2</sub>.

**Anaerobna nestabilna metanska faza ali acetogena faza** je faza, v kateri nastajajo acetati in vodik. Omenjena faza traja od nekaj mesecev do enega leta. V njej organske kisline, ki nastajajo v prejšnji fazi, se z delovanjem bakterij pretvorijo v očetno kislino, derivate očetne kisline, CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>. Zaradi povečanja topnosti kovinskih ionov v tej fazi, se poveča koncentracija le teh v izcednih vodah.

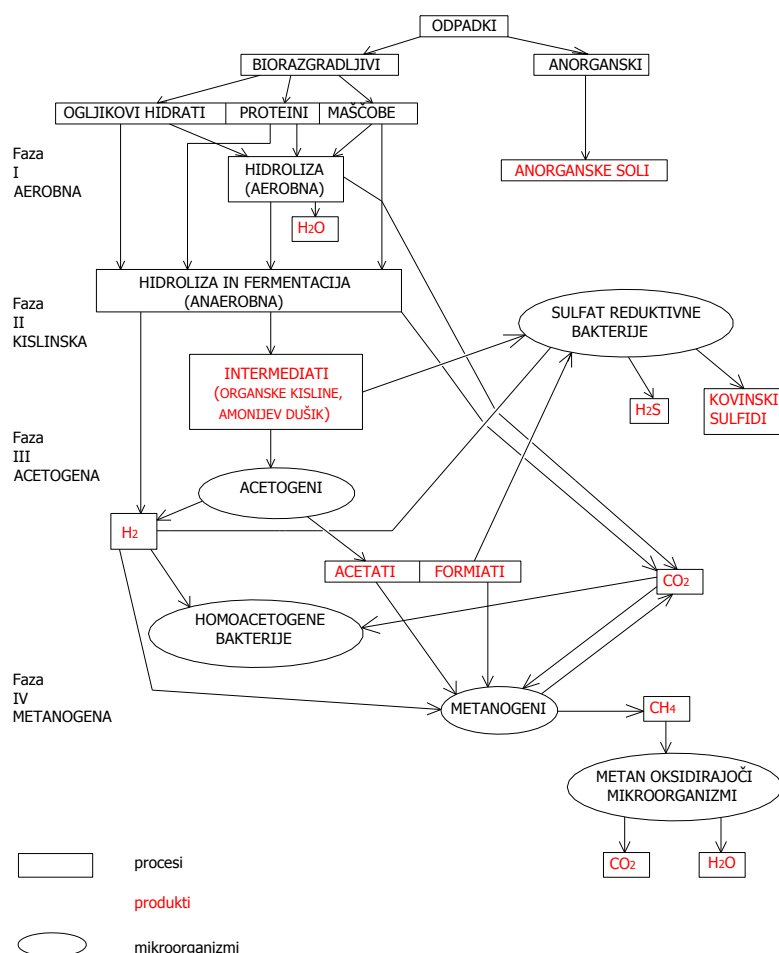
**Anaerobna stabilna metanska faza ali metanogena faza** traja najdlje (deset ali celo sto let), saj je reakcija v tej fazi počasna. V metanogeni fazi sta aktivni dve vrsti mikroorganizmov: mezofilni (30 do 35°C) in termofilni (45 do 65°C). Organske kisline, nastale v prejšnjih fazah, se razgradijo, zato znaša pH okoli 7 ali 8.

**Faza oksidacije** nastopi takrat, ko se zaradi prisotnosti organskega ogljika hitrost nastajanja metana upočasni. Takrat se v deponijskem telesu začne pojavljati kisik, ki difundira iz ozračja. Oksidacija metana ni nujno povezana s prisotnostjo prostega kisika. Sprejemnik elektronov je lahko tudi železo. Kisik, potreben za nastanek ogljikovega dioksida, izhaja iz



vode ali železovega hidroksida. Počasnejša oksidacija metana poteka znotraj deponijskega telesa, hitrejša pa ob robu deponije, kjer je kisika več.

Trajanje posamezne faze je odvisno od pogojev na odlagališču. Idealna biorazgradnja je mogoča samo v homogenem odlagališču in pri stabilnih zunanjih pogojih (Čepon, 2002).



Slika 4.3: Podroben prikaz faz razgradnje v deponijskem telesu (Čepon, 2002, str. 25)

## 4.2 Izcedne vode

Na območju odlagališča Barje se nahaja slabo prepustna krovna plast, sledi krovna plast, prva prodnata plast, vmesne glinene plasti in plast zgornjega vodonosnika. Monitoring kvalitete podzemne vode se opravlja dva-krat letno. Mejne vrednosti pa so presežene za amonij, mangan in nitrat. Na območju odlagališča Barje je tako podzemna voda čezmejno obremenjena v vseh preiskovalnih geoloških plasteh in ne dosega kriterija za dobro kemijsko stanje.

Površinski vodotoki, ki se nahajajo na vplivnem območju odlagališča, se stekajo v reko Ljubljanico. Površinska voda je onesnažena na vseh merilnih mestih. Vpliv je največji v Bežanovem in Lahovem grabnu za odlagališčem in v Malem grabnu. Povišane so vsebnosti parametrov: TOC, KPK, AOX, amonijev dušik, bor, sulfati, kloridi, raztopljene snovi, skupna trdota in elektroprevodnost.

Rezultati monitoringa izcednih vod na odlagališču Barje kažejo, da so izcedne vode prekomerno obremenjene in presegajo mejne vrednosti za iztok v kanalizacijo. Te se iz novega dela odlagališča kot tudi druge odpadne vode zbirajo in neprečiščene odvajajo v javno kanalizacijo, katera se očisti na Centralni čistilni napravi Ljubljana.

Mejne vrednosti redno prekoračujejo sledeči parametri onesnaženja: bor, amonijev dušik, adsorbirani organski halogenidi (AOX), ter občasno tudi sulfati, sulfidi, biološka razgradljivost pa je slaba. V spodnji preglednici so prikazani parametri, katerih mejne vrednosti so bile zadnja leta presežene (Celovito poročilo..., 2005).

Preglednica 4.1: Parametri onesnaženosti, katerih mejne vrednosti v izcedni vodi odlagališča Barje, so bile presežene (Snaga d.o.o.)

<i>Leto</i>	<i>Parameter onesnaženosti</i>
1998	bor, sulfat
1999	bor, sulfat, sulfit, težkohlupne lipofilne snovi, AOX, lahkohlupen kloriran ogljikovodik
2000	/
2001	bor, AOX
2002	bor, AOX, sulfat
2003	bor, AOX, sulfat, sulfid, sulfit, biološka razgradljivost
2004	AOX, biološka razgradljivost, bor, sulfat, sulfid
2005	AOX, amonijev dušik, biološka razgradljivost, bor
2006	AOX, amonijev dušik, biološka razgradljivost, bor
2007	AOX, amonijev dušik, bor, sulfid, sulfit
2008	bor, sulfid

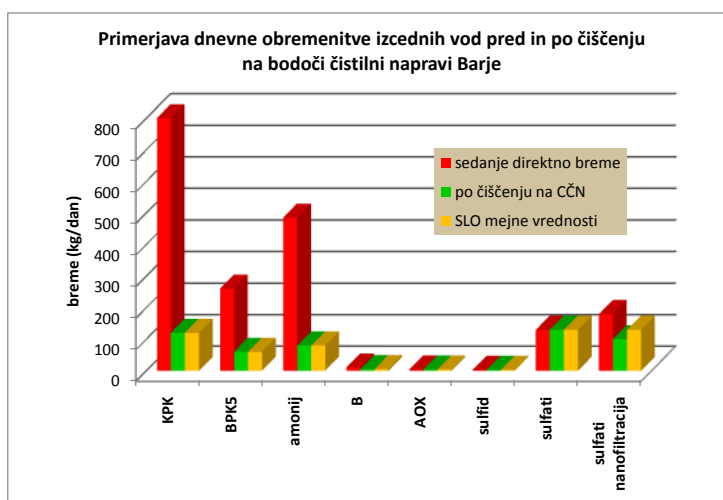
V letnem poročilu Snage za leto 2008 je navedeno, da se je količina odpadnih vod močno povečala glede na leto 2007 zaradi nadpovprečne količine letnih padavin. Zadnje leto so bile presežene koncentracije pri boru in AOX (adsorbirani organski halogenidi).

V času nizkih dotokov neочиščene odpadne vode povečujejo obremenitev s težje razgradljivimi snovmi in zavirajo procese biološkega čiščenja na CČN Ljubljana, nižajo učinek čiščenja in posredno vplivajo na obremenjevanje Ljubljanice.

Za izboljšanje tega stanja se na odlagališču Barje gradi ČN za čiščenje izcedne vode odlagališča, ki bo omogočala čiščenje tudi ostalih tehnoloških odpadnih vod do te stopnje, da bodo primerne za iztok v kanalizacijo. Predlagan je tehnološki postopek z biološkim čiščenjem s pomočjo membranskega bioreaktorja ter z naknadno adsorbicijo na aktivnem oglju in selektivno ionsko izmenjavo bora. V primeru prekoračene vsebnosti sulfatov, pa se razmišlja o dodatnem čiščenju z nanofiltracijo.

Pri čiščenju izcednih vod na odlagališču Barje bodo nastajali naslednji odpadki:

- dehidrirano biološko blato, katerega je možno nadalje obdelovati skupaj z ostalimi biološko razgradljivimi odpadki ali pa se njegova oskrba vrši skupaj z blatom komunalne čistilne naprave. Biološko blato je mogoče uporabiti tudi za kompostiranje v skladu z zakonskimi zahtevami oziroma ga je možno tudi sežgati. Na leto bo nastalo okrog 1.135 ton blata.
- koncentrata iz ionske izmenjave, ki sta nevaren odpadek. (146 ton/leto)
- izrabljeno aktivno oglje, ki se bo predajalo v regeneracijo in se kot tako ponovno uporabilo za čiščenje izcedne vode (Celovito poročilo..., 2005).



Slika 4.4: Primerjalni grafični prikaz dnevne obremenitve izcednih vod pred in po čiščenju na bodoči čistilni napravi Barje (Celovito poročilo..., 2005, str. 112).

Po čiščenju na ČN Barje se bo dnevno breme organskega onesnaženja na izpustu v kanalizacijo znižalo za več kot 680 kg na okoli 120 kg (izraženo kot KPK), delež amonija pa se bo zmanjšal za 400 kg na 80 kg. Prav tako se bodo znižale vrednosti spojin bora, adsorblijivih organskih halogenidov (AOX) in sulfidov. Vrednosti sulfatov se bodo nižale z nanofiltracijo le v primeru, če bodo prekoračene njihove mejne vrednosti (Celovito poročilo..., 2005).

### 4.3 Deponijski plin

Do leta 2003 je bilo na odlagališču Barje veliko odlagalnih polj odkritih, nato pa se je z leti povečeval delež prekrite površine.

Preglednica 4.2: Dinamika polnjenja in prekrivanja odlagalnih polj na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje (Celovito poročilo..., 2005, str. 21)

<i>Dogodek</i>	<i>Leto</i>	<i>Površina odkritih odlagalnih površin (ha)</i>	<i>Površina prekritih odlagalnih površin (ha)</i>
polnjenje I., II. in III. polja	1997 ÷ 2000	17,4	/
delno prekritje	2001	1,2	2,2
začetek polnjenja I. faze	2003	19,1	2,2
polnjenje I. faze IV. polja in prekrivanje I., II. in III. polja	2005	3,9	17,4
polnjenje 2. faze IV. polja	2006	9,7	17,4
polnjenje 2. in 3. faze IV. polja, prekrivanje 1. faze IV. polja	2010	11,6	21,3
prekritje 2. in 3. faze IV. polja prenehanje odlaganja	2015	-	32,9

Sistem odplinjevanja se je na odlagališču Barje bistveno spremenil v letih 1995 in 2005. Danes je tako celotno novo odlagališče odplinjevano, plin pa se sežiga na plinskih motorjih ali na bakli.

Koncentracije osnovnih plinskih komponent v deponijskem plinu se gibljejo med 26,5 in 53,7 vol. % metana, 16,6 in 42,3 vol. % ogljikovega dioksida ter 0,8 in 11,6 vol. % kisika. Koncentracije toluena med 0 in 60 ppm, ksilena med 10 in 100 ppm, vodikovega sulfida med

1 in 40 ppm in metilmerkaptana med 0 in 0,25 ppm. V primeru izpadov v obratovanju plinskih motorjev ali ob nizkem zračnem pritisku ali ob brezveterju se lahko pojavijo zelo povečane moteče vonjave, ki se širijo daleč na okoli.

Čeprav je sistem odplinjanja na odlagališču urejen v skladu z zakonodajo in so vsa polja novega dela odlagališča prekrita s prekrivko, nastajajoči odlagališčni plin pa se zajema v plinski drenažni sistem in vodi na sežig v plinskih motorjih, še vedno prihaja do emisij odlagališčnega plina predvsem iz aktivnega dela nove deponije. Emisije nastajajo tudi pri transportu kamionov za prevoz odpadkov in mehanizaciji na odlagališču. Poleg tega pa emisije izhajajo tudi iz plinskih motorjev, kjer zgoreva odlagališčni plin ter iz zbirnih bazenov padavinskih in izcednih vod.

Na podlagi bilance zgorelih količin metana na baklah in v plinskih motorjih ter na podlagi skupne količine generiranega metana je bilo ugotovljeno, da znaša delež zajetih emisij metana 32%, delež nezajetih pa 68 %. To pomeni, da vsega nastalega plina v odlagalnem telesu tehnično tako ni mogoče zajeti (Celovito poročilo..., 2005).

Emisijske vrednosti za CO in NO<sub>x</sub>, ki so bile izmerjene na plinskih motorjih odlagališča Barje od leta 2003 do 2008, presegajo mejne vrednosti. Najbolj so presežene vrednosti za ogljikov monoksid. Izmerjene vrednosti posameznih parametrov so vidne v prilogi H.

#### ***4.3.1 Metoda IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change- medvladni forum o podnebnih spremembah)***

Leta 1996 je Svetovna meteorološka organizacija na podlagi programa Združenih narodov za okolje določila metodo imenovano IPCC metoda, s katero je mogoče določiti količino sproščanja emisij metana pri ravnanju z odpadki. Na podlagi omenjene metode so na podjetju Snaga d.o.o. naredili izračun generiranih količin metana tako za stari kot tudi za novi del odlagališča.

Metoda IPCC določa dva nivoja določanja emisij metana pri ravnanju z odpadki.

- a) Pri preprostejšem načinu naj bi se vse emisije metana sprostile že v istem letu, ko so odpadki odloženi. Predpostavljeno je, da se količina in sestava odloženih odpadkov ter način ravnanja z njimi v daljšem obdobju ne spreminjajo.

$$M_{CH_4} = (MSW_t * MSW_f * MCF * DOC * DOC_f * F * 16/12 - R) * (1 - OX)$$

(Čepon, 2002, str. 39)

$M_{CH_4}$ .....emisija metana (t/leto)

$MSW_t$ .....skupna letna masa komunalnih odpadkov (t/leto)

$MSW_f$ .....delež odpadkov, odloženih na odlagališča (%)

$DOC$ .....delež razgradljivega organskega ogljika v odloženih odpadkih (%)

$DOC_f$ ..... delež DOC, ki se razgradi v odlagališču (%)

$F$ .....delež CH<sub>4</sub> v deponijskem plinu (%)

$MCF$ ... korekcijski faktor za metan

$R$ .....letna količina zajetega CH<sub>4</sub>, ki se sežge na baklah ali kako drugače oksidira (t)

$OX$ .....oksidacijski faktor

$DOC = A * 0,4 + B * 0,17 + C * 0,15 + D * 0,3$ , pri čemer so:

$A$ .....delež papirja

$B$ .....delež zelenih odpadkov

$C$ .....delež hrane

$D$ .....delež lesa in slame

- b) Natančnejša metoda upošteva, da se emisije metana iz odloženih odpadkov sproščajo dalj časa. Tako imenovana metoda prvega reda je natančnejša in zahteva poznavanje podatkov o količini, sestavi in pogojih odlaganja odpadkov za obdobje 20 do 30 let pred letom, za katerega emisije določamo.

Generacija metana v posameznem letu se izračuna po kinetični enačbi prvega reda:

$$Q_{t,x} = k * L_o * R_x * e^{-k(T-x)} \quad (\text{Čepon, 2002, str. 41})$$

$Q_{t,x}$ .....generirane količine metana v letu T iz odloženih količin  $R_x$  (m<sup>3</sup>/leto)

$L_o$ .....potencial generiranja deponijskega plina iz kg odpadkov (m<sup>3</sup>/kg)

R.....odloženi odpadki v letu x

T.....leto opazovanja (leto)

X.....leto odlaganja (leto)

k.....kinetična konstanta generacije deponijskega plina (l/leto)

Količine metana v posameznem letu so preračunane na ekvivalent ogljikovega dioksida.

Kumulativno se izračunane emisije metana po obeh metodah v limiti dolgih časovnih obdobjih ne razlikujejo (Čepon, 2002).

#### 4.3.1.1 Ocena emisij metana iz starega dela odlagališča

Na starem delu odlagališča Barje, ki se je polnilo 22 let (1964-1987) in meri 47,5 hektarja, je odloženih približno 4,75 milijonov m<sup>3</sup> komunalnih odpadkov. Na leto se je povprečno odložilo 215.900 m<sup>3</sup> odpadkov, pri čemer so mešani komunalni odpadki iz gospodinjstev predstavljali 60 %. Vgrajena gostota odpadkov, ki so jo dosegali s takratno mehanizacijo, je znašala med 400÷450 kg/m<sup>3</sup>, medtem ko danes ta znaša 1000 kg/m<sup>3</sup>. Iz navedenega sledi, da je na starem delu odlagališča bilo letno odloženih 55.000 t gospodinjskih in njim podobnih odpadkov iz industrije in obrti.

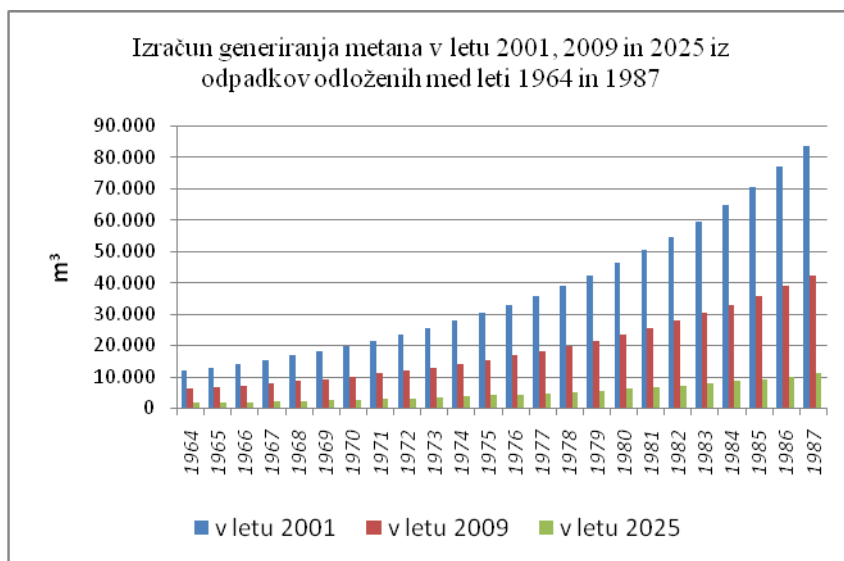
Izračun emisij metana nastalih na odlagališču Barje z natančnejšo metodo.

Preglednica 4.3: Vhodni podatki (Čepon, 2002)

Oznaka	Enota	Stari del odlagališča
L <sub>0</sub>	m <sup>3</sup> /kg	0,059
R	kg/leto	55 000 000
T	leto	2008
x	leto	1964-1987
k	l/leto	0,085 (IPCC)

Izračun:

Uporabljena metoda IPCC omogoča izračun nastanka metana, pri čemer je potrebno upoštevati, da nastanek metana v posameznem letu opazovanja povzročijo vsi do tedaj odloženi odpadki. Koliko metana se bo še sprostilo v naslednjih letih iz odpadkov, ki so bili odloženi med letoma 1964 in 1987, je razvidno iz slike 4.5 in Priloge A.



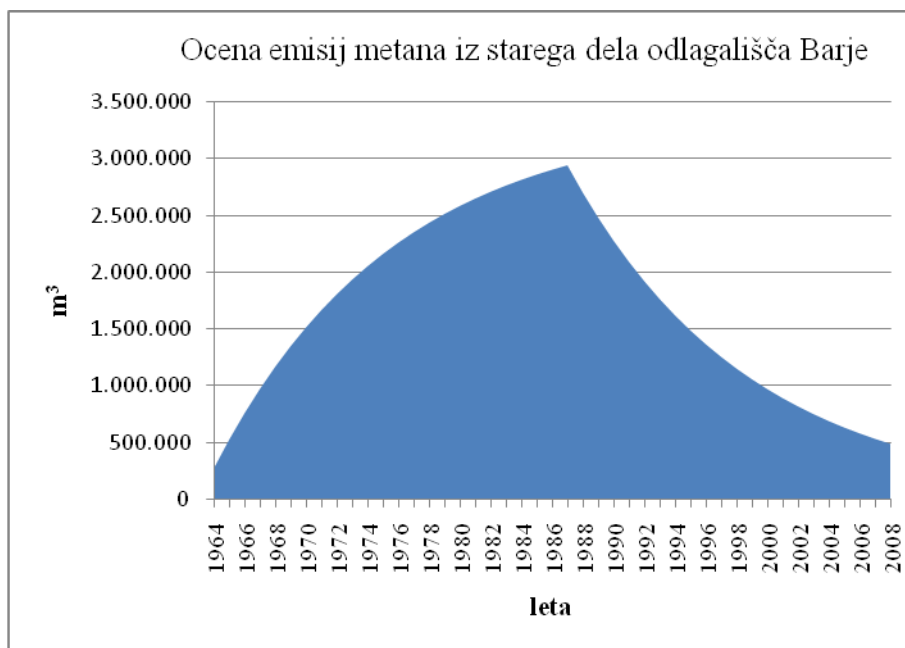
Slika 4.5: Izračun generiranja metana v letu 2001, 2009 in 2025 iz odpadkov odloženih med leti 1964 in 1987 (Snaga d.o.o.)



Preglednica 4.4: Hipotetično nastale emisije metana v posameznih letih (Čepon, 2002, str. 80)

Posamezno leto	Količina odloženih odpadkov (kg)	Komulativne količine metana		
		$m^3 CH_4$	t CH <sub>4</sub>	t CO <sub>2</sub> ekv
1964	55.000.000	275.825	187	3.925
1965	55.000.000	529.174	359	7.530
1966	55.000.000	761.877	516	10.842
1967	55.000.000	975.619	661	13.884
1968	55.000.000	1.171.943	794	16.677
1969	55.000.000	1.352.269	916	19.243
1970	55.000.000	1.517.901	1.029	21.600
1971	55.000.000	1.670.035	1.132	23.765
1972	55.000.000	1.809.773	1.226	25.754
1973	55.000.000	1.938.124	1.313	27.580
1974	55.000.000	2.056.015	1.393	29.258
1975	55.000.000	2.164.300	1.467	30.799
1976	55.000.000	2.263.762	1.534	32.214
1977	55.000.000	2.355.118	1.596	33.515
1978	55.000.000	2.439.030	1.653	34.709
1979	55.000.000	2.516.104	1.705	35.805
1980	55.000.000	2.586.897	1.753	36.813
1981	55.000.000	2.651.922	1.797	37.738
1982	55.000.000	2.711.648	1.838	38.588
1983	55.000.000	2.766.507	1.875	39.369
1984	55.000.000	2.816.895	1.909	40.086
1985	55.000.000	2.863.178	1.940	40.744
1986	55.000.000	2.905.689	1.969	41.349
1987	55.000.000	2.944.736	1.995	41.905
1988		2.704.776	1.833	38.490
1989		2.484.370	1.684	35.354
1990		2.281.925	1.546	32.473
1991		2.095.976	1.420	29.827
1992		1.925.180	1.305	27.396
1993		1.768.301	1.198	25.164
1994		1.624.206	1.101	23.113
1995		1.491.853	1.011	21.230
1996		1.370.286	929	19.500
1997		1.258.624	853	17.911
1998		1.156.062	783	16.451
1999		1.061.857	720	15.111
2000		975.329	661	13.879
2001		895.851	607	12.748
2002		822.851	558	11.710
2003		755.798	512	10.755
2004		694.210	470	9.879
2005		637.640	432	9.074
2006		585.681	397	8.335
2007		537.955	365	7.655
2008		494.118	335	7.032
<b>SKUPAJ</b>		<b>75.667.190</b>	<b>51.275</b>	<b>1.076.782</b>

$$GWP = m_{(CH_4)} * 21 = m_{(CO_2)ekv} \dots \dots \dots \text{globalni toplotni potencial}$$



Slika 4.6: Izračun generiranja metana v letu 2008 iz odpadkov odloženih med leti 1964 in 1987 (Čepon, 2002, str. 82)

Zaradi odlaganja odpadkov na starem delu odlagališča, bo po oceni na podlagi preprostega izračuna nastalo skupaj  $100.164.236 \text{ m}^3$  metana. Do konca leta 2008 pa se ga bo sprostilo že  $75.667.190 \text{ m}^3$ , kar je 76 % vseh nastalih količin deponijskega plina na starem delu odlagališča (Čepon, 2002).

#### 4.3.1.2 Ocena emisij metana iz novega dela odlagališča

Na novem delu odlagališča so se odpadki začeli odlagati leta 1987. Sestavo in količine odpadkov, ki so se odlagale na novem delu, pa so lahko določevali šele po letu 1991. Letna količina do leta 1991 odloženih odpadkov je bila ocenjena na  $100.000 \text{ t/leto}$ , po letu 1991 pa so se upoštevale dejanske odložene količine mešanih komunalnih odpadkov.

Izračun nastalih količin metana na novem delu odlagališča s kinetičnim modelom (upoštevata se kinetika razpada odpadkov):

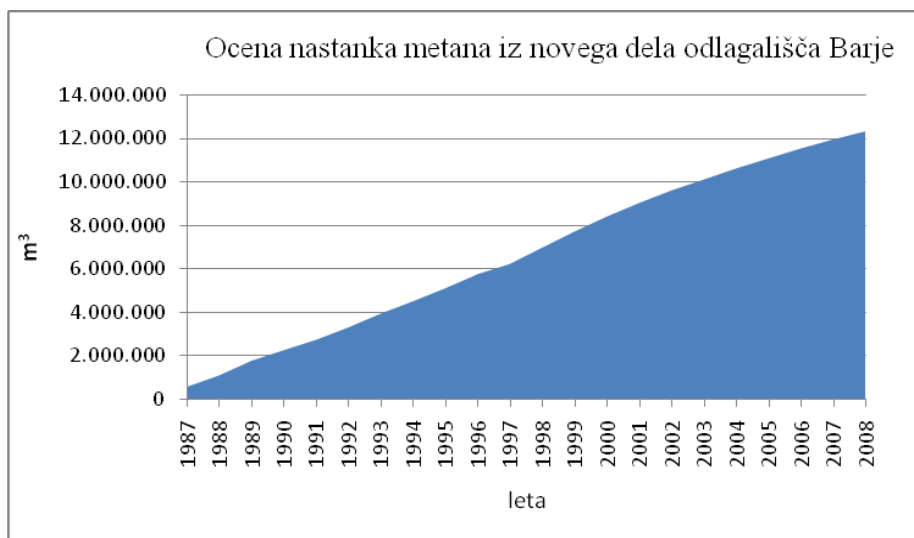
Preglednica 4.5: Ocenjeni faktorji za izračun metana (Čepon, 2002)

<i>Oznaka</i>	<i>Enota</i>	<i>Novi del odlagališča</i>
L <sub>0</sub>	m <sup>3</sup> /kg	0,17 (IPCC)
R <sub>x</sub>	kg/leto	100 000 000 (1987-1991)
T	leto	2008
x	leto	1987-2008
k	l/leto	0,032

Preglednica 4.6: Količine potencialno nastalega metana (Čepon, 2002, str. 88)

<i>Leto</i>	<i>Deponirane količine biorazgradljivih odpadkov (t/leto)</i>	<i>Skupne količine generiranega metana skozi leta (m<sup>3</sup>/leto)</i>
1987	100.000	544.000
1988	100.000	1.070.868
1989	100.000	1.744.601
1990	100.000	2.233.357
1991	100.000	2.708.348
1992	120.000	3.278.815
1993	135.000	3.914.757
1994	144.000	4.484.875
1995	146.000	5.081.980
1996	149.000	5.732.491
1997	120.000	6.204.755
1998	174.000	6.955.906
1999	176.000	7.694.281
2000	172.000	8.387.642
2001	163.658	9.013.786
2002	158.431	9.591.775
2003	147.227	10.090.612
2004	152.121	10.600.360
2005	147.000	11.066.198
2006	147.500	11.520.086
2007	143.094	11.935.710
2008	137.529	12.307.969
<b>SKUPAJ</b>	<b>3.032.559</b>	<b>146.163.168</b>

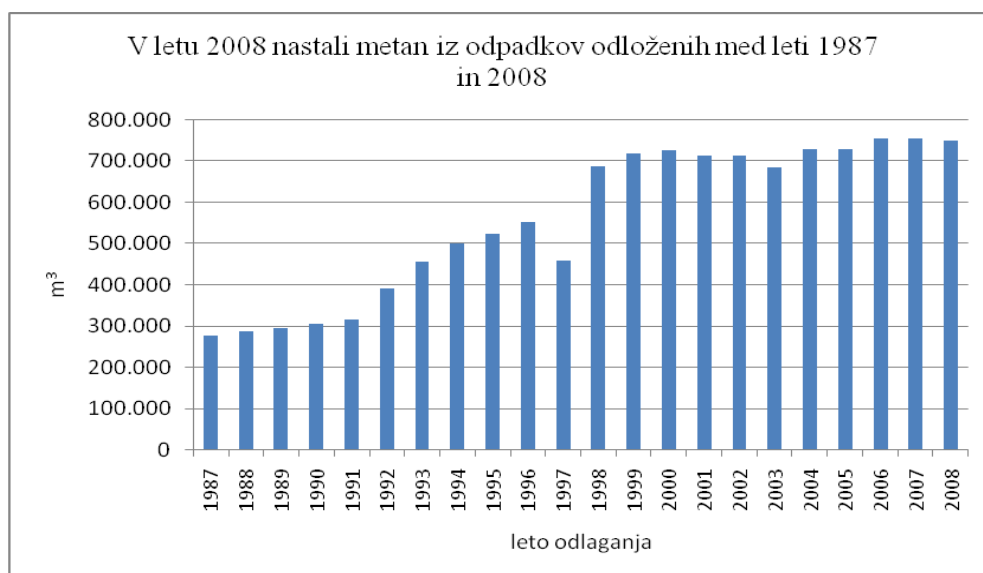
Izračuni zgornjih vrednosti so nazorneje predstavljeni v prilogi B.



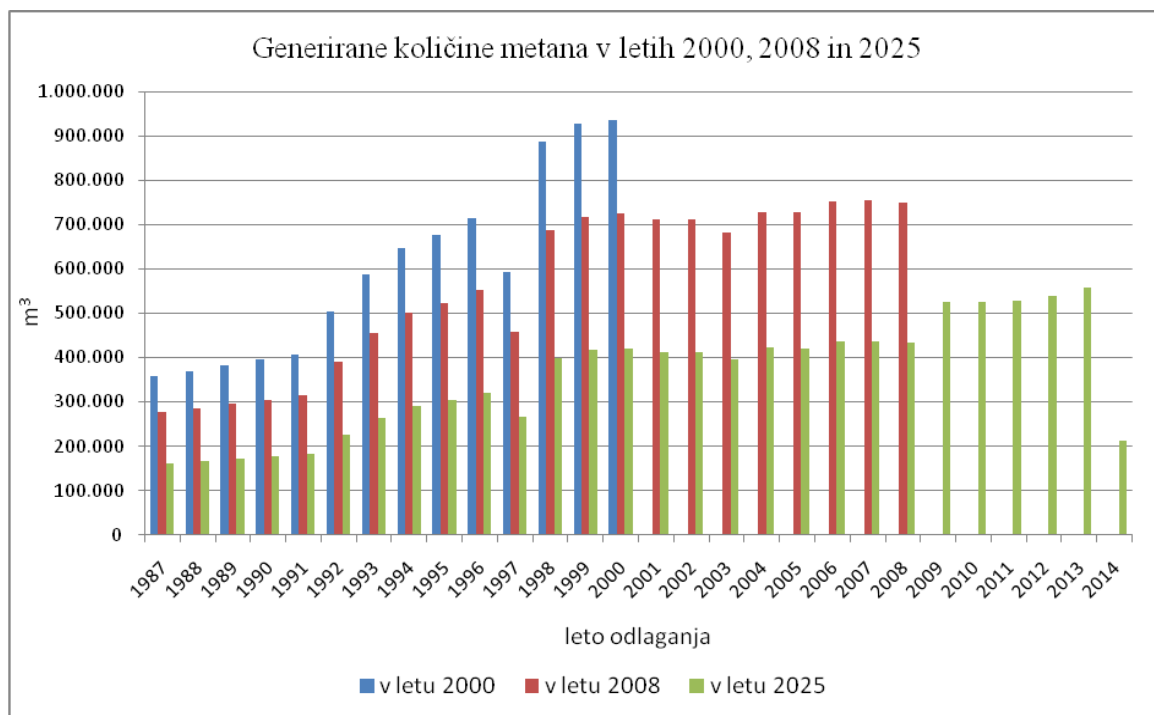
Slika 4.7: Ocena nastanka metana iz novega dela odlagališča Barje po modelu IPCC (Čepon, 2002, str. 89)

Na odlagališču se v plinskih motorjih sežge okoli 35 % generirane letne količine metana.

Zaradi odlaganja odpadkov na novem delu odlagališča, je po oceni na podlagi preprostega izračuna skupaj nastalo 258.783.222 m<sup>3</sup> metana, do konca leta 2008 pa se ga je sprostil že 146.163.168 m<sup>3</sup>, kar predstavlja 56 % vseh nastalih količin deponijskega plina na novem delu odlagališča.



Slika 4.8: Izračun generiranja metana v letu 2008 iz odpadkov odloženih med leti 1987 in 2008 (Čepon, 2002, str. 88)



Slika 4.9: Generirane količine metana v letih 2000, 2008 in 2025 (Snaga d.o.o.)

Vrednosti v obeh grafikonih so razvidne v Prilogi B.

Nastale količine metana na odlagališču so se v letu 2008 v primerjavi z letom 1986 povečale za 340 %. Na starem delu odlagališča je namreč leta 1986 nastalo 2.905.689 m<sup>3</sup> metana (Preglednica 4.4), v letu 2008 pa ga je na celotnem odlagališču nastalo 12.802.087 m<sup>3</sup>. Od tega ga je na starem delu odlagališča nastalo 494.118 m<sup>3</sup> (Preglednica 4.4) in na novem 12.307.969 m<sup>3</sup> (Preglednica 4.6).

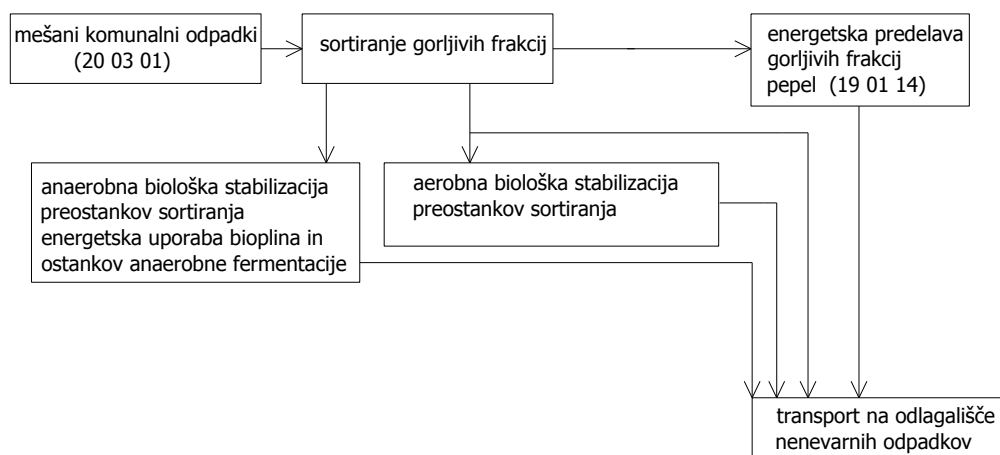
## 5 TEHNOLOGIJA MBO

Preostanek odpadkov po ločenem zbiranju, zaradi omejenega učinka ločevanja komponent odpadkov na izvoru, še vedno vsebuje znaten delež (cca. 35 %) t. i. biološko razgradljivih odpadkov. Manjši delež biološko razgradljivih odpadkov preostane tudi po mehanski obdelavi kosovnih in podobnih odpadkov. Biološko razgradljivi delež v odpadku predstavlja nestabilnost odpadka, ki ob nadaljnji uporabi in odstranjevanju povzroča težave, ki se odražajo v emisijah smradu in organskih plinov. Zato je potrebno vse biološko-razgradljive odpadke ustrezno obdelati v objektu za mehansko-biološko obdelavo (v nadaljevanju MBO), kjer se prisilno in v strogo nadzorovanih razmerah izvede sicer naraven proces razkroja biološko razgradljivih delov odpadkov (Kosi, Knez, Samec, 2008).

*»MBO biološko razgradljivih odpadkov je obdelava katerih koli biološko razgradljivih odpadkov, vključno z blatom čistilnih naprav ali mešanimi komunalnimi odpadki, ki niso primerni za kompostiranje ali za anaerobno razgradnjo, z namenom, da se tako obdelani odpadki stabilizirajo in da se zmanjša njihova prostornina« (UL RS št. 62/2008: 3.člen).*

MBO odpadkov se deli v mehansko predelovanje in v poznejšo biološko obdelavo v obliki aerobnih procesov (intenzivno gnitje, naknadno dozorevanje) ali anaerobnih procesov (fermentacija) (Mahl, 2007). Namen mehanskih postopkov ravnanja z odpadki je izločiti posebne snovi iz odpadkov, ki so neprimerne za nadaljnjo biološko obdelavo, ter izboljšati biološko razgradljivost preostalih odpadkov. Namen bioloških postopkov ravnanja z odpadki pa je razgraditi organske snovi v odpadkih z aerobnimi in anaerobnimi metodami z naknadno aerobno obdelavo.

Po uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališča (UL RS št. 32/2006) poteka obdelava mešanih komunalnih odpadkov na način, ki je prikazan na spodnji sliki. Uredba tako določa dve vrsti biološke obdelave, to je anaerobno fermentacijo in aerobno biološko stabilizacijo.



Slika 5.1: Referenčna shema postopkov obdelave komunalnih odpadkov (UL RS št. 32/2006)

## 5.1 Mehanska obdelava

Mehanska obdelava komunalnih odpadkov vključuje drobljenje komunalnih odpadkov, izločevanje kovin oz. nekovin ter sejanje in s tem ločevanje komunalnih odpadkov na težke in lahke frakcije. Mehansko ločevanje je sestavljeno iz dveh tehnoloških faz, od katerih prva predstavlja drobljenje oziroma mletje, ter druga ločevanje oziroma razvrščanje. Za drobljenje odpadkov se uporabljajo različne vrste drobilnikov, kot so kladivasti drobilnik, valjčni drobilnik, drobilniki z noži, krogelni mlini in drobilniki z mlini na zračni tok.

Zdrobljene odpadke lahko ločujemo po velikosti delcev odpadkov s siti in po vrsti materiala z separatorji. Ločevanje po velikosti delcev odpadkov poteka v državah EU z bobnastimi siti ali s horizontalnimi valovitimi siti. Ločevanje po vrsti materiala lahko poteka po elektro magnetnih lastnostih, optičnih lastnostih in po principu flotacije. Za ločevanje po vrsti materiala po elektro magnetnih lastnostih pa se uporablja tudi ločilnik železa (Ojsteršek, Samec, Grilc, 2006). Za izločanje posameznih vrst plastike (npr. PVC) se uporabljajo NIR-senzorske naprave. Izločanje s takimi napravami in magnetnimi separatorji je bolj učinkovito, če MKO v fazah MBO ne zdrobimo in če lahko frakcijo odpadkov predhodno osušimo v tunelu za sušenje (Schu, 2009).

## 5.2 Biološka obdelava

»Glede na potrebno prisotnost kisika delimo biološke procese na aerobne in anaerobne. Biološka razgradnja – kompostiranje po aerobnem postopku lahko poteka na prostem v kopah

*trikotne ali trapezaste oblike, v kopah na pokritih ali polzaprtih površinah ali v zaprtih prostorih (tunelih, boksih, rotacijski reaktorji, ...), kjer so ves čas pod kontrolo glede temperature, vlage in količine zraka» (Ojsteršek, Samec, Grilc, 2006, str. 10).*

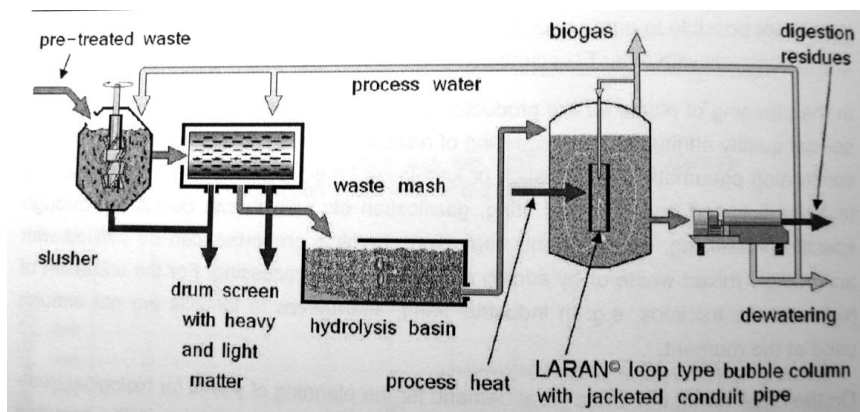
### **5.2.1 Anaerobna razgradnja preostanka odpadkov**

Anaerobna fermentacija se prične z mehanskim izločanjem lahke frakcije, ki gre v pripravo nadomestnega goriva, sledijo sejanje, separacija v zračnem toku na lahko frakcijo, izločanje plastike in kovin. Ostane mešanica predvsem mineralnih materialov, onesnaženih z organskimi snovmi, ki se vodi v proces anaerobne fermentacije, kjer ostanku lahko dodamo še dehidrirano blato komunalnih ČN s 25 % suhe snovi (Ignjatović, 2006).

Anaerobna razgradnja je biološka razgradnja biološko razgradljivih odpadkov brez prisotnosti kisika. Poteka pri nadzorovanih pogojih ob delovanju mikro- in makroorganizmov (vključno z bakterijami, ki iz razkrojnih produktov odpadkov proizvajajo metan). Zaradi higienizacije mora potekati tako, da je v obdobju štiriindvajsetih ur brez prekinitve zagotovljena temperatura najmanj 55°C in da je čas hidravličnega zadrževanja v reaktorju najmanj 20 dni (UL RS št. 62/2008). V anaerobnem procesu se del biorazgradljivega materiala pretvori v bioplin, ki se izrabi v plinskih agregatih za proizvodnjo električne energije. Del toplotne energije se porabi za vzdrževanje procesnih pogojev gnilišč, viški toplotne energije pa se porabijo za sušenje dehidriranega ostanka anaerobne fermentacije. Pridobljeno sekundarno gorivo iz suhe lahke frakcije služi kot nadomestno gorivo v industrijskih pečeh. V ta namen je mogoče izrabiti tudi mulj iz anaerobne fermentacije po sušenju in pripraviti ustrezne frakcije (briketov). V anaerobni fermentaciji se pridobiva širok spekter uporabnih produktov za energetske izrabo: sekundarno gorivo, bioplin, pridobijo se kovine in inertni materiali. Neuporabni ostanki iz tehnološkega sklopa, ki jih je potrebno odložiti, predstavljajo le 20÷25 % od vhodnih količin (Ignjatović, 2006).

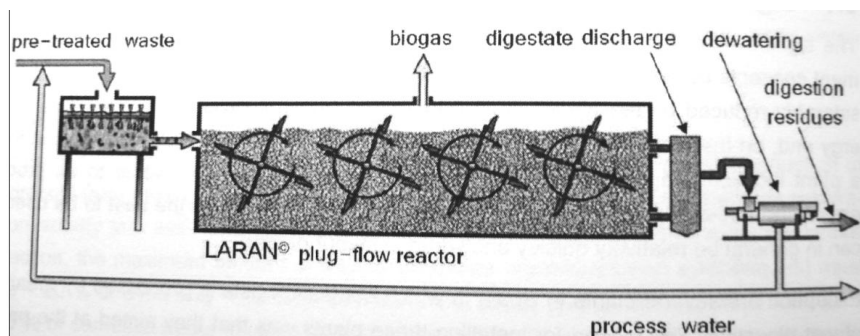
V tujini pri anaerobnem razpadu ločijo suhi in moker postopek razpada preostanka odpadkov. Na nekaterih obratih MBO v Španiji obdelujejo gospodinjske odpadke z mokrim razpadom, ker želijo pridobiti frakcije z izredno kakovostno organsko snovjo. Iz odpada morajo tako odstraniti okrog 20 odstotkov težkih in 40 odstotkov lahkih materialov, kar pa je zahtevno (Pilz, 2007).





Shema 5.2: Shema postopka mokrega razpada biomase (Pilz, 2007, str. 148)

Bolj priljubljen razpad je suhi postopek razpadanja, ki omogoča lažje ravnanje z grobim materialom in nečistočami. Suhi razpad je zelo zmogljiv pri odstranjevanju težkih kovin. Reaktor za suhi razpad ima številne prednosti. Ena izmed teh je, da je sposoben proizvesti velike količine bioplina. Druga prednost pa je minimalen ostanek razpada, ki se izloči z vakuumom, pred-obdelan organski material pa se prenese v presnovališče (Pilz, 2007).

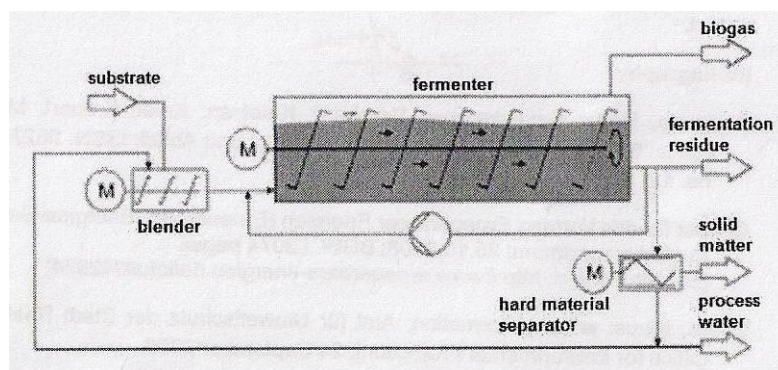


Shema 5.3: Načrt izvedbe bioreaktorja za suho razpadanje (Pilz, 2007, str. 148)

Anaerobna obdelava ima nekaj prednosti v primerjavi z aerobno obdelavo, kot je na primer varčevanje z energijo. Tak način predelave ne potrebuje zračenja, energija se pridobiva s proizvodnjo bioplina in pri anaerobnem načinu obdelave nastaja manj vonjav. Rezultat tega je cenejše odstranjevanje vonjav in ostalih komponent (Stegmann, 2006). V tujini se vedno večji pomen pripisuje postopku razpadanja preostanka odpadka brez prisotnosti kisika, saj z njim dobimo bioplin, ki je obnovljivi vir energije (Pilz, 2007). Bioplin se lahko sežiga na kraju nastanka za proizvodnjo toplote in/ali elektrike ali pa se očisti in izboljša, da doseže kakovost avtomobilskega goriva oziroma naravnega plina, ki se črpa v omrežje (Zelena ..., 2008).

Obrati, na katerih se pridelujejo obnovljivi viri energije, so upravičeni do prejemanja subvencij, hkrati pa s prodajo bioplina zmanjšujejo svoje operativne stroške (Pilz, 2007).

Obrat, na katerem so leta 2008 uvedli fermentacijo (MBT Rostock), je ravno zaradi uvedbe tega procesa svoje letne vhodne količine odpadkov povečal iz 120.000 na 135.000 ton. Polovica biomase, ki se je včasih dovajala v reaktorje za razgradnjo, se sedaj dovaja v proces fermentacije. Preostanki iz fermentacije pa se skupaj z ostalimi organskimi komponentami pošljejo v proces gnitja. Obrati, ki so zamenjali aerobno fazo z anaerobno so tako povečali svoj potencial za pridobivanje električne energije in posledično izboljšali ekonomski ter ekološki položaj obrata. Zaradi fermentacije se v nadaljnjem procesu gnitja ustvari manj emisij, kar pa tudi zniža stroške za njihovo odstranjevanje. Izračunano je bilo, da bodo na obratu za MBO Rostock s postavitvijo naprave za fermentacijo zmanjšali emisije za 1.5 % (Nelles, Westphal, Morscheck, 2009).



Slika 5.4: Potek suhe fermentacije v fermentorju (Nelles, Westphal, Morscheck, 2009, str. 223)

Preden gredo biološki odpadki in organske frakcije mešanih kom. odpadkov v anaerobno obdelavo, je potrebno iz njih izločiti tujke, kot so pesek, prod, steklo in plastika. S tem preprečimo nastanek raznih poškodb na opremi obrata za MBO. Tujke je potrebno izločiti predvsem pred začetkom postopka mokre anaerobne presnove, zadnje ugotovitve pa kažejo da tudi pred začetkom suhe presnove (Schu, 2008).

Ugotavljajo, da frakcija nastala pri MBO v procesu mokre anaerobne obdelave, ki se jo je do nedavnega odlagalo na odlagališče, ni nujno da se jo še naprej odlaga. Iz nje bi bilo pametno izločiti koristno organsko in mineralno frakcijo. Zato bo v postopku MBO potrebno

izpopolniti predvsem tehnike ločevanja različnih materialov, s čemer bi se povečal delež materialov primernih za ponovno uporabo, to je reciklažo (Kuehle-Weidemeier, Joffre, 2009).

### **5.2.2 Aerobna razgradnja oziroma gnitje**

Pri popolnem aerobnem razkroju pa se ob porabi kisika organska snov pretvori v ogljikov dioksid, vodo in amonijak. Za proces intenzivnega gnitja (izraz za aerobno razgradnjo v tuji literaturi) je na obratu za MBO značilna aktivna aeracija. Z aeracijo pride v sistem kisik, hkrati pa z zračenjem iz sistema odstranimo presežek toplote. Z odstranitvijo toplote se iz sistema z odsesanim zrakom odstrani tudi voda, zaradi česar pride do nenačrtovanega biološkega sušenja odpadnega materiala in material je potrebno škropiti. Za optimalen proces intenzivnega gnitja, morata biti intenziteta zračenja in škropljenja prilagojena mejnim pogojem. Glede na obseg obdelane mokre mase odpadkov ločimo dva sistema intenzivnega gnitja:

- kontejner za intenzivno gnitje, kjer se v povprečju obdela 18 ton mokre mase na kontejner
- tunel za intenzivno gnitje, v katerem se obdela 240 ton mokre mase odpadkov.

Faktorji, ki bistveno vplivajo na aerobni razkroj in na pretvorbo v procesih, so vsebnost kisika, temperatura in vsebnost vode v sistemu ter v odpadnem materialu. V različnih študijah v Nemčiji so prišli do sledečih pogojev, pod katerimi je postopek lahko optimalen:

- vsebnost kisika:

Minimalna zahtevana koncentracija kisika znaša od 16 do 18 % volumna. Značilno zaviranje mikrobne aktivnosti se pojavi, če vsebnost kisika v odsesanem zraku znaša manj kot 10 % volumna.

- temperatura:

Energija, ki se sprosti pri reakcijah aerobnega razkroja v obliki toplote lahko ustvari temperaturo mešanice do 80°C. Optimalna temperatura v procesu, to je v odpadkih, znaša med 50°C in 60°C.

- vlaženje:

Mikroorganizmi lahko sprejmejo samo hranila v raztopljeni obliki, zato mora imeti sistem zadostno količino vode. Mokra masa odpadkov vsebuje od 45 % do 55 % vode. S stalnim škropljenjem nadomestimo vlago, ki se odstranjuje z odsesanim zrakom, kar pa je odvisno od intenzitete zračenja.

- zračenje / aeracija:

Naloga zračenja je, da v sistem pripelje kisik in da iz sistema odstrani vročino. Da se pokrije potreba po kisiku mora v sistem prihajati od 2 do 15 m<sup>3</sup>/kg oDM m<sup>3</sup> zraka na kilogram razkrojene suhe organske mase. Ker znaša v sistemu temperatura 55°C, mora v sistem pritekati zrak z volumnom med 22 in 150 m<sup>3</sup>/kg suhe organske mase.

- obračanje:

Z obračanjem odpadnega materiala povzročimo homogenizacijo in tresenje, kar pa poveča poroznost in pretok zraka (Mahl, 2007).

Strokovnjaki ugotavljajo, da na obratih za MBO, kjer se organske frakcije samo aerobno obdelajo, ostane veliko energije, ki je zajeta v organski materiji, neizkoriščene. Poleg tega imajo aerobni obrati višje stroške, zaradi porabe energije za aeracijo organske mase ter za čiščenje pri tem nastalih emisij z RTO (Nelles, Westphal, Morscheck, 2009).

### **5.2.3 Aerobna biološka stabilizacija**

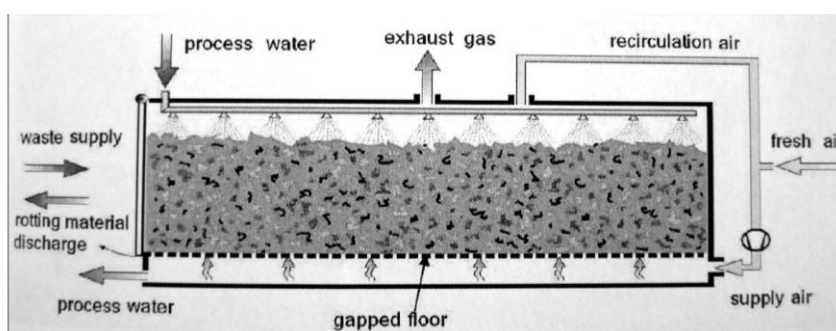
Aerobna biološka stabilizacija se vrši v zaprtem procesu. Proces je sestavljen iz:

- aerobne obdelave s sušenjem odpadkov cca. 15 dni
- mehanske obdelave preostanka: izločanje lahke frakcije za pripravo sekundarnega goriva oz. nadomestnega goriva
- izločanje kovin (Fe in barvnih) ter mineralne frakcije.

Cilj aerobne biološke stabilizacije je doseči predpisano kurilno vrednost ostanka odpadkov, ki je primeren za sežig ali sosežig, to je več kot 11.000 kJ/kg. Brez dodatne termične obdelave tudi biološko stabiliziran ostanek odpadkov po separaciji goriva ni primeren za odlaganje na klasičnem odlagališču, saj ne dosega spodnje meje deleža TOC (< 5% biorazgradljivih frakcij

v suhi snovi odpadkov), običajno pa presega tudi dovoljeno kurilno vrednost. Evropska direktiva 99/31/ES dovoljuje možnost razgradnje ostanka odpadkov iz procesa aerobne stabilizacije (po izločitvi gorljive frakcije) v bioreaktorskem tipu odlagališč. Bioreaktorsko odlagališče je tisto, kjer je dovoljeno odlaganje odpadkov z večjo vsebnostjo biorazgradljivih organskih snovi. Na takem odlagališču se kontrolirano vodi proces razgradnje odloženih odpadkov z vzdrževanjem optimalnih pogojev vlažnosti in temperature, pri tem nastajajoči plini pa se izrabljajo za pretvorbo v električno energijo. Koristno se lahko uporabi tudi odpadna toplota. Odpadne vode se uporabijo za potrebe tehnologije, viški pa se predčistijo na čistilni napravi (Ignjatović, 2006).

V tujini uporabljajo zaprt tunelski reaktor, v katerem poteka stabilizacija preostanka odpadkov in sušenje predvsem ostankov razpada. Tunel za kompostiranje ima precej procesnih prednosti, kot so: kontrola optimizacije procesa s parametri za kisik in temperaturo, ter sposobnost avtomatiziranega hranjenja in izločanja (Pilz, 2007).



Slika 5.5: Tunelski kompostirni reaktor (Pilz, 2007, str. 149)

### 5.3 Tehnike obdelave bioloških odpadkov

Možnosti ravnanja z biološkimi odpadki so odvisne od lokalnih razmer; npr. gostote prebivalstva, infrastrukture, podnebja ter trgov za prodajo proizvodov (kompost, bioplin, toplotna energija).

Obstajata dva toka bioloških odpadkov. Prvi tok so zeleni odpadki iz parkov in vrtov, ki vsebujejo 50÷60 % vode in več lesa. Drugi tok predstavljajo kuhinjski odpadki, ki pa vsebujejo več vode (do 80 %), manj lesa in NaCl.

V EU obstaja več različnih tehnik ravnanja z biološkimi odpadki. Predvsem v novih državah članicah še vedno več kot 80 % mešanih komunalnih odpadkov odložijo na odlagališčih skupaj z biološkimi, saj te ločeno ne zbirajo. V nekaterih državah (Švedska, Danska) bioloških odpadkov ne zbirajo ločeno, ampak jih sežgejo kot del komunalnih trdnih odpadkov za sproizvodnjo elektrike in toplote. Biološki odpadki zaradi svoje vlage zmanjšujejo učinkovitost sežiganja, zato je bolje, če jih ločeno zbiramo že na izvoru (Zelena knjiga..., 2008).

Hkrati pa s sežigom bioloških odpadkov izgubimo koristne organske snovi, ki bi jih lahko s kompostiranjem pretvorili v kompost in tako zmanjšali uporabo umetnih gnojil v kmetijstvu.

Nekatere države (Nemčija, Avstrija, Španija, Italija) ločeno zbrane biološke odpadke obdelajo aerobno ali anaerobno. Kompostiranje (aerobna obdelava) je najbolj prisoten način obdelave bioloških odpadkov. Uporablja se predvsem za obdelavo zelenih odpadkov in lesnega materiala, iz česar dobimo kompost. Anaerobna presnova je primerna za obdelavo vlažnih bioloških odpadkov (kuhinjski odpadki) in poteka v reaktorjih, pri čemer se ustvarita bioplina in pregneto blato. Bioplina se uporablja kot biogorivo za promet ali pa dovaja v distribucijsko omrežje. Pregneto blato se lahko naknadno še kompostira in uporabi podobno kot kompost.

Z anaerobno obdelavo mešanih komunalnih odpadkov na obratih za MBO se pridobijo podobne količine bioplina kot pri obdelavi samo ločeno zbranih bioloških odpadkov, vendar pa je pri MBO problematična nadaljnja uporaba njenih ostankov na zemljiščih (Zelena knjiga..., 2008).

V strokovnih krogih se postavlja vprašanje ali je na kmetijskih površinah varno odlagati kompostu podoben material, ki nastane pri MBO. Takemu kompostu pravimo tudi sivi kompost ali CLO (*compost-like output*), ki nastane pri MBO mešanih komunalnih odpadkov. V Veliki Britaniji so glede uporabe takega komposta na kmetijskih in drugih površinah zelo skeptični, saj obstaja sum, da se v njem lahko nahajajo sledovi Zn, Cr, Cd, mikroonesnaževalcev, triklosana, benzo-a-piren in ftalatov. Strokovnjaki v Veliki Britaniji so mnenja, da bi se CLO moral odlagati na točno določenih območjih z določeno vrsto prsti. Opažajo, da se je tehnologija MBO zadnja leta izboljšala, s tem pa se je zvišala tudi kakovost CLO. Kljub temu pa še vedno ni enotnih standardov glede kvalitete CLO, ki bi bili enaki za vse države članice EU (Purchase, 2009).

Skupni potencial za ločeno zbiranje bioloških odpadkov je ocenjen na 150 kg/prebivalca na leto, pri čemer so zajeti kuhinjski, vrtni odpadki iz gospodinjstev, vrtni iz javnih površin ter odpadki iz živilske industrije.

Kompost se v EU uporablja v kmetijstvu (50 %), za urejanje krajine (20 %), proizvodnjo rastnih substratov in prsti ter za zasebne potrošnike (Zelena knjiga..., 2008).

Glede na to, da smo v EU priča vsakoletnim obsežnejšim poplavam in orkanskim vetrovom, ki odnašajo humus na kmetijskih površinah, se bo tako morda povečal interes za pridobivanje visoko kakovostnega komposta. Tega je mogoče pridelati samo iz ločeno zbranih bioloških odpadkov, ki vsebujejo zelo malo ali nič kontaminantov (težkih kovin, NaCl, ...) in ga je dovoljeno odlagati na kmetijskih površinah. Pri tem se postavlja vprašanje ali je kompost pridobljen iz ostankov zelenjave, sadja, vej sadnega drevja, ki so bili škropljeni s fitofarmaceutskimi sredstvi, primerno za pridobivanje komposta.

Kompost, ki se v nekaterih državah (Francija, Španija) pridobiva iz mešanih odpadkov, se uporablja na kmetijskih površinah, za sanacijo tal in prekritje odlagališč odpadkov. Tak kompost je slabe kakovosti, saj se biološki odpadki pri mešanem zbiranju odpadkov hitro kontaminirajo, v njem pa se lahko nahajajo težke kovine, nečistoče in obstojne organske snovi (PCB, PCDD). Z uporabo takega komposta se v tleh in rastlinah nalagajo nevarne snovi. Tak kompost se pridobiva predvsem v državah (Francija, Španija), ki nimajo razvitih trgov za kompost. Večina držav ima standarde o uporabi in kakovosti komposta, vendar se med seboj bistveno razlikujejo (Zelena knjiga, ...2008).

V Zeleni knjigi o ravnanju z biološkimi odpadki v Evropski uniji ugotavljajo, da niso vsa območja primerna za ločeno zbiranje bioloških odpadkov. Na gosto naseljenih področjih je čistost vnosa slaba, na redko poseljenih območjih pa je ločeno zbiranje predrago zaradi velikih stroškov prevoza. Na podlagi tega na redko poseljenih območjih predlagajo individualno ali skupinsko kompostiranje v gospodinjstvih.

## **6 ENERGETSKA IZRABA PREOSTANKA MEHANSKO - BIOLOŠKO OBDELANIH KOMUNALNIH ODPADKOV**

Evropska okoljska zakonodaja podpira nadzorovano sežiganje odpadkov za namene energetske izrabe. V EU tako deluje več kot 400 objektov izrabe energije iz odpadkov, ki so postavljeni v vseh članicah, razen v petih novih. V EU je vedno bolj razširjen koncept, ki predvideva izrabo energije iz preostankov mehansko-biološko obdelanih komunalnih odpadkov in blata iz čistilnih naprav (v nadaljevanju ČN) v skupnem objektu za termično obdelavo sekundarnega goriva (Priložnost za ....., 2008).

Termična obdelava odpadkov z energetske izrabo je zaradi visokih okoljevarstvenih zahtev tehnološko in procesno zahteven postopek. V ta postopek je potrebno usmeriti odpadke ali preostanke odpadkov, ki z ekonomskega vidika nimajo več nobene snovne vrednosti in jih ni mogoče usmeriti v noben postopek, hkrati pa imajo zadostno kurilno vrednost. Gre za odpadke kot so:

- del komunalnih odpadkov, ki preostane po ločenem zajemu zbranih frakcij (preostali mešani komunalni odpadki),
- v procesih MBO izločena lahka frakcija preostanka odpadkov po ločenem zbiranju, posamezne vrste odpadkov, ki so preostanki in nastanejo v raznih stopnjah razvrščanja, predobdelave, obdelave ali snovne izrabe in recikliranja posameznih skupin ločeno zbranih frakcij in jih je možno energetske izrabiti in
- posamezne vrste odpadkov iz gospodarstva, obrti in ustanov, ki so podobni odpadkom iz gospodinjstev in jih je možno energetske izrabiti.

Poleg komunalnih odpadkov je smiselno in ekonomično termično obdelati z energetske izrabo še posamezne frakcije odpadne embalaže, blata čistilnih naprav, živalske stranske proizvode, odpadke iz zdravstva in druge organske odpadke iz industrije (Operativni..., 2008).

V Sloveniji imamo le manjšo napravo termične obdelave odpadkov. Obratuje od jeseni leta 2008 v Celju in je zasnovana kot toplarna. Termična obdelava komunalnih odpadkov na toplarni omogoča energijsko izrabo lahke frakcije preostanka komunalnih odpadkov po ločenem zbiranju in s tem proizvodnjo toplotne in električne energije. Lahka frakcija (papir, karton, plastika, folije, tekstil, les) se izloči v sistemu MBO in predstavlja, skupaj z blatom iz



centralne ČN, gorivo za kurilno napravo v Toplarni. Proizvedena električna energija se dovaja v distribucijsko omrežje, toplotna energija pa se uporablja v sistemu daljinskega ogrevanja mesta Celje.

Osnovni razlogi za izgradnjo Toplarne Celje so predvsem energijska izraba odpadkov za pokrivanje dela energetskih potreb v mestu Celje, izpolnjevanje strogih zahtev glede vsebnosti bio-razgradljivega ogljika v odloženih odpadkih na odlagališču nenevarnih odpadkov po letu 2008 (manj kot 5 % organskega ogljika in kurilna vrednost nižja od 6 MJ/kg suhe snovi) in odstranjevanje blata iz centralne ČN Celje.

Kot najbolj primeren postopek termične obdelave za celjsko regijo je bil izbran modularni sežig na rešetki. Pri taki tehnologiji poteka zgorevanje v dveh stopnjah, v primarni in sekundarni komori. V primarni komori poteka proces zgorevanja s primanjkljajem zraka, zato prevladujejo pirolitično-uplinjevalni procesi. Pri tem se razvijejo velike količine dimnih plinov, ki potujejo v sekundarno komoro. V sekundarni komori prevladuje temperatura do 1200°C, kar ob intenzivnem mešanju s sekundarnim zrakom in zadostnim časom zadrževanja zagotavlja popolno zgorevanje vseh organskih snovi, vključno z eventualno nastalimi polikloriranimi bifenili (PCB), polikloriranimi dibenzo dioksini (PCDD), polikloriranimi dibenzo furani (PCDF) in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH) v primarni komori.

Izbrano tehnologijo zgorevanja odlikuje zelo kontroliran proces zgorevanja in nizka emisija prahu v dimnih plinih, kar ugodno vpliva na zmanjšanje možnosti nastanka škodljivih snovi (težke kovine, dioksini in furani) med ohlajanjem dimnih plinov ter manjše količine ostankov po čiščenju dimnih plinov. Čiščenje dimnih plinov zajema izločanje delcev, dušikovih oksidov, kislih plinov (SO<sub>2</sub>, HCl in HF) in eventualno prisotnih organskih snovi ter težkih kovin.

S postopkom termične obdelave se zagotovi vsebnost TOC v pepelu in žlindri pod mejno vrednostjo za inertne odpadke (vsebnost TOC manj kot 3 %). Pepel in žlindra predstavljata inertni oziroma nenevarni odpadki, ki ga lahko odložimo na odlagališču za nenevarne odpadke.

Toplarna Celje omogoča, da se bo količina odloženih odpadkov na deponijo zmanjšala za 65 %. Na ekološko primeren način se bo s sežigom rešil problem blata iz komunalne čistilne

naprave in toplota, pridobljena s sežigom, se bo izkoristila v kogeneraciji za proizvodnjo elektrike in toplote. Z okoljskega vidika bosta kot pozitivna vpliva dosežena neto prihranek fosilnega goriva in manjšanje količine TGP in TOC (Termična obdelava..., 2008). Poleg celjskega obrata bo potrebno za termično obdelavo lahke frakcije odpadkov v Sloveniji zgraditi še več podobnih obratov. Umestitev takih objektov termične obdelave je smiselna le v regijah z več kot 200.000 prebivalci in to v večjih mestih, kjer je izkazana izrazita potreba po toplotni energij (Operativni ..., 2008).

Plastika, ki tvori lahko frakcijo odpadkov, iz katere se izdelata RDF, vsebuje onesnažila kot so: klor, brom in težke kovine (živo srebro, svinec, kadmij, antimon). Čeprav upravljalci cementnih peči in elektrarn na premog izvajajo meritve emisij, ki nastanejo pri sežigu plastike, morajo biti pri njihovi uporabi previdni. Koncentracija antimona v plastiki je 1000÷2000 - krat večja kot je v premogu. V Nemčiji znaša mejna vrednost za antimon v RDF 50 mg/kg. Vse do danes v industriji, ki proizvaja plastiko, niso bile določene nobene omejitve za vnos antimona v plastiko. Plastika danes vsebuje tudi 2000 mg/kg svinca, medtem ko znaša njegova mejna vrednost za uporabo v pečeh za sosežig 70 mg/kg. Uporaba svinca bo do leta 2015 zmanjšana. V PVC-ju se nahaja tudi živo srebro, katerega mejna vrednost za sosežig znaša 0,6 mg/kg.

V napravah za sosežig z namenom pridobivanja toplote in elektrike je dovoljen sežig vseh vrst plastike. Ker klor, ki se nahaja v PVC-ju, ob visoki temperaturi v kombinaciji s težkimi kovinami in alkani povzroča v kotlih korozijo, obstajajo določene omejitve. Mnogi obrati za sosežig smejo sežigati material, ki vsebuje največ 1 % klora. Klor namreč zvišuje stroške povezane z odstranjevanjem ostanka od sežiga in popravljanjem kotlov zaradi nastanka korozije (Schu, Niestroj, Schu, 2009).

## 7 MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV IN EMISIJ, KI NASTAJAJO PRI MBO

Za presojo postopkov MBO je bilo preizkušenih čez 20 različnih kemijskih, biokemijskih in bioloških parametrov, predvsem tistih, ki so v korelaciji z emisijami deponijskega plina in izcednimi vodami. Kot primerni se uporabljajo sledeči parametri:

- tvorba deponijskega plina v času 21 dni ( $GB_{21}$ )
- biološka poraba kisika v štirih dneh – aktiviteta respiracije ( $AT_4$ ) in
- TOC eluat (Samec, 2005).

Parametri, ki se merijo na onesnaženem zraku, ki nastaja med samim potekom MBO, so: smrad, prah, VOC,  $N_2O$  in dioksin.

Preglednica 7.1: Pregled nastajanja emisij v različnih fazah MBO (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007, str. 527)

<i>KOMPONENTA</i>	<i>PROCESNI KORAK</i>	<i>GLAVNA ONESNAŽILA</i>
<i>zapornica</i>	prihod kamiona v obrat	vonjave
<i>hala za dostavo</i>	raztovarjanje odpadkov s tovornjaka v raven bunker, nalaganje s kolesnim nakladalnikom v grob drobilec	prah, vonjave, odsesan zrak, organski ogljik
<i>hala za obdelavo</i>	splošna obdelava in kondicioniranje: drobljenje in sortiranje odpadkov, namakanje gnilih frakcij	prah, vonjave
<i>kompostirna hala</i>	polnjenje in praznenje kompostirnih enot	vonjave, organski ogljik, $NH_3$ , vodna para
<i>kompostirni moduli</i>	kompostiranje	vonjave, organski ogljik, $NH_3$ , visoka koncentracija, vodna para
<i>фина obdelava</i>	zračno presejanje (presejanje z vpihovanjem zraka)	vonjave, prah

### 7.1 Slovenija

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov nalaga upravljavcu naprave za MBO odpadkov, da zagotovi, da mehansko-biološko obdelani odpadki pred odlaganjem izpolnjujejo zahteve za mehansko-biološko obdelane komunalne odpadke, ki se odlagajo na odlagališču za nenevarne odpadke ter da pred odlaganjem dosežejo stabilizacijo. Odpadki so stabilizirani takrat, ko njihova sposobnost sprejemanja kisika, izražena v  $AT_4$ , ne presega mejne vrednosti  $10 \text{ mgO}_2/\text{g}$  suhe snovi biološko razgradljivih odpadkov (UL RS št. 62/2008). Če ministrstvo za posamezno odlagališče za nenevarne odpadke dovoli MBO, se tako obdelani komunalni

odpadki lahko odlagajo na tem odlagališču, če njihova onesnaženost ne presega mejnih vrednosti parametrov onesnaženosti in mejnih vrednosti parametrov izlužka za nenevarne odpadke iz Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Pri tem se mejne vrednosti za raztopljen organski ogljik (DOC) ne upoštevata, vsebnost celotnega organskega ogljika (TOC) pa ne sme presegati 18 % mase mehansko-biološko obdelanih komunalnih odpadkov (UL RS št. 32/2006).

Preglednica 7.2: Mejne vrednosti parametra onesnaženosti nenevarnih odpadkov z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi (UL RS št. 32/2006)

<i>Parameter</i>	<i>Mejna vrednost parametra onesnaženosti</i>
<i>celotni organski ogljik - TOC</i>	18 % mase suhe snovi
<i>kurilna vrednost</i>	< 6.000 kJ/kg

S poznanimi postopki predelave odpadkov v raznih različicah MBO se delež celotnega organskega ogljika v produktu giblje v najboljšem primeru med 16 % in 18 %, le izjemoma tudi manj (Operativni ..., 2008).

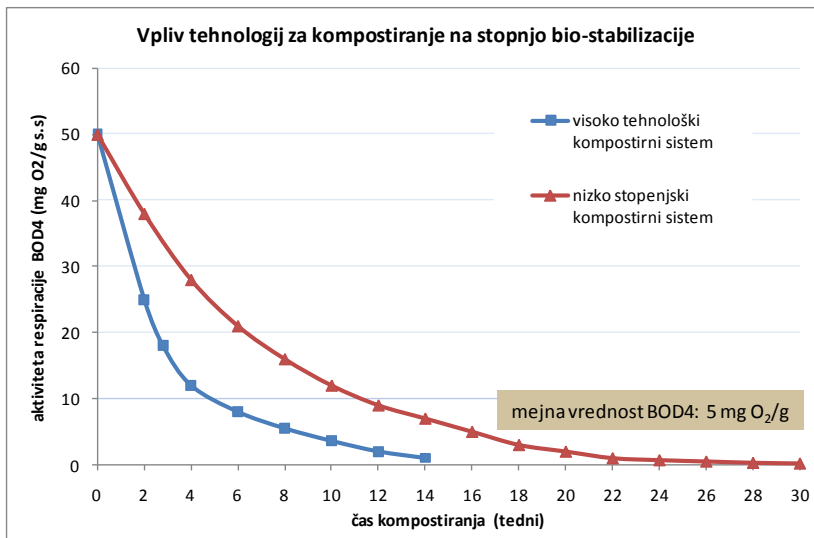
## **7.2 Avstrija, Nemčija in Velika Britanija**

### **7.2.1 Parametri za odlaganje mehansko-biološko obdelanih odpadkov**

Evropski standardi zahtevajo drastično zmanjšanje emisij na bodočih odlagališčih. Pri tem se ne upoštevajo samo izgube celotne mase odpadkov zaradi razgradnje, ampak tudi stopnja aktivnosti materiala, ki gre na odlagališče (Lubke, 2007). Nemčija in Avstrija imata zaradi dolgoletnih izkušenj iz MBO dokaj enake zahteve na področju MBO (Pilz, 2007). V Nemčiji mora po uredbi ostati aktivnost končnega produkta pod  $AT_4 < 5 \text{ mgO}_2/\text{g}$  in v Avstriji pod  $AT_4 < 7 \text{ mgO}_2/\text{g}$  (Lubke, 2007). V Avstriji so mejne vrednosti za mehansko biološko predobdelavo komunalnih odpadkov v veljavi že od leta 2005. V Nemčiji pa je z uvedbo direktive odlaganju odpadkov na odlagališčih (99/31/ES) dovoljeno od 1.7.2005 odlagati le toplotno ali mehansko-biološko predobdelane komunalne odpadke (Stegmann, 2006).

V Veliki Britaniji se velika odstopanja pojavljajo v zvezi z respiratorno aktivnostjo  $AT_4$ , kjer se parameter  $DR_4$  (*Dynamic Respiration Index*) uporablja v nasprotju s parametrom SRI (*Static Respiration Index*), ki ga uporabljajo v Nemčiji in Avstriji (Pilz, 2007).

V Nemčiji namesto parametra aktiviteta respiracije ( $AT_4$ ) uporabljajo tudi parameter biološka potreba po kisiku v času 4 dni ( $BOD_4$ ), ki se uporablja se za ugotavljanje biološkega razkroja in stabilnosti organske snovi (Neubauer, 2007) .



Slika 7.1: Vpliv tehnologij za kompostiranje na stopnjo bio-stabilizacije ( Muller, 2007, str. 95)

Potek krivulje je podoben poteku krivulje za parametre kot so: TOC v eluatu in stopnja formiranja plina v 21 dneh ( $GF_{21}$ ) (Neubauer, 2007).

Odpadki, ki so bili mehansko-biološko obdelani, morajo pred odlaganjem na odlagališče izpolnjevati mejne vrednosti za biološko stabilizacijo in emisijske vrednosti. Tako se odložijo le odpadki z nizko reaktivnostjo in nizko kurilno vrednostjo ( Neubauer, 2007).

Preglednica 7.3: Mejne vrednosti za mehansko-biološko obdelane odpadke, ki jih predlaga Evropska direktiva o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Muller, 2007, str. 99)

	<i>Mejne vrednosti iz EU direktive o odlaganju odpadkov na odlagališčih</i>
<i>aktiviteta respiracije (<math>AT_4</math>)</i>	< 10 mg/g DM
<i>celotni organski ogljik v eluatu (TOC eluat)</i>	< 500 mg/l

Da bi dosegli vrednosti v zgornji tabeli mora v tunelu za kompostiranje potekati aerobna razgradnja od 4 do 6 tednov. Pri takem razkroju se količine biorazgradljivih komunalnih odpadkov zmanjšajo za 50 % (Muller, 2007).

Preglednica 7.4: Nemške mejne vrednosti za odpadke, ki se odlagajo na odlagališčih (Stegmann, 2005, str. 1)

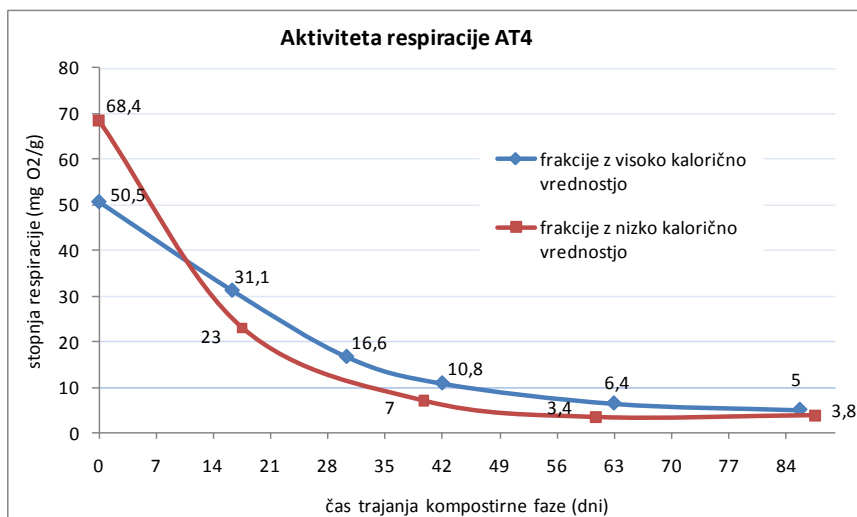
Parameter	Mejna vrednost
<i>aktiviteta respiracije (AT<sub>4</sub>)</i>	≤ 5 mg O <sub>2</sub> /g s.s.
<i>potencial nastajanja plina (GF<sub>21</sub>)</i>	≤ 20 N ml/g s.s.
<i>TOC eluat</i>	≤ 250 mg/l
<i>TOC</i>	≤ 18 mase %
<i>kurilna vrednost</i>	≤ 6000 kJ/kg

Vrednosti v zgornji tabeli zagotavljajo izboljšanje emisij odlagališčnega plina in izlužka, za več kot 90 %, kar je precej več, kot pa zahteva evropska direktiva o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Vsaka država tako lahko postavi standarde, ki so višji od tistih, ki jih postavlja EU.

V Veliki Britaniji so se odločili za pristop, ki je drugačen od pristopa v Nemčiji in Avstriji. Mejnih vrednosti nimajo, ampak imajo premično lestvico, ki prikazuje izgubo mase in spremembo biostabilnosti, zaradi odvzemanja biorazgradljivih komunalnih odpadkov. Za najbolj primeren parameter v Veliki Britaniji je bil izbran dinamični indeks respiracije čez 4 dni (DR<sub>4</sub>) (Muller, 2007).

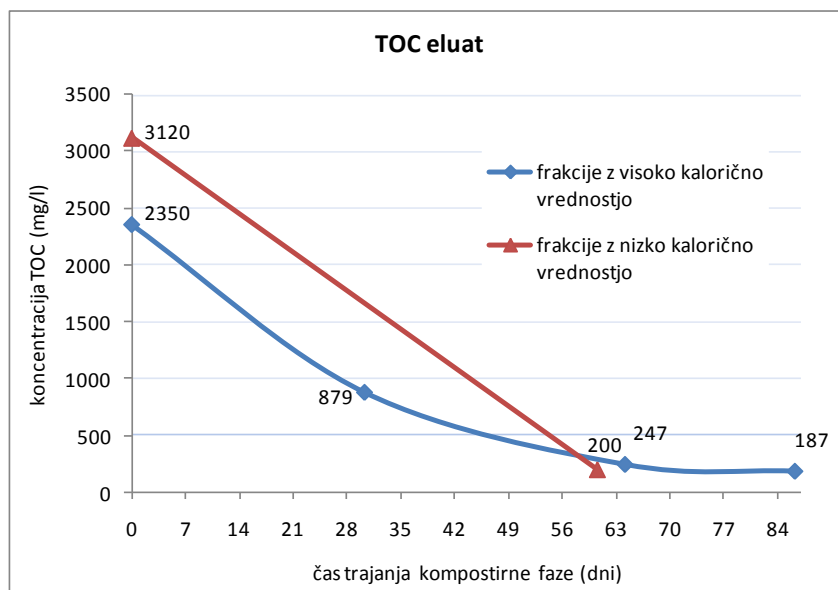
Na obratu Canford New earth za MBO v Veliki Britaniji so s testnimi poskusi testirali izvedbo celotnega procesa biološke obdelave kot tudi ali biološka obdelava izpolnjuje današnje zahteve evropskih uredb. Testirali so material, ki je nastal iz neločenih gospodinjskih odpadkov, iz katerih so po drobljenju in pred biološko obdelavo odstranili prevelike lahke frakcije. V času obdelave, ki je trajala 4 tedne, je raven razkroja dosegla 35 % dM izgube suhe snovi, hkrati pa so prišli do naslednjih ugotovitev:

Mejna vrednost za AT<sub>4</sub>, ki znaša za Avstrijo < 7mg/g s.s., je bila v odprtem sistemu dosežena po 6-ih tednih kompostiranja. Mejna vrednost AT<sub>4</sub> za Nemčijo pa po 8 tednih kompostiranja. Ostali testi, kot npr. GFR<sub>21</sub> (*gass formation rate in 21 days*) so pokazali enake rezultate.



Slika 7.2: Mejna vrednost za AT4 (Lubke, 2007, str. 169)

Mejno vrednost za TOC eluat, ki znaša za Avstrijo in Nemčijo manj kot 250 mg/l, je mogoče doseči med 8 in 9 tednom kompostiranja.



Slika 7.3: Mejna vrednost za TOC eluat (Lubke, 2007, str. 170)

### 7.2.2 Parametri onesnaženega zraka nastalega v procesu MBO

V Avstriji, kjer imajo 16 obratov za MBO, merijo na izpuščenem plinu v okolico iz teh obratov parametre kot so: vsebnost organskih snovi, dušikov dioksid, amonijak, celotni prah in smrad. Dovoljena koncentracija celotnega ogljika znaša  $40 \text{ mg/Nm}^3$ , bolj stroge pa so zahteve za smrad, ki znašajo  $500 \text{ OU/m}^3$  (Neubauer, 2007).

Slovenska Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja predlaga za preprečevanje in zmanjševanje emisij snovi iz objektov za MBO odpadkov izvajanje naslednjih ukrepov: tesnenje delov naprav za MBO, zajemanje odpadnih plinov na izvoru, zapiranje krožnih tokov, recikliranje snovi in rekuperacija toplote, recirkulacija odpadnega zraka ter druge ukrepe za zmanjševanje količine odpadnih plinov.

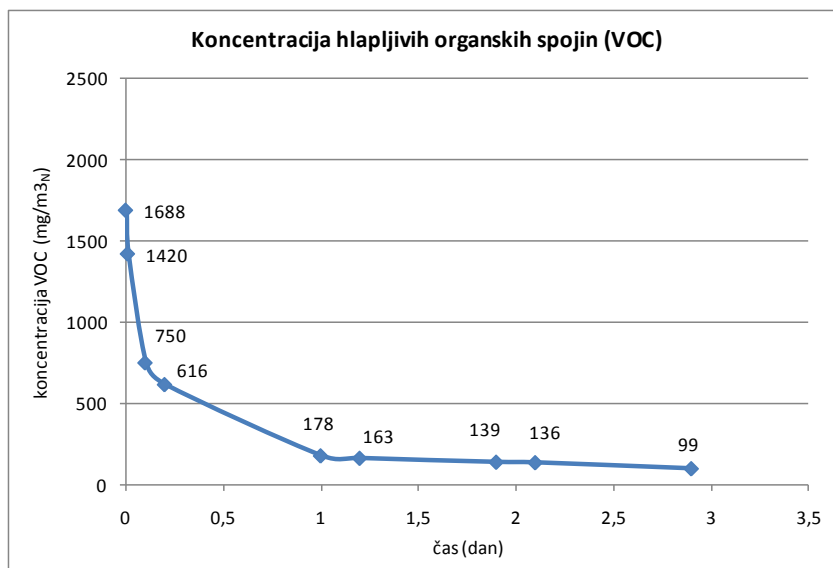
Preglednica 7.5: Mejne vrednosti za odpadne pline iz naprav za MBO po Uredbi o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. l. RS, št. 31/2007)

Parametri	Mejne vrednosti
celotni prah	$< 10 \text{ mg/m}^3$
celotni ogljik	$< 20 \text{ mg/m}^3$
amonijak	$< 30 \text{ mg/m}^3$
$\text{NO}_x$	$< 350 \text{ mg/m}^3$
dioksini / furani	$< 0.1 \text{ ng/m}^3$

Take zakonske zahteve glede emisij, kot tudi pričakovano kvaliteto odsesanega zraka, je mogoče doseči z omejitvijo volumna celotnega odsesanega zraka. Za dosego tega je na nekaterih obratih potrebno zmanjšati dimenzije objekta in uvesti počasnejšo izmenjavo zraka (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007).

V Veliki Britaniji so s poskusi ugotovili, da je koncentracijo emisij hlapnih organskih spojin (VOC) mogoče v procesu stabilizacije zmanjšati v le treh dneh za 94 %.





Slika 7.4: Emisije hlapljivih organskih snovi (VOC) v procesu stabilizacije (Lubke, 2007, str. 170)

## 8 ČIŠČENJE IZPUŠNIH PLINOV NASTALIH PRI MBO

### 8.1 Na splošno o čiščenju odpadnih plinov

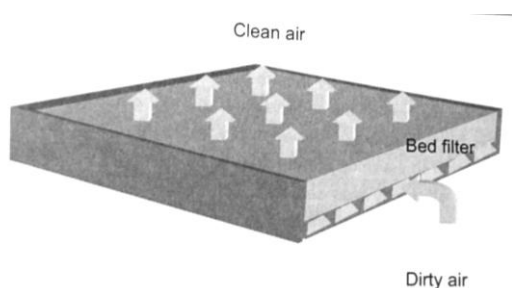
V postopku MBO odpadkov se v kontrolirani pospešeni biološki razgradnji v odvisnosti od izbrane tehnologije razgradi med 25 % in 35 % organskih snovi v CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O, nastajajo pa tudi emisije hlapnih organskih snovi, ki so nosilci neprijetnih vonjav in prašnih delcev. Zato se priporoča zaprt sistem z zajemom in čiščenjem onesnaženega zraka od sprejema odpadkov do odvoza na odlagališče ali do transporta v proces termične obdelave. Pol odprti sistemi, ki imajo sprejemljive začetne stroške, so za slovenski poselitveni vzorec neprimerni, ker so pogosto nosilci neprijetnih vonjav. Objekt MBO (obe obratovalni fazi: aerobna stabilizacija in »zorenje«) tako obratuje pod konstantnim podtlakom, odsesan zrak se prečisti v biofiltrih, v kislinskem pralniku ali z regenerativno toplotno oksidacijo, tehnološka voda in kondenzat pa na čistilni napravi (Operativni..., 2004).

Sistem za čiščenje odpadnega plina predstavlja velik del stroškov na obratih za MBO. Zaželen je tak sistem, ki je sestavljen iz modularne opreme, saj so tako njegovi obratovalni stroški nižji, hkrati pa je sistem bolj fleksibilen (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007).

### 8.2 Naprave za čiščenje izpušnih plinov nastalih pri MBO

#### 8.2.1 Biofilter

Glavna naloga biofiltru, ki so sestavljeni iz mešanice lubja, iver in lesa, je zmanjševanje vonjav v odsesanem plinu iz obratov za MBO.



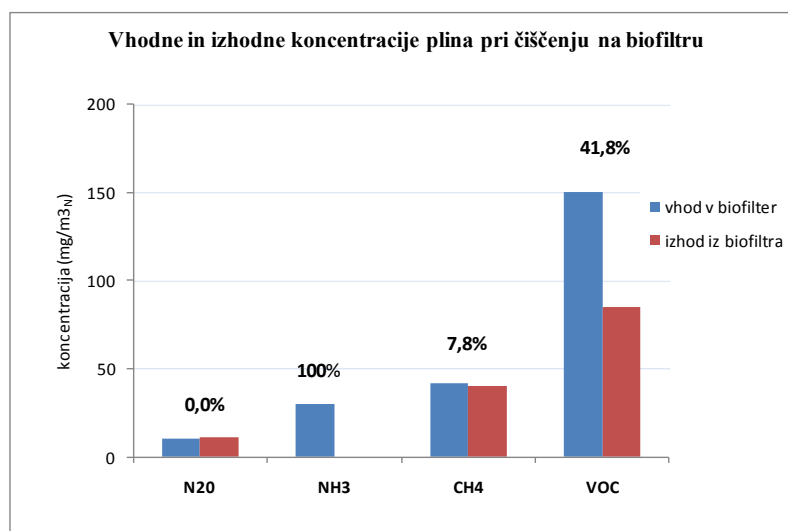
Slika 8.1: Osnovna shema biofiltra (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007, str. 533)

Predpogoj za nemoteno delovanje biofiltrjev je, da odsesan plin ne sme vsebovati prahu in da je zrak skoraj nasičen z vodno paro. Zaradi zaprte strukture je biofiltre težko opazovati in vzdrževati, zato je potrebno odsesan plin najprej očistiti na pralniku za čiščenje plina, ki je navlažen in oborjen. Če je potrebno, se preostali amonijak v odsesanem plinu izloči še z dodatno dozo žveplove kisline (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007).



Slika 8.2: Biofiltri na strehi objekta (Ignjatovič, 2007, str. 9)

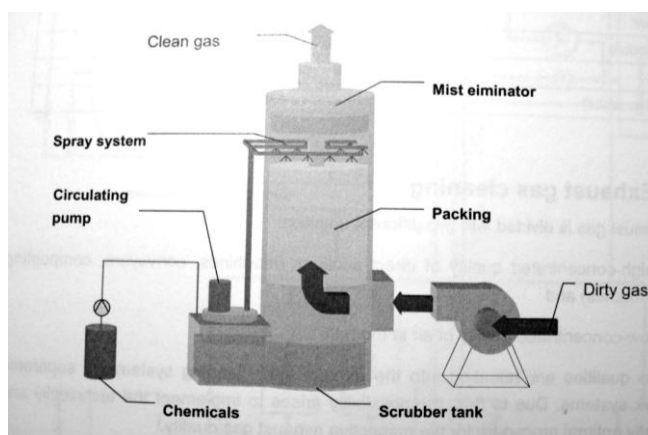
S poskusnimi testih je bilo ugotovljeno, da je z biofiltrom emisije amonijaka ( $\text{NH}_3$ ) mogoče popolnoma odstraniti, medtem ko je količino VOC emisij mogoče zmanjšati le za 41,8 %. Emisije metana ( $\text{CH}_4$ ) z biofiltrom ni mogoče znatno odstraniti, vendar pa nizke stopnje odsesanega procesnega zraka z manj kot  $50 \text{ mg/m}^3$ , ne zahtevajo dodatnega čiščenja (Lubke, 2007).



Slika 8.3: Vhodne in izhodne koncentracije plina pri čiščenju na biofiltru (Lubke, 2007, str. 171)

### 8.2.2 Kislinski pralnik

Iz odsesanega plina je potrebno zmanjšati ne samo emisije vonjav in TOC, ampak tudi emisije smejalnega plina ( $N_2O$ ). Smejalni plin se ne pojavlja med postopkom predelave odpadkov, ampak med procesom čiščenja odsesanega plina kot posledica oksidacije amonijaka. Smejalni plin spada med dušikove okside in povzroča toplogredni učinek. Njegovo tvorjenje in sproščanje pri procesu čiščenja odsesanega plina preprečimo s kislinskim pranjem. S kislinskim pralnikom, ki vsebuje razredčeno žveplovo kislino, odstranimo iz onesnaženega zraka amonijak kot amonijev sulfat (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007). Tako očiščen zrak usmerimo nato na nadaljnje čiščenje, to je na napravo za regenerativno toplotno oksidacijo (Schrap, Hoffmann, 2007).



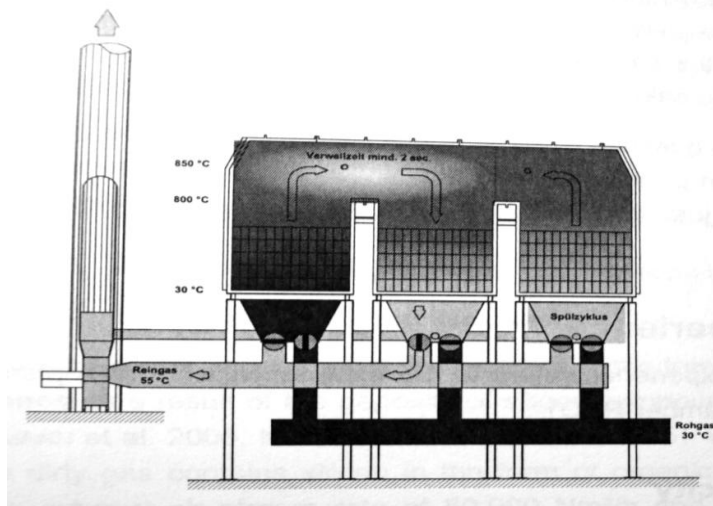
Slika 8.4: Kislinski pralnik (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007, str. 532)

### 8.2.3 Regenerativna toplotna oksidacija - RTO

Odpadni plin iz aerobne biološke obdelave, še posebno iz intenzivne faze gnitja, vsebuje visoke koncentracije dušika in ogljika, ki jih je mogoče odstraniti z regenerativno toplotno oksidacijo (v nadaljevanju RTO). S toplotno obdelavo odpadnega plina je prav tako mogoče odstraniti metan. Tega s kombiniranjem biofiltra in kislinskega pralnika ni mogoče odstraniti (Stegmann, 2006).

RTO spada med bolj kompleksne sisteme za obdelavo odsesanega zraka, s katero v zraku uničimo organske komponente, ne pa tudi prah in smejalni plin. V takih sistemih se odsesan zrak, katerega temperatura znaša  $30^{\circ}C \div 60^{\circ}C$  (odvisno od obrata), segreva do  $800^{\circ}C$  ali  $950^{\circ}C$ .

Med tem procesom večina organskih komponent oksidira. Sledi ohlajanje zraka na 60°C do 100°C, toplota pa se shrani v keramičnih komorah izmenjevalcev toplote (Dach in sod., 2007).



Slika 8.5: Naprava za RTO na obratu z MBO (Dach in sod., 2007, str. 553)

#### 8.2.3.1 Problem siloksanov in korozije

Zaradi oksidacije silicija in hlapenja se v RTO napravi začnejo tvoriti plasti, ki zamašijo izmenjevalnik toplote, zaradi česar je onemogočena absorpcija izpušnega plina. Zaradi tvorjenja teh oblog je potrebno napravo očistiti na vsakih 20 dni. Postopek čiščenja skupaj z izklapljanjem in ponovnim zagonom RTO naprave lahko traja celo 24 ur, kar je velika izguba časa. Zaradi tako pogostega čiščenja se izmenjevalnik toplote obrabi in ga je potrebno zamenjati po dveh letih uporabe (Breeger, 2009). Trenutno torej ni na razpolago tehnike za učinkovito in ekonomično odstranjevanje organskih silicijevih komponent, zato bo glede reševanja te problematike potrebno izvesti še veliko raziskav (Schrap, Hoffmann, 2007; Breeger, 2009).

V halah, kjer poteka biološka obdelava, se nahajajo snovi kot so: halogeni (klor, fluor), amonijak in kisline, ki sprožijo proces korozije. Omenjene snovi prehajajo tudi v napravo za RTO, kjer se poškodbe zaradi delovanja korozije (luknjičavost) lahko vidijo že po treh mesecih obratovanja.

Ker bi izločanje korozivnih snovi iz izpušnega plina povzročilo preveč stroškov, je treba notranjost naprav za RTO opremiti z materiali, ki te naprave varujejo pred korozijo. Ukrepi, ki zmanjšujejo nastanek korozije so naslednji:

- Odvajanje vlage: Izpušni zrak naj bi preden ta vstopi v napravo za RTO ogrevali in ogrevanje zopet ponovili po izstopu zraka iz pralnika. Na ta način bi se zmanjšala relativna vlaga izpušnega zraka in zatrl nastanek kondenzacije v napravi za RTO.
- Zgorevalna komora: Zaradi visoke temperature izpušnega zraka ( $> 50^{\circ}\text{C}$ ) in visoke vlage v napravah za RTO, je potrebno k že vgrajeni notranji izolaciji dodati še dodatno. Zaradi tega ukrepa se zviša temperatura jekla, kar pa prepreči nastanek kondenzacije in posledično korozije.
- Kanal za umazan plin: Za preprečevanje korozije na mestih, kjer se zadržuje umazan izpušni plin, bi naprave za RTO morale biti izdelane iz specialnega jekla. Konvencionalna nerjaveča jekla namreč niso odporna na halogene snovi. Iz ekonomskih razlogov uporaba legiranih materialov za enkrat še ni mogoča. Zaradi tega se v kemični industriji redno uporabljajo visoko kvalitetni premazi. Pri izbiri teh je potrebno poleg kemične odpornosti premaza upoštevati tudi njegovo odpornost na maksimalno temperaturo, ki nastaja v procesu čiščenja izpušnega zraka. Na obratih za RTO, kjer se nahaja umazan plin, se namreč temperatura lahko povzpne tudi do  $200^{\circ}\text{C}$ . To je odvisno od pogojev pod katerimi proces čiščenja poteka. Kot najbolj učinkovit premaz se je izkazal polimerni premaz, ki se sestoji iz večih komponent.

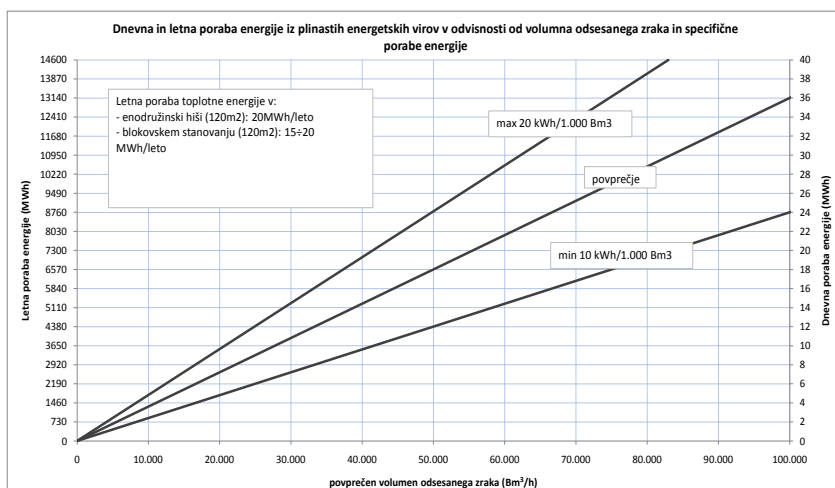
Obrati za RTO, ki se nahajajo na novejših obratih za MBO, so skonstruirani tako, da se da obrabljene površine na napravi za RTO na enostaven način demontirati in zamenjati z novimi.

Novi ukrepi glede preprečevanja korozije so že po šestmesečnem poskusnem izvajanju pokazali dobre rezultate, zato se bodo ti v bodoče začeli izvajati na vseh RTO napravah (Breeger, 2009).

#### 8.2.3.2 Poraba energije na napravi za RTO

Čeprav se večji del vročine obdrži v procesu čiščenja odsesanega plina, porabi naprava za RTO veliko energije (Dach, in sod., 2007). Poraba energije na napravi za RTO je odvisna od načrta RTO naprave, velikosti izmenjevalca toplote, zadrževalnega časa, prostornine odsesanega zraka, temperature neobdelanega zraka, od vsebnosti organskih snovi, kurilne vrednosti neobdelanega zraka in od vzdrževanja same naprave.

Na sliki spodaj je prikazana dnevna in letna poraba energije iz plinastih energetskih virov v odvisnosti od volumna odsesanega zraka in specifične porabe energije. Če se za ogrevanje posamezne hiše na leto porabi 20 MWh energije, potem letna poraba energije na napravi za RTO, ki znaša 10.800 MWh, ustreza letni porabi 250-ih do 500-ih posameznih hiš.



Slika 8.6: Dnevna in letna poraba energije iz plinastih energetskih virov v odvisnosti od volumna odsesanega zraka in specifične porabe energije (Dach in sod., 2007, str. 558)

V Nemčiji so na podlagi poskusov ugotovili, da pri postopku RTO, še posebej pri nizkih koncentracijah umazanega plina in srednje učinkovitih RTO, izpuhti več toplogrednih plinov, kot pa se jih uniči v umazanem plinu (Dach in sod., 2007). Zato je potrebno premisliti, ali je v ekološkem pogledu smiselno uporabiti dragoceno osnovno energijo, da bi tako znižali že tako nizke emisije TOC, na minimum. Iz ugotovljenega sledi, da je z RTO tehnologijo smiselno očistimo le tak zrak, ki vsebuje visoko koncentracijo VOC (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007). Tako se pojavlja želja po optimizaciji naprave za RTO glede porabe energije, hkrati pa se išče tudi alternativa za RTO tehnologijo (Dach in sod., 2007).

### **8.3 Izkušnje v Nemčiji in Avstriji glede čiščenja izpušnih plinov**

Zrak, ki se zadržuje v prostorih za mehansko obdelavo in potuje do hale z biološko obdelavo, se na nekaterih obratih očisti ali le na filtrih za čiščenje prahu, ali samo na biofiltrih, ali s kombiniranjem pralnika in biofiltra ali pa z RTO. Na avstrijskih obratih za MBO se čiščenje onesnaženega zraka najpogosteje izvaja s kombiniranjem pralnika in biofiltra. Na treh obratih od vseh 16-ih se zrak, ki nastane pri aerobni biološki obdelavi, ne čisti. Čiščenje zraka z RTO pa se izvaja le na enem obratu. Vzrok za tako stanje je v tem, da so bila v Avstriji dovoljenja za obratovanje obratov za MBO izdana prej, kot pa so bile izdane dopustne koncentracije zraka, ki se smejo izpuščati iz obratov za MBO (Neubauer, 2007).

V Nemčiji po novem ni dovolj, da se odesan zrak iz objektov za MBO očisti samo na biofiltrih, ampak se zahteva čiščenje z regenerativno toplotno oksidacijo (Dach in sod., 2007). Nekateri naprave za RTO porabijo majhno količino primarnih goriv, ker z vročino, ki jo vsebuje odesan plin, ogrejejo umazan plin, ki ga nameravajo očistiti. Po končani RTO oksidaciji pa uničijo amoniak s kislinsko napravo za čiščenje plina, s čemer preprečijo nastajanje smejalnega plina (Bisdorf, Pfliegensdorfer, 2007).



## 9 PREDNOSTI MBO

MBO odpadkov povzroči znatno zmanjšanje biološko razgradljivih snovi v odpadkih, zmanjša prostornino odpadkov, vsebnost vode v odpadkih, zmanjša zmožnost nastajanja odlagališčnih plinov, stabilizira odpadke ter bistveno izboljša lastnosti izlužka (UL RS št. 32/2006). Stabilizacija, kot zaključni del MBO, zmanjša razgradljive lastnosti biološko razgradljivih odpadkov do take mere, da se zmanjšajo neprijetne vonjave in da sposobnost sprejemanja kisika po štirih dneh (v nadaljevanju  $AT_4$ ) ne presega mejne vrednosti, določene z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (UL RS št. 62/2008).

Za MBO odpadkov iz naselij se lahko uporabijo različne tehnologije, kar je odvisno od količine in sestave odpadkov ter primarnega cilja njihove obdelave. MBO odpadkov zasleduje sledeče cilje:

- podaljševanje življenjske dobe deponijskega prostora skozi zmanjševanje količine odpadkov (volumna) in izboljšanje faktorja komprimiranja odloženih odpadkov
- zmanjševanje dolgoročnih emisij iz deponijskega telesa (izcedne vode, deponijski plin) skozi maksimalno razgradnjo ogljikovih komponent v odpadkih
- z biološkimi stopnjami razgraditi in zmanjšati biološko razgradljive ogljikove komponente v odpadkih
- s stabilizacijo ohraniti pretežni del ogljikovih komponent in ohraniti energetsko bogate frakcije v odpadkih.

V dosedanjih raziskavah je bilo ugotovljeno, da se je faktor tesnjenosti odloženih odpadkov po MBO, v primerjavi z neobdelanimi odpadki, bistveno povečal. Z MBO se je zmanjšalo tudi sesedanje deponijskega telesa, zmanjšala se je produkcija izcednih vod in deponijskega plina (Samec, 2005).

V Nemčiji so s proučevanjem obnašanja vzorcev odpadkov pri različnih postopkih biološke obdelave v različnih tipih reaktorjev za simulacijo odlagališča ugotovili, da je bila količina odlagališčnega plina, nastalega iz mehansko-biološko obdelanih odpadkov v primerjavi z odlagališčnim plinom nastalim iz istih neobdelanih odpadkov, nižja za 90÷95 %. Hkrati je bila tudi količina celotnega organskega ogljika v izlužku mehansko-biološko obdelanih odpadkov za 95 % nižja od tiste nastale iz neobdelanih odpadkov (Muller, 2007).

Preglednica 9.1: Rezultati preizkusnih simulacij odlagališča (Muller, 2007, str. 96)

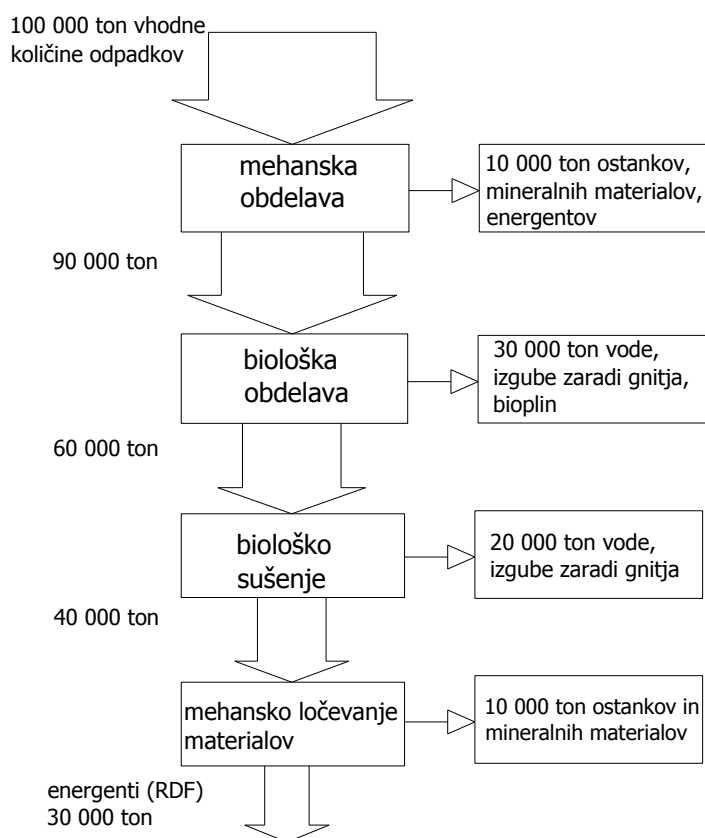
<i>potencial emisij</i>		<i>enota</i>	<i>neobdelani kom. odp.</i>	<i>mehansko-biološko obdelani kom. odp.</i>
<i>prenos ogljika skozi plin</i>	nastajanje plina	(NI/kg dm)	134-233	12-50
		(g Corg/kg dm)	71,7-124,7	6,4-26,8
<i>prenos skozi izlužek</i>	TOC	(g/kg dm)	8-16	0,3-3,3
	celotni dušik	(g/kg dm)	4-6	0,6-2,4
	Cl <sup>-</sup>	(g/kg dm)	4-5	4-6

Mehansko-biološko obdelani komunalni odpadki oddajajo nizke emisije, kar se odraža v zelo nizki aktivnosti nastajanja plina in v počasnem sproščanju organskih snovi in dušika v izlužek (Muller, 2007).

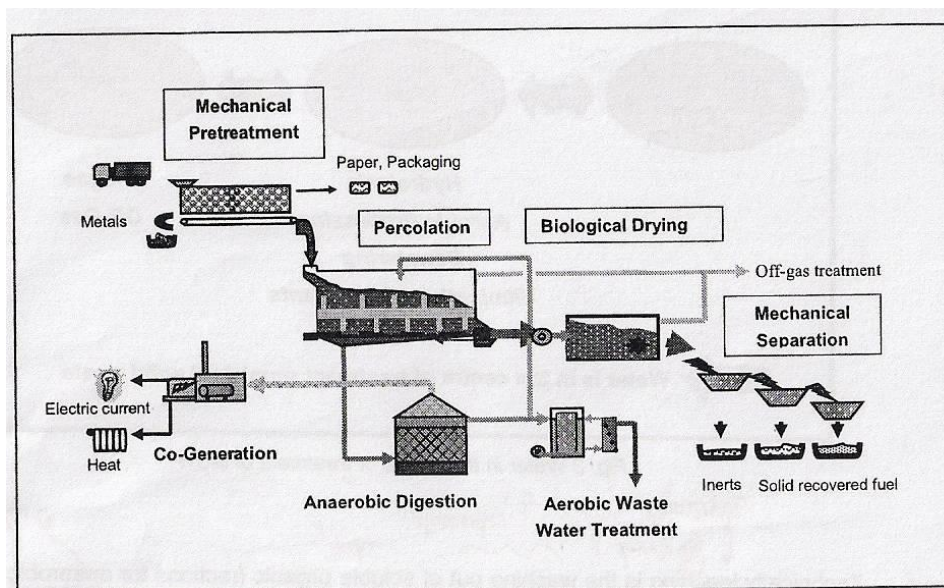
## 10 INOVATIVNE TEHNOLOGIJE MBO V EU

### 10.1 ZAK tehnologija

V mestu Kahlenberg so leta 2006 na obratu za MBO vpeljali ZAK tehnologijo (*Zweckverband Abfallbehandlung Kahlenberg*), ki je sestavljena iz 4-ih faz. Omenjena tehnologija omogoča proizvodnjo sekundarnega goriva visoke kakovosti (Schneider, Rettenberger, 2007). Velja za eno najbolj inovativnih tehnologij MBO mešanih komunalnih odpadkov, ki aerobni proces obdelave kombinira z anaerobno presnovo. Na obratu za MBO z letno kapaciteto 100.000 ton se obdela preostanek mešanih komunalnih odpadkov, vključno z BIO odpadki, ki predstavljajo 30÷50 % vhodne mase MKO. Posebnost tega obrata je, da se preostanek obdelanih odpadkov ne odloži kot je to na konvencionalnih obratih, ampak se uporabi za pridobivanje energije.



Slika 10.1: Faze ZAK tehnologije na obratu za MBO v Kahlenbergu ( Schneider, Rettenberger, 2007, str. 283)



Slika 10.2: Prvotna zasnova obrata za MBO Kahlenberg (Schalk, 2009, str. 242)

### 10.1.1 Mehanska obdelava

Ko so odpadki zbrani, se prva frakcija goriva, kot tudi vsi tuji in nevarni materiali uspešno ločijo v fazi mehanske obdelave. Pri mehanski obdelavi uporabljajo večfunkcionalen presejalni boben. Zaradi uporabe tega bobna, odpadkov ni potrebno drobiti, hkrati pa se bolj učinkovito izločijo nepoškodovane tuje in nevarne snovi. V večfunkcionalnem presejalnem bobnu se odpadne vreče in podobni svežnji odprejo z različnimi strojnimi orodji, nakar se odpadki razdelijo v 3 frakcije. Drobna in srednja frakcija sta posamezno ločeni od tujih in nevarnih snovi in sta položeni v precejalnik (*percolator*), t.j. napravo za precejanje, grobe frakcije pa se odstrani (Schneider, Rettenberger, 2007). Poleg tega se z novejšimi magneti imenovanimi Neodym-magneti odstranijo tudi nevarni odpadki z nizkim magnetizmom, kot so elektronski odpadki, pločevinke za pršila in baterije (ZAK-process for..., 2007). Ker se uporablja večfunkcionalen presejalni boben, so goriva, ki se v mehanski obdelavi pridobijo v obliki grobe frakcije, najvišje kvalitete. Kvaliteta goriv, ki se pridobijo v zadnji fazi tehnologije ZAK, je celo boljša, količino ločenih grobih frakcij pa poskušajo ohranjati najnižjo (Schneider, Rettenberger, 2007). Tehnologija MBO na obratu Kahlenberg je ravno zaradi uporabe večfunkcionalnega presejalnega bobna, ki ga je razvilo podjetje ZAK, in uporabe visoko učinkovitega Neodym – magneta, velja za še posebej inovativno (ZAK-process for..., 2007).

### **10.1.2 Biološka obdelava**

Pri biološki obdelavi se mešanica drobnih in srednjih frakcij, ki ostanejo po odstranitvi nevarnih materialov, vodi v šest precejalnikov. V precejalnikih mešanica nenehno kroži ob dodajanju vode. Precejalnik je iz betona zgrajen polovični oklep, dolžine 25 m in širok 4.5 m z vodoravno mešalno napravo in presejalno površino.



Slika 10.3: Notranjost precejalnika (Schneider, Rettenberger, 2007, str. 285)



Slika 10.4: Anaerobni reaktorji (Schneider, Rettenberger, 2007, str. 287)

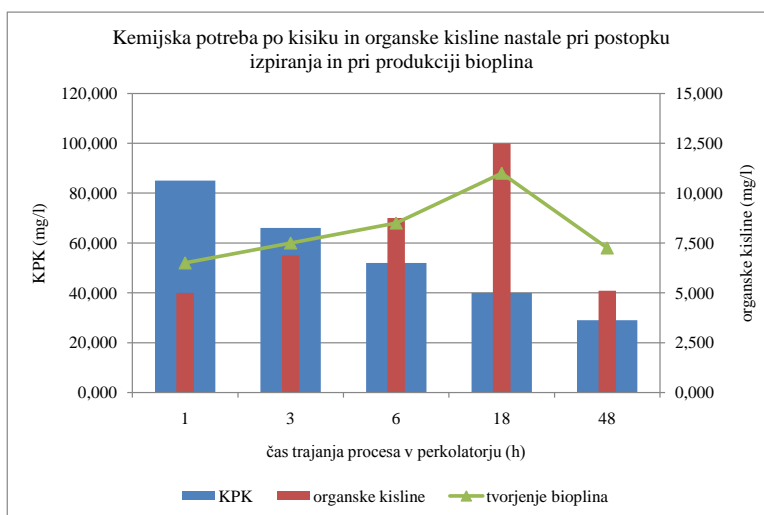
Na koncu precejalnika se trden material izsuši. Voda se iz precejalnika zbira in mehansko obdelava ter nato dodaja v anaerobne reaktorje, kjer poteka anaerobna fermentacija. V vodi prisotne organske komponente fermentirajo v anaerobnih reaktorjih v bioplin. Proizveden bioplin se uporablja za proizvodnjo energije in toplote v plinskih motorjih. Del vode, ki odteka iz anaerobnih reaktorjev se nadalje očisti in ponovno uporabi za namakanje v

precejalniki. Pri kroženju precejalnika in z namakanjem njegove vsebine se odpadki homogenizirajo in raztrgajo na koščke, s čimer se ustvarijo najugodnejše karakteristike za kasnejše faze predelave. S fermentiranjem vode, ki je bogata z organskimi snovmi, se izognejo nevšečnostim, ki nastajajo na obratih za fermentacijo trdnih materialov (Schneider, Rettenberger, 2007). Z obdelavo v precejalniki nastanejo lahko razgradljive organske snovi, hkrati pa taka obdelava pospeši aerobno razgradnjo. Glavne prednosti obdelave v precejalniki so odvzemanje vode in zmanjšanje mase odpadkov. Med potekom biološkega procesa v precejalniki se vrši intenzivno sušenje, ki traja od 7 do 9 dni. Kurilna vrednost pridobljenega trdnega goriva znaša 11.000÷22.000 kJ/kg. Trdno gorivo, ki ga na obratu pridobijo z MBO mešanih komunalnih odpadkov, predstavlja 35% vhodne mase odpadkov. Ostalih 11% vhodne mase pa se odstrani v procesu biološke razgradnje. Pri tem procesu nastane 70 m<sup>3</sup>/t bioplina (70 % volumna zavzema CH<sub>4</sub>). Energija, ki nastane pri taki obdelavi, pokrije vse potrebe po energiji za obratovanje obrata, preostalo tretjino energije pa prodajo na trgu. Za ogrevanje procesa anaerobne presnove porabijo 50 kWh/t. Iz anaerobne razgradnje odvzeta voda, ki predstavlja 30% vhodne mase odpadkov, se aerobno obdela v membranskem bio-reaktorju. Iz MKO se v postopku MBO izločijo tudi inertne snovi, kar znaša 10 % vhodne mase.

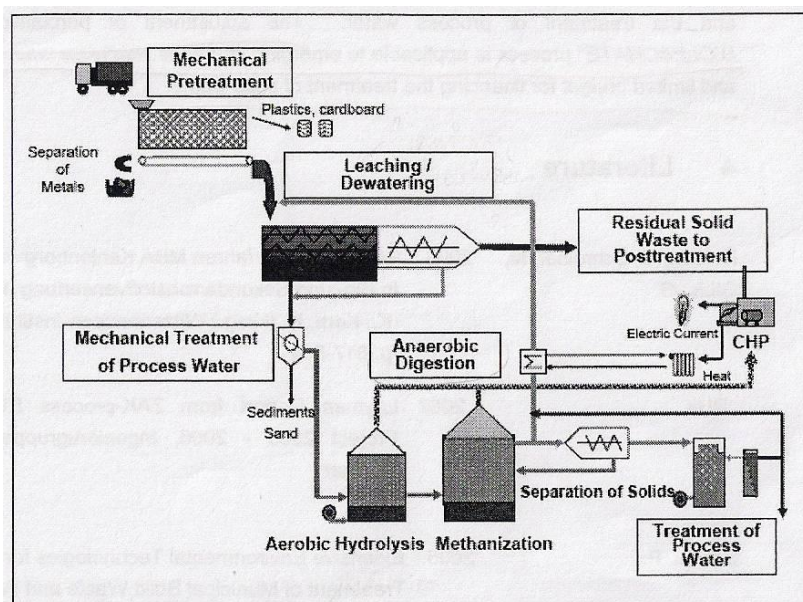
Pri vgradnji precejalnikov na obrate v državah v razvoju, mora biti proces precejanja prilagojen sestavi odpadkov v tej državi, hkrati pa je treba upoštevati obseg finančnih sredstev, ki so na voljo za ravnanje z odpadki v posamezni državi. V primerjavi z sestavo odpadkov v Nemčiji, vsebujejo odpadki v drugih državah precej veliko več vode. Tako se mokra organska frakcija začne biološko razkrajati že v zabojnikih za zbiranje in odvoz odpadkov. Posledično pridejo na obrat mešani komunalni odpadki, v katerih že poteka intenzivna biološka razgradnja. Poleg tega na prenaseljenih območjih nastajajo večkratne količine odpadkov, ki presegajo kapaciteto obratov za MBO. Dnevna kapaciteta enega takega obrata znaša okoli 2.000 ton/dan. Zadrževalni čas v biološki razgradnji pa zahteva večje obrate in veliko izkušenj pri upravljanju.

Ker države v razvoju za obdelavo mešanih komunalnih odpadkov nimajo na voljo toliko lastnih sredstev, želijo imeti obrate s stroškovno ugodno tehnologijo. V ta namen so sistem obdelave s precejalniki prilagodili za te države v razvoju tako, da so omenjen postopek obdelave s precejalnikom poenostavili z uvedbo Bioleachate-procesa.

V Bioleachate-procesu poteka izpiranje topnih organskih frakcij, ki gredo nato v anaerobno presnovo. V procesu se v manj kot 18 ur trajajoči obdelavi izpere v procesno vodo več kot 80 % topnih organskih snovi. Kmalu po začetku procesa izpiranja pa se začne višati količina organskih kislin. Iz preostanka odpadkov se tako odstranita tudi amonijak in vonjave (Schalk, 2009).



Slika 10.5: Kemijska potreba po kisiku in organske kisline....(Schalk, 2009, str. 246)



Slika 10.6: Nova zasnova MBO na obratu Kahlenberg z uvedbo procesa izpiranja (Bioleachate process) (Schalk, 2009, str. 247)

Proces izpiranja (*Biobleachate process*) je izpeljan iz procesa, ki poteka v precejalniki. Pred začetkom tega procesa se s presejanjem iz odpadkov odstranijo plastika, kovine, folija in lepenka. Ostanek od presejanja vsebuje bio-organsko frakcijo, katera gre v proces izpiranja. V tem procesu, kjer se voda odvzema z uporabo stiskalnic, se izperejo lahko topne snovi. Potem, ko se odstranijo pesek in inertni material, se procesna voda pošlje na obdelavo v reaktor za hidrolizo, kjer se aerobno razgradi. Procesna voda se nato še anaerobno obdela, pri čemer nastane bioplin. Ta se uporabi v generatorju za pridobivanje toplotne in električne energije.

Odtok nastal pri anaerobni presnovi se ponovno uporabi kot procesna voda v procesu izpiranja. Del vode, ki kroži in presežek odpadne vode se obdelata na ČN za aerobno obdelavo odpadne vode. Organske frakcije in dušik se izločita v membranskem bioreaktorju z denitrifikacijo in nitrifikacijo.

Trden ostanek nastal pri procesu izpiranja se pošlje v proces gnitja, da se tako prekine biološka aktivnost preden se ta ostanek odloži na odlagališče. Druga možnost za zmanjšanje vlage v frakciji predstavlja aerobno sušenje, da se tako pridobi trdno gorivo iz odpadkov. Proces izpiranja zelo dobro pripravi preostanek odpadkov na končen proces gnitja ali biološko sušenje. Topne organske snovi se pretvorijo v bioplin in amonijak se izpere v procesu izpiranja. Po končanem procesu izpiranja je še vedno dovolj organskih snovi, katere so lahko razgradljive in tako zagotavljajo biološko energijo za aeroben proces (Schalk, 2009).

### **10.1.3 Biološko sušenje**

Biološko sušenje pripravi material za nadaljno mehansko obdelavo ter poveča njegovo kurilno vrednost, da ga je mogoče uporabiti kot gorivo (Schalk, 2009). Biološko sušenje, katerega zadrževalni čas znaša od 7 do 10 dni, poteka ob višjih temperaturah kot pa sušenje v tunelu na obratu Vizija 2020. Pri biološkem sušenju se za sušenje odpadne mase uporablja toplota, ki nastane med oksidacijo organskih snovi. Slabosti take metode sušenja so velik volumen izpuščenega zraka in dolg zadrževalni čas sušenja. Hkrati to metodo sušenja ni mogoče uporabiti za sušenje frakcij z visoko kurilno vrednostjo iz PMKO, če ti vsebujejo premalo biogenih snovi. Za sušenje te frakcije odpadkov se že uporabljajo industrijski sušilci z visoko temperaturo in kratkim zadrževalnim časom sušenja. Sušenje na takih sušilcih zahteva predhodno drobljenje odpadkov na velikost  $< 60\text{mm}$ , kar pa precej oteži nadaljnje recikliranje. Industrijski sušilci za svoje delovanje uporabljajo zemeljski plin, stroški sušenja



pa predstavljajo 50% stroškov za fosilna goriva in se višajo. Hkrati sušenje pod visokimi temperaturami predstavlja tveganje za nastanek požara, odsesan zrak na takih sušilnih napravah pa je potrebno očistiti na pralniku, fitru in na napravi za RTO (Schu, 2008, Venice).

#### ***10.1.4 Mehansko ločevanje materialov***

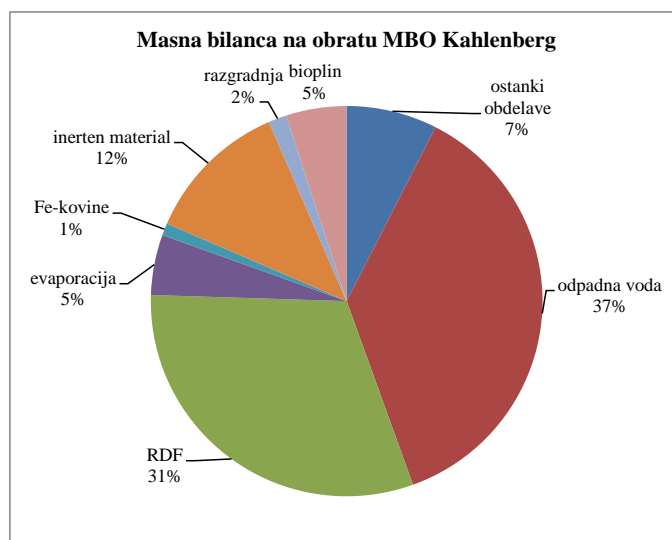
Izsušen odpadki se pri mehanskem ločevanju odpadkov ločuje glede na njegovo velikost in težo, da bi se tako odstranili kamni, pesek, keramika in steklo, kot tudi onesnažene komponente ali pa komponente s prenizko kurilno vrednostjo. S tem se skuša pridobiti visoko kvalitetno gorivo. Do tega trenutka se izsušen odpadki preseje. Vse komponente z velikostjo nad 2.5 cm se ločijo kot preostanek materiala in morajo biti sežgane na sežigalnici, ker bi bila njihova nadaljnja obdelava, zaradi majhnih količin, predraga. Glavni del izsušenega odpadka je manjši od 2.5 cm in je z nadaljnjim presejanjem ločen v posamezne frakcije različnih velikosti. Vsaka od teh frakcij je pozneje razdeljena na podlagi njene velikosti, kot gorivo pa se odstranijo ločene lahke komponente. Težke komponente, predvsem mineralni material, pesek in kamni, imajo nižjo raven onesnaženosti in se lahko odlagajo ali pa uporabijo v cestogradnji.

Proizvedena goriva imajo zelo dobre karakteristike in se lahko uporabljajo v industriji namesto fosilnih goriv. Mehansko ločevanje materialov je zasnovano tako, da se je kadarkoli sposobno hitro odzvati na spremembe, ki jih postavlja trg goriv. Na tak način je zagotovljena ekonomična prodaja proizvedenih goriv.

Obrat za MBO v Kahlenbergu je obrat z obilico novosti. V primerjavi z običajno tehnologijo MBO, ima tehnologija ZAK ekološke prednosti kot so: nizka količina odpadkov namenjenih za odstranitev, visoki proizvod in visoka prodaja proizvedenih sekundarnih goriv in nizke emisije TGP. Pri taki tehnologiji dobijo na obratu v Kahlenbergu iz 100.000 ton preostanka gospodinjskih odpadkov po končani MBO 6.000 neuporabnih odpadkov namenjenih za sežig v elektrarni (Schneider, Rettenberger, 2007). Poenostavitev obdelave v precejalniku z uvedbo procesa izpiranja (Bioleachate-proces) je primerna za države s hitro rastočim gospodarstvom, ki imajo velike probleme glede ravnanja z odpadki in na voljo malo finančnih sredstev za njihovo obdelavo (Schalk, 2009).

### 10.1.5 Masna bilanca in stroški obrata MBO Kahlenberg

Na spodnjem tortnem grafikonu so prikazani masni deleži izhodov, ki so nastali v postopku MBO preostanka nemških MKO.



Slika 10.7: Tok materialov na obratu za MBO v Kalenbergu (Schalk, 2009, str. 244)

Masni deleži izhoda, nastali v postopku MBO obrata Kahlenberg iz PMKO iz osrednjeslovenske regije, so prikazani v prilogi H.

Investicijska vrednost obrata MBO Kahlenberg je znašala 73,2 milijonov evrov. Letni bruto obratovalni stroški znašajo 100 €/t sprejetih odpadkov. Neto obratovalni stroški, ki so bruto stroški zmanjšani za prihodek iz prodaje sekundarnih surovin in električne ter toplotne energije, znašajo tako 90 €/t sprejetih odpadkov. Te bi bilo mogoče zmanjšati celo na 84 €/t sprejetih odpadkov, če bi cementarne pokrile strošek prevoza RDF do njihovih cementnih peči (Malus, 2009). V drugem viru pa se omenja, da so neto obratovalni stroški lahko celo še nižji, torej enaki 70 €/t sprejetih odpadkov (Case study, 2007).

## 10.2 Nova modularna tehnologija MBO imenovana Vizija 2020

V Nemčiji opažajo, da stara tehnologija MBO ne izpolnjuje zahtev trajnostnega razvoja. Na nekaterih obrati za MBO na dolgi rok težko izpolnjujejo zahteve glede emisij in odloženih ostankov te obdelave odpadkov. Na podlagi teh spoznanj je nemško podjetje EcoEnergy leta 2006 razvilo trajnostni obrat za MBO.

Gre za novo modularno tehnologijo za obdelavo odpadkov, ki izpolnjuje standarde trajnostnega razvoja in je bila izvedena na industrijski ravni. Moduli iz katerih je sestavljena se lahko enostavno vgradijo v že obstoječe obrate za MBO in kompostarne. Poimenovali so jo Vizija 2020, ki vidi gospodarjenje z odpadki kot način pridobivanja surovin. Tehnologija MBO ni trajnostna vse dokler se vsebina energije v organski materiji spušča v okolje, ne da bi se pred tem uporabila, ter vse dokler se ostanki predelave skladiščijo.

Trajnostni obrat za MBO ima modularno ureditev, ki se sestoji iz šestih modulov:

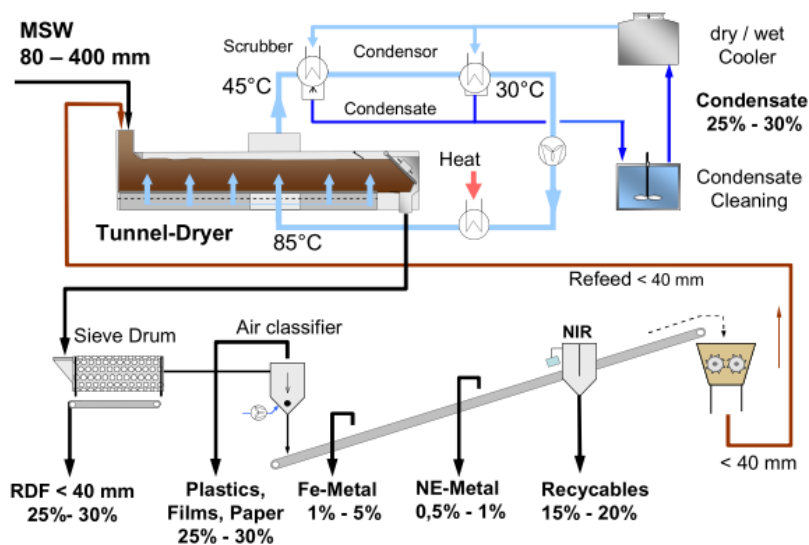
- Modul 1: groba mehanska obdelava
- Modul 2: koristna raba grobih frakcij z visoko kurilno vrednostjo
- Modul 3: mokra mehanska separacija finih frakcij oziroma NMT-proces (*Nass Mechanische Trennung*)
- Modul 4: čiščenje odpadne vode
- Modul 5: sušenje biokosma
- Modul 6: kondicioniranje biokosma in uporaba

Bistvena komponenta tehnologije je modul 3. V njem poteka ob mešanju vode, inertnega materiala (pesek, kamni, steklo) in organskih snovi mokro mehansko ločevanje drobnih frakcij manjših od 80 mm.

### 10.2.1 Obdelava grobe frakcije

Prvi korak te izredno kakovostne predelave je selektivno drobljenje s poznejšim razvrščanjem v frakcijo z visoko kurilno vrednostjo oziroma suho grobo frakcijo, in v frakcijo z nizko kurilno vrednostjo oziroma mokro drobno frakcijo, ki vsebuje organsko materijo in inertne komponente. Odpadki se vodijo v presejalni boben, iz katerega dobimo drobno frakcijo

manjšo od 80 mm, ki vsebuje 90÷95 % organske snovi in inertnih substanc. Težko drobljiva plastika in PPK (papir, lepenka in karton) pa so zbrani v grobi frakciji, ki je večja od 80 mm. Groba frakcija, se lahko uporabi za ponovno pridobivanje energije brez nadaljnje obdelave v obratu za predelavo sekundarnega goriva. Kot taka je primerna za uporabo v elektrarnah, ki so energetske visoko učinkovite. Če grobe frakcije kot take ni mogoče uporabiti za energetske namene, se jo pošlje na nadaljnjo obdelavo v tunel za sušenje (Schu, 2007).

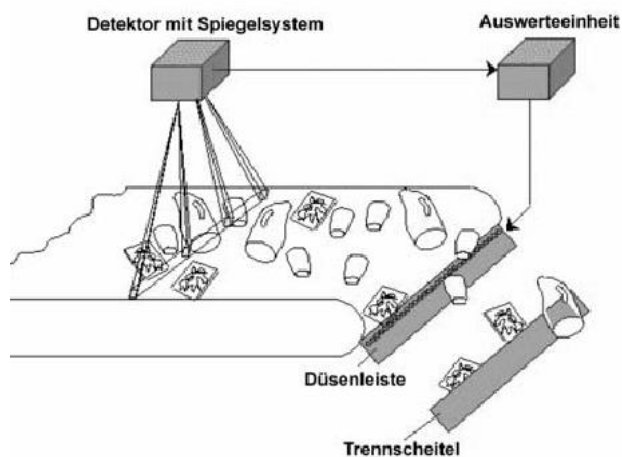


Slika 10.8: Tunel za sušenje (Schu, 2008)

V tunel za sušenje se dovajajo grobe frakcije z visoko kurilno vrednostjo velikosti od 80÷400 mm in kosi plastike večji od 30 mm, ki so bili izločeni v NMT-procesu. V tunelu poteka sušenje ob razmeroma nizki temperaturi, ki znaša največ 85°C. Ta cenovno ugodna toplotna energija se dovaja iz obrata za soproizvodnjo toplote in elektrike. Iz toplega zraka, ki v tunelu kroži, se s pomočjo pralnika odstranijo prah, onesnažila in vonjave (Schu, 2007). Sušenje lahke frakcije v tunelu ob ne preveč visoki temperaturi, kroženju zraka in osem urnem zadrževalnem času, poveča učinkovitost sortiranja na NIR-napravi. Z avtomatsko NIR-sortirno napravo namreč ni mogoče izločiti recikliente, ki imajo na površini vlažno in lepljivo umazanijo. Lahko frakcijo je zato nujno, pred dovodom na NIR-napravo, osušiti ter mehansko predobdelati na presejevalnem bobnu, zračnem in magnetnem separatorju (Schu, 2008, Venice).

Uporaba senzorske sortirne naprave NIR v fazah MBO zniža stroške odstranjevanja ostanka mehansko-biološke obdelave. Namen NIR-naprave je izločiti čim več reciklatov, kot sta les in

plastika, ki imata visoko kurilno vrednost. Če se NIR-naprava ne uporablja v postopku MBO, imamo v ostanku MBO prisoten les in plastiko. Kurilna vrednost takega ostanka presega mejno vrednost 6.000 kJ/kg s.s., zato ga ni dovoljeno odlagati na odlagališču. Ostanek s povišano kurilno vrednostjo je tako dovoljeno le sežgati v sežigalnici komunalnih odpadkov, kar pa je precej dražji postopek kot pa odlaganje na odlagališču (Faist, Ragossnig, 2009).



Slika 10.9: Senzorska sortirna naprava NIR (Beker, 2006)

Učinkovitost NIR sortirne naprave zmanjšujejo drobna zrna in lepljiva umazanija na površini lahke frakcije (Faist, Ragossnig, 2009; Schu, 2009). Največji izziv pri sortiranju tako heterogenih kot homogenih odpadnih tokov z NIR-napravo predstavljajo majhna zrna ( $< 5$  mm) in identifikacija temnih polimerov (Faist, Ragossnig, 2009). Učinkovitost avtomatskih tehnologij NIR-sortiranja se vsekakor viša z boljšo predobdelavo odpadkov (Schu, 2008).

V modulu številka 2 MBO Vizija 2020 se izločijo RDF, plastika, folija, papir, železove in neželezove kovine ter materiali primerni za reciklažo. Zaradi sušenja v tunelu so ti produkti suhi, brez vonja in čisti (Schu, 2007). Suha stabilizacija v tunelu omogoča tudi lažje shranjevanje RDF in reciklatov. Z uporabo takega tunela za sušenje se znižajo stroški sušenja, hkrati pa se, zaradi sušenja ob temperaturi nižji od  $100^{\circ}\text{C}$ , zmanjša verjetnost nastanka požara in eksplozije (Schu, 2008).

### **10.2.2 Obdelava drobne frakcije**

Drobna frakcija, ki je manjša od 80 mm, se z NMT-procesom loči v inertne frakcije, organsko materijo in v tekočo frakcijo. Za ločevanje drobne frakcije se uporabi na 65°C ogreta voda. Segrevanje vode zmanjša njeno viskoznost, zato je učinek ločevanja in iztiskanja vode v stiskalnicah večji. Z segrevanjem vode nad 65°C in s stiskanjem organskih frakcij v vijačnih stiskalnicah se doseže termo-mehanska kataliza (TMZ), hkrati pa se organska snov higienizira (Schu, 2007). Organske, biološko razgradljive snovi se v postopku NMT-procesa pod visokim pritiskom in paro ločijo od ostalih drobnih frakcij odpadkov. Biomasa gre tako trikrat skozi postopek spiranja in iztiskanja pod pritiskom in končni produkt je šoti podobna in suha prhka snov biokosem, ki je biološko stabilizirana. Biokosem se lahko uporablja v vrtnarstvu ali pa se preoblikuje v brikete za nadomestno gorivo v toplarnah (Replacement of ..., 2008).

Zaradi pomanjkanja vodo-zadrževanih kapacitet, se inertnim snovem lahko odvzame voda tako, da je ostane manj kot 5 % in organskim produktom, da je ostane od 40÷60 %. Z izločanjem inertnih snovi je možna TMK, ki ustvarja devlaknenje in razdor celic, s čimer se odvzamejo večje količine vode. Odvzem vode inertni frakciji je možen tudi brez sušenja. Inertne snovi kot so kamni, prod in pesek se očistijo s kroženjem in svežo vodo do take mere, da je možna njihova nadaljnja predelava (Schu, 2007). Zaradi visoko učinkovitega odvzemanja vode brez toplotnega sušenja, se od 50÷90 % vseh ločenih onesnažil izpere pod vodnim pritiskom.

Organski material, ki nastane pri NMT-procesu, in je namenjen za izdelavo briketov ali pelet, je potrebno izsušiti. Po sušenju presejejo organske snovi na velikost 5-ih mm, izločeno plastiko pa dodajo za izdelavo RDF. Presejek, ki gre skozi sito, se sestoji iz 100% naravnega materiala imenovanega biokosem. Biokosem je, zaradi drugačne zasnove procesa MBO, nizko onesnažena, suha, stabilna biomasa, ki se lahko uporabi za različne stvari. Zaradi dobrega izločevanja plastike in PVC-ja vsebuje zelo malo klora. Ta je prisoten v frakcijah le kot topna sol. Oblikuje se jo v kroglice, ki se nato uporablja kot suho gnojilo, ali pa se jo briketira ali oblikuje v pelete in kot tako uporabi za direktno ponovno pridobivanje energije. Če se biokosem pošlje v nadaljnjo predelavo, npr. za presnovo v metan in etanol ali preoblikuje v izolacijski, gradbeni ali filterni material, ga je zaradi transporta potrebno oblikovati v brikete in pelete.

**NMT-proces** premesti presnovljene komponente odpadkov v recirkulirano vodo, katera se potem prefiltrira do 100 $\mu$ m, kar je v skladu z zahtevami o industrijskem anaerobnem čiščenju vode. Za to so najbolj primerni postopki z visokim delovanjem v reaktorjih, ki imajo anaerobno fiksirane podstavke ali UASB-postopek z zadrževanjem mase. COD-razpadanja znaša, v odvisnosti od anaerobno razpadljivih COD-vsebin, od 75 % do 95 %, obdelava pa traja od 15 do 30 ur. V običajnih obratih traja anaerobna obdelava za pridobivanje bioplina od 18 do 21 dni. Proizveden bioplina se uporablja v napravi za soproizvodnjo toplotne in električne energije (CHP-enota), pri tem nastala energija in toplota pa se uporabljata v celotnem procesu obdelave odpadkov. Produkti, ki nastanejo pri UASB-procesu, gredo naknadno na obdelavo v aerobni reaktor, nato pa se lahko recirkulirajo kot voda za čiščenje pri NMT-procesu. Če vsebujejo produkti, ki nastanejo pri NMT-procesu, preveč soli, se lahko izvede reverzna osmoza. Pri anaerobni in aerobni fazi čiščenja odpadne vode, pa nastane odpadno blato. To gre na sežig v sežigalnico (Schu, 2007).

Na podlagi eksperimentov je bilo ugotovljeno, da tako kot se z anaerobno obdelavo celotnih vhodnih količin odpadkov pridobi od 65÷80 % bioplina, se enak delež bioplina pridobi tudi z anaerobno obdelavo odpadne vode, ki se izloči v NMT-procesu. Na podlagi te ugotovitve na obratih za MBO ni potrebno anaerobno obdelati drobno frakcijo (< 80 mm), ampak anaerobno obdelamo le iz nje v NMT-procesu izločeno vodo. Voda, ki se izloči pri NMT-procesu, vsebuje poleg biološko razgradljivih snovi še sol in težke kovine (Schu, 2007; Schu 2009).

NMT-proces se lahko uporablja za obdelavo tako mešanih komunalnih odpadkov kot tudi za obdelavo bioloških odpadkov. Ker se voda v NMT-procesu z vijačnimi stiskalnicami odvzema mehansko in ne s sušenjem, se tako iz frakcij oziroma celic splaknejo v vodo vsa topna onesnažila. Tako se, odvisno od zasnove kako voda v sistemu kroži, izloči okoli 50÷90 % onesnaževal, s tem pa se izboljša kvaliteta biokosma. Eden od glavnih namenov NMT-procesa je ločitev plastike od biomase, da je tako frakcije biomase mogoče ponovno uporabiti (Schu, 2009).

S takim načinom obdelave, t.j. z NMT-procesom, je mogoče dobiti nizkoonesnažen biokosem tudi iz mešanih komunalnih odpadkov. Izločene frakcije biokosma so malo onesnažene (vsebujejo malo soli) in se lahko uporabijo kot nadomestno gorivo v napravah za sežig biomase, v elektrarnah na premog in v cementnih pečeh ali pa se uporabijo v kmetijstvu kot nadomestek šote (Schu, 2009).

### 10.2.3 Analiza vsebnosti težkih kovin v kompostu

Obrat za MBO, na katerem je bil prvič poskusno uporabljen NMT-proces (po novem SchuBio-proces), se imenuje KBA Hard iz Beringena v Švici. Trenutno se na tem obratu letno obdelata skupno 33.000 ton MKO, BIOO, odpadnega blata in kosovnih odpadkov. Leta 2008 se je zaradi dotrajanosti opreme v postopek obdelave vgradil NMT-proces. Na obratu so izmerili prisotnost težkih kovin v treh organskih frakcijah iz ločeno zbranih švicarskih bioloških odpadkov (O1, O2, O3) in v dveh frakcijah komposta iz švicarskih MKO. Vseh pet frakcij je nastalo pri MBO imenovani Vizija 2020. Ugotovljene vrednosti parametrov težkih kovin so primerjali s kompostom pridelanim na sedanjem obratu KBA Hard, s povprečnim kompostom pridelanim v Švici in z mejnimi vrednostmi iz nemške in švicarske zakonodaje o uporabi komposta.

Preglednica 10.1: Primerjava vrednosti parametrov težkih kovin v organskih frakcijah pridobljenih v postopku MBO Vizija 2020 na obratu KBA Hard (Švica) iz bioloških odpadkov in iz MKO (Schu, Schu, 2009, str. 233, 234)

Parameter (mg/kg s.s.)	Organske frakcije iz bioloških odpadkov			Organske frakcije iz MKO		sedanji obrat KBA Hard	švicarski kompost	Švicarska zakonodaja	Nemška zakonodaja
	Bio O1	Bio O2	Bio O3	MKO O2	MKO O3				
<b>Pb</b>	16	11,6	15,8	62,8	57	47,5	69,7	120	150
<b>Cd</b>	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,2	0,1	1	1,5
<b>Cr</b>	14,5	12,5	45,5	46,8	36	23,2	20	100	100
<b>Cu</b>	18	9,5	17,3	75,9	45,5	56,8	58,4	100	100
<b>Ni</b>	8,5	6,3	22,8	19	17,5	16,3	15,8	30	50
<b>Zn</b>	57	95	94	227,5	130,5	215,3	155,4	400	400
<b>Hg</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,2	0,1	n.d.	1	1

V organskih frakcijah so izmerili občutno nižje vrednosti težkih kovin. Izjema sta bila krom in nikelj v drobni frakciji O3, kar je pogost pojav na demonstracijskih obratih. Drobni delci kromovega in nikelskega jekla, iz katerega so taki obrati, pogosto končajo v drobnih frakcijah, zaradi površinske obrabe in preoblikovanja takih obratov. Meritve so pokazale, da je kompost pridobljen iz ločenih bioloških odpadkov v NMT-procesu zelo dobre kvalitete, saj so izmerjene vrednosti težkih kovin precej pod mejnimi vrednostmi (Schu, 2009).

Kljub temu, da analizirani organski frakciji 2 in 3 iz MKO nista presegali mejnih vrednosti obeh državnih zakonodaj, je njun nanos na kmetijske površine po švicarski zakonodaji prepovedan, saj organski frakciji izvirata iz MKO.



Preglednica 10.2: Primerjava vrednosti parametrov težkih kovin v organskih frakcijah pridobljenih v postopku MBO Vizija 2020 na obratu KBA Hard (Švica) iz bioloških odpadkov in iz MKO z mejnimi vrednostmi slovenske okoljske zakonodaje (Schu, Schu, 2009, str. 233, 234; UL RS, št. 62/2008)

Parameter (mg/kg s.s.)	Organske frakcije iz bioloških odpadkov			Organske frakcije iz MKO		Kakovost komposta ali pregnitega blata po slovenski zakonodaji		
	Bio O1	Bio O2	Bio O3	MKO O2	MKO O3	1.razred	2.razred	3.razred
Pb	16	11,6	15,8	62,8	57	80	250	500
Cd	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,7	1,5	7
Cr	14,5	12,5	45,5	46,8	36	80	200	500
Cu	18	9,5	17,3	75,9	45,5	100	300	800
Ni	8,5	6,3	22,8	19	17,5	50	75	350
Zn	57	95	94	227,5	130,5	200	1200	2500
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,2	0,5	1,5	7

Po slovenski zakonodaji bi organska frakcija 3 spadala v prvi razred okoljske kakovosti, organska frakcija 2 pa v drugi razred.

Obe organski frakciji iz obrata MBO v Švici se uporabljata v cementnih pečeh kot nizko kontaminirano gorivo. Kriteriji za gorivo, ki se zahtevajo v cementni industriji so primerljivi s tistimi, ki veljajo za sosežig v elektrarnah na premog (Schu, 2009).

Preglednica 10.3: Vsebnost težkih kovin v organskih frakcijah pridobljenih v postopku Viziji 2020 (Švica) iz bioloških odpadkov in iz MKO ter zahteve glede vsebnosti težkih kovin v gorivih, ki se uporabljajo na napravah za sosežig (Schu, 2009, str. 235)

Parameter in mg/kg DM	BGS	Coal power plant	MSW-O 1	MSW-O 2	MSW-O 3	Bio O 1	Bio O 2	Bio O 3
Arsenic (As)	5	5	n.d.*	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lead (Pb)	190	70	84	61,3	58,8	16	13,3	16,2
Cadmium (Cd)	4	0,4	9,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chromium (Cr)	125	125	94,5	39	36,3	14,5	13,2	45,3
Copper (Cu)	350	120	41,5	94,6	45,7	18	9	16,7
Nickel (Ni)	80	80	31,5	21,7	17,5	8,5	6,4	22,5
Mercury (Hg)	0,6	0,6	6,3	0,14	0,2	n.d.	n.d.	n.d.
Antimony (Sb)	25	25	-	140	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tin (Sn)	30	60	23	24	28	n.d.	n.d.	n.d.
Thallium (Tl)	1	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cobalt (Co)	6	6	3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Manganese (Mn)	250	250	108,5	90	110	185	97	155
Vanadium (V)	10	25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

\*n. d. = not detected

Ugotovljeno je bilo, da so vse organske frakcije pridobljene v NMT-procesu iz ločeno zbranih bioloških odpadkov, primerne za sežig tako v elektrarni na premog kot v napravi za sosežig

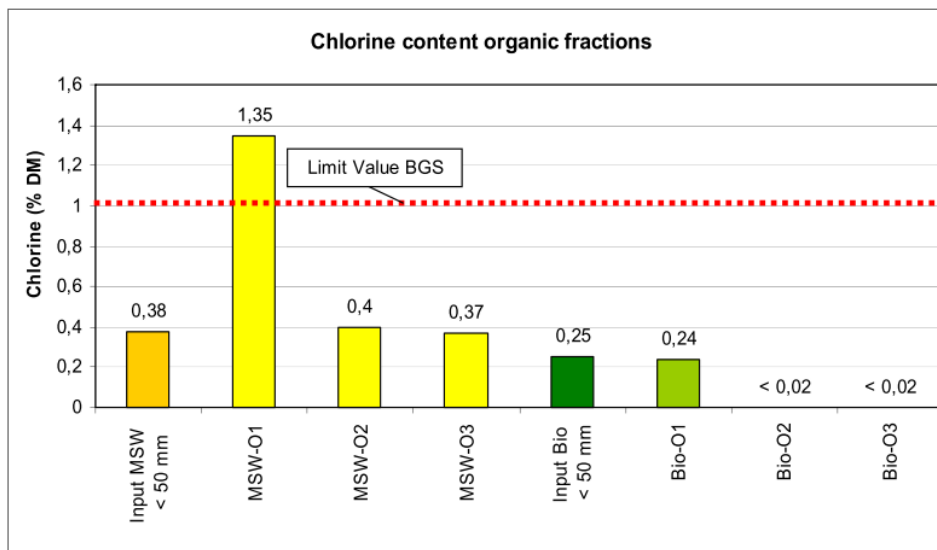
RDF. Med organskimi frakcijami iz MKO le ena ne izpolnjuje zahtev za sežig na obeh napravah, saj presega vrednosti za svinec, kadmij in živo srebro. Če frakcija vsebuje težke kovine, pomeni da se v njej nahaja plastika. Vsebnost plastike pa se viša z višanjem velikosti delcev frakcije.

Omenjeno organsko frakcijo 2 (MKO O2 ) iz MKO se presejali na 20 mm, s tem pa se je vrednost težkih kovin v njej precej znižala. Antimon se je zmanjšal celo za faktor 20, z manjšo vsebnostjo plastike pa je bila manjša tudi vsebnost klora. Pri tem izločeno plastiko so dovedli v grobo frakcijo, s čimer se je povečala onesnaženost grobe frakcije. Iz tega sledi, da sta drobna organska frakcija < 20 mm in drobna organska frakcija O3 izpolnjevali zahteve za sežig v elektrarnah na premog.

Preglednica 10.4: Vrednosti parametrov v presejani organski frakciji 2 iz MKO (Schu, 2009, str. 236)

Parameter	MSW O 2 >20 mm	MSW O 2 <20 mm	MSW O 3
Lead (Pb) mg/kg DM	73,9	91,4	92,7
Chromium (Cr) mg/kg DM	128,4	78,2	100,4
Copper (Cu) mg/kg DM	249,9	68,8	85,5
Nickel (Ni) mg/kg DM	78	52,2	74
Tin (Sn) mg/kg DM	80,8	88,8	61,5
Manganese (Mn) mg/kg DM	205,9	189,7	259,1
Cadmium (Cd) mg/kg DM	5,3	1,4	0,1
Mercury (Hg) mg/kg DM	n.d.	n.d.	n.d.
Antimony (Sb) mg/kg DM	293	12,9	1,1
Chlorine in % DM	1,45%	1,00%	0,38%
Heating value Hu in kJ/kg	23.587	19.626	14.616

Drugi pomemben parameter za določanje lastnosti RDF je vsebnost klora. Z izločanjem plastike, posebno PVC-ja, ki je nosilec klora in z izpiranjem soli, je mogoče doseči nizko onesnaženost s klorom. Nizka vsebnost klora pa dovoljuje sežig v elektrarnah na premog. Iz spodnjega diagrama je razvidno, da se je v organski frakciji 1 (O1) iz MKO akumuliralo največ plastike, zato je tudi vsebnost klora v tej frakciji najvišja (Schu, 2009).



Slika 10.10: Koncentracija klora v organskih frakcijah pridobljenih iz MKO ali iz ločeno zbranih bioloških odpadkov (Schu, 2009, str. 236)

Frakcijo, ki vsebuje večinoma plastiko, se zbalira in sežge v sežigalnici komunalnih odpadkov. S tem, ko se iz frakcije biomase s presejanjem izločajo onesnažila, naraščajo onesnažila v grobi frakciji, ki je bogata s plastičnim materialom. To grobo frakcijo je zato težko ponovno uporabiti, kot tudi frakcije, ki vsebujejo precej plastičnega materiala (Schu, 2009).

#### 10.2.4 Masna bilanca in stroški tehnologije »Vizija 2020«

V modulu številka 2 MBO Vizija 2020 predstavljajo izločena plastika, folija in papir skupaj 25÷30 % vhodne mase lahke frakcije, železove kovine 1÷5 %, nekovine 0,5÷1 %, materiali primerni za reciklažo (PVC, PET, PP, PS, les) 15÷20 %, nastalo RDF od 25÷30 % sprejete mase lahke frakcije in kondenz, ki se pri tem ustvari predstavlja od 25÷30 % sprejete mase lahke frakcije, ko gre za mehansko-biološko obdelavo nemškega PMKO (Schu, 2008, Venice).

Investicijski stroški za obrat MBO imenovan KBA Hard Schaffhausen v Švici, ki bo moderniziran na osnovi tehnologije Vizija 2020 do novembra 2010, z letno kapaciteto 39.200 ton, znašajo 19 milijonov evrov. Ker gre za še ne revidirano tehnologijo, stroški obdelave v vseh fazah omenjene tehnologije še niso znani. Znani so le stroški ene od faz, to je sušenja

grobe frakcije PMKO, ki znašajo 66,3 €/tono sprejetih odpadkov (Erneuerung..., 2008; Schu, 2008).

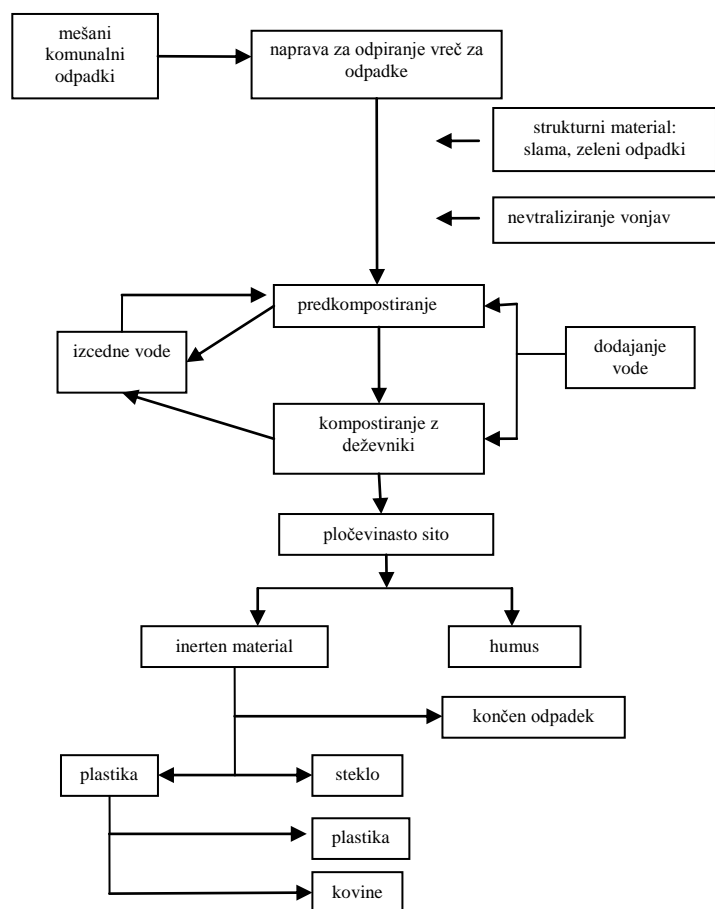
Shema nove modularne tehnologije za obdelavo odpadkov imenovane Vizija 2020 je predstavljena v Prilogi F.

### **10.3 Uporaba deževnikov v kompostirni fazi MBO**

Tehnologija MBO, pri kateri se v proces kompostiranja dovaja deževnike, se je razvila na Portugalskem leta 2005. Proces obdelave zajema predkompostiranje, kjer aerobni mikroorganizmi presnovijo organske odpadke. Tako presnovljeni odpadki so primerni za hranjenje deževnikov, kateri nato razgradijo preostalo organsko snov. Z uporabo deževnikov v procesu kompostiranja neločenih mešanih komunalnih odpadkov dobimo visok delež materialov, ki so primerni za reciklažo. Po končani razgradnji tako odpadki ne vsebujejo več papirja in kartona. Plastika, steklo in kovine pa so čiste in brez vonjav, česar so še posebej veseli odjemalci sekundarnih surovin.

Pri vermikompostingu oziroma »uporabi deževnikov v kompostirni fazi mehansko - biološke obdelave« mešanih komunalnih odpadkov gre za združitev treh vrst ravnanja z odpadki. To so: vermikomposting organskih odpadkov, mehansko – biološka obdelava in reciklaža plastike. Ker z vermikompostingom mehansko in biološko lahko obdelamo odpadke, ki na izvoru niso bili ločeni zbrani, nam ta tehnologija ponuja enake rešitve, kot jih ponuja MBO (Berkemeirer, 2009).

Januarja leta 2009 je na Portugalskem začel obratovati prvi obrat (AMAVE obrat), ki v kompostirni fazi uporablja deževnike za obdelavo mešanih komunalnih odpadkov. Letna kapaciteta MKO za omenjeni obrat znaša 1.500 ton, na površini veliki 800 m<sup>2</sup> in zadošča za območje s 4.000 prebivalci. Obrat ima betonsko dno, ki preprečuje morebitno onesnaževanje zemlje z izcednimi vodami (Berkemeier, 2009).



Slika 10.11: Shema obdelave MKO z uporabo deževnikov v procesu kompostiranja (Berkemeier, 2009, str. 251)

### 10.3.1 Potek obdelave

Na začetku obdelave se plastične vrečke za smeti odprejo s pomočjo rotirajočega cilindra, ki ima nameščene nože. Notranjost cilindra je obložena z gumo, da se tako pri odpiranju vreč prepreči morebitno drobljenje steklenic. Iz vreč izločeni nezdobljeni odpadki se premestijo za 3 do 4 tedne v kope, v katerih poteka kompostiranje. Odpadki se dnevno prekrivajo z zmletimi vrtnimi odpadki, da se tako prepreči uhajanje vonjav. Po treh do štirih dneh temperatura naraste na 60°C do 65°C in ostaja taka 2 tedna. V tem času se razkrojijo patogene snovi in plevel.

Pri tem nastala odpadna voda se zbira v bazen in ponovno dovaja v kope za kompostiranje. Zaradi ponovnega dovajanja odpadne vode, na obratu ne potrebujejo čistilne naprave za

obdelavo odpadne vode, hkrati pa organsko snov tako ponovno predelajo. Vlago v procesu uravnavajo z dnevnim dodajanjem vode.

Sistem za kompostiranje je sestavljen iz petih blokov. Bloki so zgrajeni iz opeke, ki je postavljena tako, da so vmes odprtine, namenjene kroženju zraka. Višina odpadnega materiala dosega višino 2 do 2,5 metrov.

Predkompostirani odpadki se prenesejo za 3 do 4 tedne v module, v katerih poteka kompostiranje s pomočjo deževnikov. Izcedna voda, ki nastane pri tej fazi obdelave, se prav tako dovaja v proces kompostiranja. Proces kompostiranja je zaščiten pred direktno sončno svetlobo in dežjem, da se tako ustvarijo idealni pogoji.

Proces kompostiranja se prične v prvem sloju, ki je visok 25 cm in vsebuje deževnike. Nanj se postopoma do višine 2 metrov nalagajo 25cm debeli sloji. Večina deževnikov tako po 3÷4 tednih prispe do najvišjega sloja. Takrat se zgornji sloj premesti na dno in postopek kompostiranja se ponovi. Deževniki v tem procesu razgradijo skoraj vso organsko snov, vključno s papirjem, v humus. Izkazalo se je, da deževniki zelo dobro razgradijo tudi papir, ki se nahaja v tetrapak embalaži. Po končani razgradnji tetrapak embalaže ostane le tanek sloj aluminija in plastike.

Po končanem procesu kompostiranja s pomočjo deževnikov dobimo mešan material, ki je sestavljen iz humusa in inertnih materialov, kot so plastika, steklo, kovine, tekstil in ostali. Te je treba naknadno izločiti.

Ker med ločevanjem humusa od inertnih materialov vlaga ne sme biti previsoka, je potrebno mešan material osušiti. V zimskih časih je to mogoče z uporabo elektrike, v poletnih pa z sončno svetlobo. Na obratu bodo v prihodnosti za sušenje materiala v zimskih časih uporabljali energijo iz biomase.

Potem, ko je vlažnost odpadkov dovolj nizka, se ti vodijo na rotirajoče rešeto, ki loči humus od inertnih materialov. Na omenjenem obratu se humus loči v tri frakcije:

- < 2mm
- 2mm in < 5mm
- 5mm in < 20 mm

Humus z velikostjo delcev  $< 2$  mm je visok proizvod. Humus srednje velikosti se uporablja lahko v gozdarskih panogah. Humus največje velikosti ( $> 5$  mm in  $< 20$  mm) je sestavljen iz deževnikov, humusa in inertnega materiala (plastike, keramike, kamnov), zato se pošlje na nadaljnjo obdelavo na krožečo mrežo (*rotating grate*), s katere odvezamo deževnike in inerten material.

Na drugem koncu rotirajočega rešeta se kosovni material preloži na mizo za sortiranje, kjer se iz njega ročno izločijo štiri vrste plastike (polietilenska folija, PET, togi polietilen, mešana plastika), steklo in kovine.

Končni odpadki se zbira na koncu mize za sortiranje in se odloži na odlagališče. Ta je sestavljen večinoma iz tekstila, čevljev in ostalih materialov, ki so neuporabni za reciklažo in ne vsebuje biorazgradljivih frakcij, ki bi tvorile metan.

Tudi potem, ko je plastika sortirana, ta še vedno vsebuje prah humusa. Tega izločijo s presejanjem in pranjem plastike, kar olajša nadaljnjo reciklažo plastike. Naprave za presejanje in pranje humusa s plastike niso nameščene na obratu AMAWE, saj bi bili investicijski stroški omenjenih naprav preveliki za tako majhno kapaciteto obrata. Inštaliranje opreme za presejanje in izpiranje humusnega prahu je ekonomično le na obratih za MBO, katerih kapaciteta vhodne mase odpadkov presega 10.000 ton/leto in so zato zmožni izločiti večje količine plastike. Odpadna voda in mulj humusa, ki pri tem nastaneta, se lahko ponovno uporabita. Na tak način se zniža poraba vode in reciklira organska snov, zaradi česar na obratu ni potrebno postaviti sistema za čiščenje odpadne vode.

Kot je bilo omenjeno že prej, se odpadna voda nastala pri predkompostiranju in kompostiranju z uporabo deževnikov, zbira v dveh bazenih in kasneje ponovno uporabi v procesu predkompostiranja. Prav tako se v proces predkompostiranja prečrpava tudi mulj, ki se ustvari v teh bazenih.



### 10.3.2 Kakovost pridelanega komposta

Iz analiz komposta, nastalega pri tehnologiji MBO z uporabo deževnikov v kompostirni fazi, je bilo ugotovljeno, da ta dosega višjo kakovost kot pa kompost pridelan na običajnih obratih za MBO.

Preglednica 10.5: Primerjava rezultatov analiz komposta pridobljenega iz neločenih MKO na obratu Palmela in iz MKO na obratu AMAWE z razredi kakovosti komposta iz portugalske zakonodaje (Berkemeier, 2009)

*Table 1 Analyses of humus and Portuguese proposed legislation for compost*

Parameter	Jan 2008 (Pilot unit Palmela) (mg/kg)	Mar 2009 (AMAVE) (mg/kg)	Category I (mg/kg)	Category II (mg/kg)	Category III (mg/kg)
Cd	1,3	(*)	0,7	1,5	5,0
Pb	51	< 80	100	150	500
Cu	69	64	100	200	600
Cr	(*)	(*)	100	150	600
Hg	0,2	(*)	0,7	1,5	5,0
Ni	19	(*)	50	100	200
Zn	379	(*)	200	500	1500

Legend: (\*) data not available

Analizirani sta bili dve vrsti komposta. Prvi iz obrata MBO Palmela, je bil pridobljen iz neločenih MKO in drugi kompost je nastal na obratu AMAWE iz PMKO. Po tem postopku pridobljen kompost, spada po zahtevah portugalske zakonodaje v 2 razred. Vsebuje zelo malo Pb, Cu, Hg ter srednjo količino Cd in Zn. Kompost vsebuje malo težkih kovin, ker se te akumulirajo v deževnikih in ker velik del komposta nastane z razgradnjo papirja in kartona. Kot možen vzrok za to, je tudi ta, da se na tem obratu v kompost pretvori velik delež vhodnih količin odpadkov.

### 10.3.3 Masna bilanca in stroški procesa kompostiranja s pomočjo deževnikov

Na obratu za MBO, ki pri kompostiranju uporablja deževnike, se količina sprejete mase MKO zmanjša za 35 %. Pridelan kompost predstavlja 25 % mase sprejetih MKO. Na obratu izločeni materiali, ki so primerni za reciklažo, predstavljajo 20 % vhodnih količin. Končni odpadek, ki se odloži na odlagališče pa predstavlja 20 % vhodnih količin. Navedeni izhodni masni deleži nastanejo pri obdelavi portugalskih MKO.

Investicijski stroški obrata z letno kapaciteto 1.500 ton MKO, na katerem se v aerobni fazi MBO uporabljajo deževniki, znašajo 317.000 € oziroma 211 €/t sprejetih MKO. Med te investicijske stroške niso vključeni še stroški za odstranjevanje prahu humusa iz plastičnih materialov ter stroški pranja plastike. Ti stroški se pojavijo na obratih z letno kapaciteto višjo od 10.000 ton. Obrati svoje obratovalne stroške pokrivajo z dohodki iz prodaje reciklatov (plastika, kovine, steklo) in humusa.

Na podlagi investicijskih in obratovalnih stroškov ter dohodkov iz prodaje, je za obdelavo 1 tone MKO na takem obratu potrebno odšteti od 35 do 40 €. Za obdelavo na obratih z večjo kapaciteto znaša ta vrednost manj kot 30 €/t MKO.

#### ***10.3.4 Prednosti uporabe kompostiranja z deževniki***

- S takim načinom obdelave je mogoče iz vhodnih količin odpadkov izločiti velike količine materialov primernih za reciklažo, še posebej plastike. Končni odpadek namenjen za odlaganje na odlagališču pri tej obdelavi znaša 20 % vhodne mase odpadkov.
- Gre za cenovno ugodno tehnologijo obdelave, ki je še posebej zanimiva za države, ki jih je recesija najbolj prizadela.
- Ta tehnologija je primerna tudi za obrate z majhno kapaciteto, zato jih je mogoče postaviti blizu virov nastajanja odpadkov, s tem pa se znižajo transportni stroški.
- Ker gre za proces, ki je sestavljen iz modulov, ga je mogoče uporabiti tudi za obdelavo samo. Humus pridobljen iz ločeno zbranih bioloških odpadkov ima višjo kvaliteto.
- Tak način obdelave je primeren za države, ki reciklirajo zelo malo embalaže in nimajo dovolj kompostarn za predelavo organskih odpadkov.
- Deževniki uspevajo v državah z bolj milim podnebjem, zato je tak proces obdelave poleg Portugalske primeren še za Španijo, Italijo, južni del Francije, Grčijo in ostale mediteranske države. Seveda pa je uporaba tega procesa možna tudi v državah z hladnim podnebjem, vendar je potrebno deževnike zaščiti pred mrazom. V takih državah imamo torej dodaten strošek, to je strošek za ogrevanje (Berkemeier, 2009).

## 11 IZRAČUN MASNIH BILANC PRI POSAMEZNI TEHNOLOGIJI MEHANSKO-BIOLOŠKE OBDELAVE

Za določitev masnih tokov na obratu za MBO preostanka mešanih komunalnih odpadkov (PMKO) rabimo podatke o sestavi PMKO.

Sestava odpadkov je odvisna od razvitosti družbe, standarda prebivalstva, življenjskih razmer, potrošnih navad prebivalstva in letnega časa (Kreith, Tchobanoglous, 2002).

V izračunih masne bilance sem za sestavo PMKO iz osrednjeslovenske regije prevzela sestavo, ki je bila določena za ljubljansko območje v magistrskem delu gospe Malus iz leta 2009.

### 11.1 Obrat za MBO Kahlenberg

Preglednica 11.1: Sestava PMKO iz območja Ljubljane, ki je bila uporabljena za določitev masnega toka naprave za MBO Kahlenberg (Malus, 2009, str. 90)

Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije - VHOD	Masni deleži (%)
papir, karton, lepenka	17,83
plastika	16,23
mineralne sestavine nad 40mm (kamenje, opeka, porcelan, lončevina, kosti)	1,98
steklo	4,47
kovine	2,69
nevarne sestavine	0,11
ostalo oz. mešanica sestavin	18,39
tekstil	2,97
organske, biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo	35,33
SKUPAJ	100,00

Preglednica 11.2: Izhodni masni deleži nastali iz PMKO osrednjeslovenske regije na obratu za MBO Kahlenberg (Malus, 2009, str. 190)

<b>IZHOD - osrednjeslovenska regija</b>	<b>Masni deleži (%)</b>
RDF	35,3
inerten material	5,5
steklo	4,4
kovine	2,7
nevarni odp.	0,1
veliki odpadki	0,6
ostali odp.	8,2
bioplín	5,5
odpadno blato	0,2
vodne izgube in odp. voda	36,5
PVC	1,0
<b>SKUPAJ</b>	<b>100,0</b>

Iz masne bilance je razvidno, da se na obratu Kahlenberg izločijo vse kovine, ki se nahajajo v PMKO. Tako učinkovito izločanje kovin omogoča uporaba Neodym magnetov, ki izločijo tudi materiale z nizkim magnetnim nabojem (ZAK-process..., 2007).

## 11.2 Obrat za MBO imenovan Vizija 2020

Na nedavnem simpoziju o ravnanju z odpadki v mestu Sofija v Bolgariji je avtor člankov o tehnologiji MBO imenovani Vizija 2020 predstavil masne deleže nastale iz PMKO z območja mesta Sofija v postopku MBO Vizija 2020.

Preglednica 11.3: Sestava PMGO in POSD, ki so se leta 2007/2008 odlagali na odlagališče mesta Sofija (Kostadinova, 2008)

<b>Sestava PMGO iz mesta Sofija</b>	<b>Masni deleži (%)</b>
papir, karton, lepenka	17
plastika	13
steklo	9
kovine	2
tekstil	3
ostalo oz. mešanica sestavin	16
nevarni odpadki	1
organske, biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo	39
<b>SKUPAJ</b>	<b>100</b>

<b>Sestava POSD iz mesta Sofija</b>	<b>Masni deleži (%)</b>
papir, karton, lepenka	34
plastika	19
steklo	8
kovine	2
tekstil	3
ostalo oz. mešanica sestavin	9
nevarni odpadki	1
organske, biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim	24
<b>SKUPAJ</b>	<b>100</b>

Ob predpostavki, da predstavlja PMGO 80 % mase skupnega preostanka mešanih komunalnih odpadkov (PMKO) in POSD 20 % mase PMKO, sem izračunala sestavo PMKO v mestu Sofija.

Preglednica 11.4: Sestava PMKO nastalega v mestu Sofija leta 2007/2008

Sestava PMKO iz mesta Sofija - VHOD	Masni deleži (%)
papir, karton, lepenka	20,4
plastika	14,2
steklo	8,8
kovine	2
tekstil	3
ostalo oz. mešanica sestavin	14,6
nevarni odpadki	1
organske, biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo	36
SKUPAJ	100

Iz sheme masnih deležev, ki nastanejo pri MBO Vizija 2020, je razvidno, da se MKO v Sofiji ne ločujejo, saj je delež izločenih kovin (3 %) precej višji kot pa v Nemčiji na obratu Kahleneberg (1,2 %) in v osrednjeslovenski regiji (2,7 %). Prav tako podatki Eurostata za leto 2007 potrjujejo, da se v Bolgariji odložijo na odlagališča vse nastale količine komunalnih odpadkov.

Preglednica 11.5: Masni deleži nastali pri MBO imenovani Vizija 2020 iz PMKO iz mesta Sofija (Schu, Schu, 2009, str. 16)

IZHOD - mesto Sofija	Masni deleži (%)
RDF	27
reciklienti	5
inerten material	17
kovine	3
biokosem (kompost)	9
bioplin	8
izsušeno odpadno blato	3
odpadna voda	28
SKUPAJ	100

Na podlagi znane sestave PMKO iz osrednjeslovenske regije ter vhodnih in izhodnih masnih deležev sofijskega PMKO sem s pomočjo spodnje enačbe izračunala izhodne masne deleže nastale z MBO Vizija 2020 preostanka MKO iz osrednjeslovenske regije.

$$\frac{\text{sofijski IZHOD (\%)}}{\text{sofijski VHOD (\%)}} = x \rightarrow \text{osrednjeslov. IZHOD (\%)} = x * \text{osrednjeslov. VHOD (\%)}$$

Pri računu sem upoštevala naslednje:

- RDF se pridobiva iz vhodne mase papirja, kartona, lepenke, plastike in tekstila.

- Reciklate pridobivamo iz vhodne mase mešanice sestavin, stekla in plastike.
- Inerten material pridobivamo iz vhodnih količin mešanice sestavin in stekla.
- V postopku MBO se izločijo vse kovine, ki se nahajajo v sprejetih PMKO. To omogoča predhodno sušenje lahke frakcije v tunelu, presejanje v bobnu, zračno ločevanje in obdelava z visoko zmogljivimi magnetnimi separatorji. Ti zaznajo tudi delce s šibkim magnetnim nabojem kot so drobna elektronska oprema, baterije in pršila pod pritiskom (Schu, 2007).
- V postopku MBO Vizija 2020 se zaradi visoke stopnje odvzemanja vode s pomočjo stiskalnic in ne na podlagi sušenja odstrani tudi do 90 % onesnažil, ki po zaključeni anaerobni in aerobni obdelavi nastale odpadne vode končajo v odpadnem blatu (Schu, 2007). Na podlagi tega ocenjujem, da se 10 % nevarnih sestavin (zdravila, čistila) zadrži v biokosmu, ostalih 90 % nevarnih sestavin pa konča v odpadnem blatu.

Preglednica 11.6: Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije (Malus, 2009, str. 90)

Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije - VHOD	Masni deleži (%)
papir, karton, lepenka	17,83
plastika	16,23
mineralne sestavine nad 40mm (kamenje, opeka, porcelan, lončevina, kosti)	1,98
steklo	4,47
kovine	2,69
nevarne sestavine	0,11
ostalo oz. mešanica sestavin	18,39
tekstil	2,97
organske, biološko razgradljive sestavine, vključno z obdelanim lesom in rodovitno zemljo	35,33
SKUPAJ	100,00

Preglednica 11.7: Izračunani izhodni masni deleži pri MBO Vizija 2020 PMKO iz osrednjeslovenske regije

IZHOD - osrednjeslovenska regija	Masni deleži (%)
RDF	26,6
reciklienti	5,2
inerten material	18,0
kovine	2,7
biokosem (kompost)	8,8
bioplín	7,9
izsušeno odpadno blato	3,0
očiščena odpadna voda	27,5
SKUPAJ	100

Iz odpadnega blata, ki nastane v postopku MBO Vizija 2020, je mogoče izdelati tudi RDF. Ker PMKO iz osrednjeslovenske regije vsebuje tudi nevarne sestavine (drobne baterije, zdravila, čistila, kemikalije, biocide), ki lahko končajo v odpadnem blatu, tega ni dovoljeno uporabiti kot RDF, ampak ga je potrebno sežgati v sežigalnici odpadkov ali pa odložiti na odlagališču za nevarne odpadke (Malus, 2009).

### 11.3 Uporaba deževnikov v procesu MBO mešanih komunalnih odpadkov

Za tehnologijo MBO, ki temelji na delovanju deževnikov, so znani masni deleži izhoda pri obdelavi preostanka portugalskih MKO na obratu AMAWE.

Preglednica 11.8: Izhodni masni deleži nastali iz portugalskega PMKO pri MBO z uporabo deževnikov (Berkemeier, 2009, str. 257)

IZHOD – obrat na Portugalskem	Masni deleži (%)
kompost	25
reciklati	20
ostanek obdelave	20
izguba mase	35
SKUPAJ	100

Sestavo portugalskega PMKO sem določila na podlagi spodnjih najdb v članku avtorja Berkemeier-ja (2008).

- Pri MBO z uporabo delovanja deževnikov se v izločke deževnikov oziroma kompost razgradi od 85÷95 % mase biorazgradljivih snovi, ki se nahajajo v sprejeti masi PMKO. To pomeni, da iz 1 tone sprejetih MKO, v katerih predstavljajo biorazgradljive frakcije 67,5 % mase PMKO, nastane 260 kg komposta.
- 85 % mase stekla in kovin, ki se nahajajo v sprejetemu PMKO, je po končani MBO čistih in primernih za reciklažo.
- 90 % mase plastike, ki se nahaja v sprejetemu PMKO, je po končani MBO čiste in primerne za reciklažo. To pomeni, da je mogoče iz 1 tone PMKO, v kateri zavzemajo reciklirne frakcije 26% sprejete mase PMKO, dobiti 180 kg materialov primernih za reciklažo (Berkemeier, 2008).

Po podatkih OECD je v letu 2005 znašalo razmerje med sekundarnimi surovinami v masi portugalskih PMKO:

$$\text{plastika} : \text{steklo} : \text{kovine} = 11 \% : 7 \% : 4 \%$$

Na podlagi tega razmerja sem izračunala delež stekla v masi portugalskih PMKO v letu 2008:

plastika : steklo : kovine = 13 % : 8 % : 5 %

Preglednica 11.9: Sestava portugalskega PMKO, ki se je obdelal na pilotnem obratu za MBO imenovanem AMAVE (Berkemeier, 2008; Berkemeier, 2009; OECD, 2006)

Sestava PMKO iz Portugalske – VHOD			Masni deleži (%)
organske, biološko razgradljive sestavine vključno s higienskim tekstilom			67,5
reciklirne frakcije	plastika	13	26
	steklo	8	
	kovine	5	
Ostalo			6,5
SKUPAJ			100

Na podlagi znane sestave PMKO iz osrednjeslovenske regije in znane masne bilance mehansko-biološko obdelanega PMKO iz Portugalske, sem s pomočjo prej omenjene enačbe izračunala izhodne masne deleže mehansko-biološko obdelanega PMKO iz osrednjeslovenske regije z uporabo delovanja deževnikov.

Preglednica 11.10: Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije iz leta 2007 (Malus, 2009, str. 90)

Sestava PMKO iz osrednjeslovenske regije – VHOD	Masni deleži (%)
Organske, biološko razgradljive sestavine vključno s higienskim tekstilom	56,35
Steklo, kovine, plastika	23,4
Ostalo	20,26
SKUPAJ	100

Pri izračunu izhodnih deležev v osrednjeslovenski regiji sem upoštevala, da ostanek obdelave nastane iz vhodnih količin plastike, kovin in stekla ter iz ostalih odpadkov.



Preglednica 11.11: Izračunani masni deleži izhodnih frakcij nastalih iz mehansko-biološko obdelanega PMKO iz osrednjeslovenske regije z uporabo delovanja deževnikov.

<b>IZHOD – osrednjeslovenska regija</b>	<b>Masni deleži (%)</b>
kompost	20,9
reciklati	18,0
ostanek obdelave	26,9
izguba mase	34,3
SKUPAJ	100

## 12 PRIMERJAVA PREDSTAVLJENIH TEHNOLOGIJ MBO

### 12.1 Masne bilance tehnologij

Preglednica 12.1: Masna bilanca na različnih obratih za MBO (Schalk, 2009; Schu, 2009, Berkemeier, 2009)

tip obrata	Obrat MBO Kahlenberg (Nemčija)	Obrat MBO Vizija 2020 (Švica)				Obrat MBO AMAWE (Portugalska)
območje nastanka sprejetih odpadkov	mesto Kahlenberg (Nemčija)	mesto Sofija (Bolgarija)				mesto Guimaraes (Portugalska)
RDF	31 %	27 %	30 %	36 %	39 %	/
Kompost (hortikultura ali pridobivanje energije)	/	9 %	9 %	/	/	25 %
materiali primerni za reciklažo (papir, steklo, plastika)	/	5 %	5 %	5 %	5 %	20 %
inerten material (odlaganje ali uporaba v gradbeništvu)	12 %	17 %	17 %	17 %	17 %	/
odpadna voda, vodni hlapi, mikrobiološka poraba vode	44 %	28 %	28 %	28 %	28 %	35 %
ostanek obdelave (sežig v sežigalnici odpadkov)	7 %	3 %	/	3 %	/	20 %
Fe-kovine	1 %	2 %	2 %	2 %	2 %	/
ostale kovine	/	1 %	1 %	1 %	1 %	/
bioplin	5 %	8 %	8 %	8 %	8 %	/

Izhodne masne deleže v zgornji tabeli med seboj ni mogoče primerjati, saj so ti nastali na podlagi obdelave PMKO, katerih sestava ni bila enaka. Pri obratu MBO iz obrata AMAWE se izhodni delež kovin nahaja v deležu za materiale primerne za reciklažo. Obrat Vizija 2020 ima več različnih možnosti pridobivanja RDF, kar je odvisno od onesnaženosti komposta in odpadnega blata (ostanka obdelave) s težkimi kovinami.

Za lažjo primerjavo izhodnih deležev pri različnih tehnologijah MBO, sem izračunala izhodne deleže nastale z MBO PMKO iz osrednjeslovenske regije. Izračuni masnih bilanc so prikazani v poglavju 11.

Preglednica 12.2: Masna bilanca preostanka mešanih komunalnih odpadkov iz osrednjeslovenske regije pri različnih tehnologijah MBO

Tehnologija MBO	Obrat MBO Kahlenberg (Nemčija)	Obrat MBO Vizija 2020 (Švica)				Obrat MBO AMAWE (Portugalska)
Območje nastanka sprejetih odpadkov	osrednjeslovenska regija	osrednjeslovenska regija				osrednjeslovenska regija
RDF	35,3 %	26,6 %	29,6 %	35,4 %	38,4 %	/
Kompost (hortikultura ali pridobivanje energije)	/	8,8 %	8,8 %	/	/	20,9 %
materiali primerni za reciklažo (papir, steklo, plastika)	5,4 %	5,2 %	5,2 %	5,2 %	5,2 %	18 %
inerten material (odlaganje ali uporaba v gradbeništvu)	5,5 %	18 %	18 %	18 %	18 %	/
odpadna voda, vodni hlapi, mikrobiološka poraba vode	36,5 %	27,5 %	27,5 %	27,5 %	27,5 %	34,3 %
ostanek obdelave (sežig v sežigalnici odpadkov ali odlaganje na odlagališču)	9,1 %	3 %	/	3 %	/	26,9 %
kovine	2,7 %	2,7 %	2,7 %	2,7 %	2,7 %	/
bioplin	5,5 %	7,9 %	7,9 %	7,9 %	7,9 %	/

Pri tehnologiji MBO Vizija 2020 je delež RDF mogoče zvišati celo na 38,4 % sprejete količine PMKO iz osrednjeslovenske regije, če kompost in odpadno blato namenimo za izdelavo RDF. Onesnažila, ki se izločijo v NMT-procesu MBO iz drobne frakcije končajo v odpadnem blatu, da je tako pridobljen kompost neonesnažen. Glede na to, da predstavljajo nevarne snovi v PMKO iz osrednjeslovenske regije 0,11 % sprejetega PMKO, menim, da je teh v končnem odpadnem blatu zanemarljivo malo, saj se nevarne snovi kot so baterije in mali elektronski odpadki izločijo že iz lahke frakcije z visoko učinkovitimi magneti. Delež nevarnih snovi se bo v regiji v leti zniževal, saj že vsa komunalna podjetja v regiji nudijo brezplačen sprejem nevarnih odpadkov na zbiralnih akcijah in v zbirnih centrih tekom celega leta. Poleg tega je potrošnikom v nekaterih trgovinah na voljo oddaja rabljenih baterij, elektronskih naprav, tonerjev, fitofarmaceutskih snovi in od letošnjega leta tudi oddaja zdravil s pretečenim rokom uporabe v vseh lekarnah.

V spodnji preglednici so prikazane še količine produktov nastalih iz PMKO iz osrednjeslovenske regije pri različnih tehnologijah MBO. Skupni seštevki količin pri tehnologijah Vizija 2020 in tehnologiji s Portugalske malenkost odstopa od dejanske količine

sprejetega PMKO na obratu, saj sem dejansko vsoto ocenjenih deležev iz 99,7 %, kolikor velja za Vizijo 2020, zaokrožila na 100 % ter pri portugalski tehnologiji iz 100,1 % na 100 %.

Preglednica 12.3: Nastale količine produktov na različnih obratih MBO iz PMKO iz osrednjeslovenske regije

Tehnologija MBO	Obrat MBO Kahlenberg (Nemčija)	Obrat MBO Vizija 2020 (Švica)				Obrat MBO AMAWE (Portugalska)
Območje nastanka sprejetih odpadkov	osrednjeslovenska regija	osrednjeslovenska regija				osrednjeslovenska regija
kapaciteta leta 2008 (t/leto)	179.154	179.154				179.154
RDF (t)	63.241	47.655	53.030	63.421	68.795	/
kompost (hortikultura ali pridobivanje energije) (t)	/	15.766	15.766	/	/	37.443
materiali primerni za reciklažo (papir, steklo, plastika) (t)	9.674	9.316	9.316	9.316	9.316	32.248
inerten material (odlaganje ali uporaba v gradbeništvu) (t)	9.853	32.248	32.248	32.248	32.248	/
odpadna voda, vodni hlapi, mikrobiološka poraba vode (t)	65.391	49.267	49.267	49.267	49.267	61.450
ostanek obdelave (sežig v sežigalnici odpadkov ali odlaganje na odlagališču) (t)	16.303	5.375	/	5.375	/	48.192
kovine (t)	4.837	4.837	4.837	4.837	4.837	/
bioplín (t)	9.853	14.153	14.153	14.153	14.153	/
SKUPAJ	179.154	178.617	178.617	178.617	178.617	179.333

## 12.2 Prednosti in slabosti posamezne tehnologije

Tehnologiji MBO iz Kahlenberga in Vizija 2020 sta edini, pri katerih se iz PMKO pridobiva energent bioplin. Iz spodnje preglednice je razvidno, da nastane iz ene tone MKO pri tehnologiji Vizija 2020 več bioplina, kot pri tehnologiji iz Kahlenberga. Hkrati tehnologija Vizija 2020 prednjači pred ostalimi tehnologijami v tem, da se bioplin iz odpadne vode izločene v NMT-procesu, pridobi v UASB-reaktorju že v 15 do 30 urah. Na običajnih obratih MBO traja postopek pridobivanja bioplina od 18 do 21 dni.

Preglednica 12.4: Nastale količine bioplina v postopku MBO Vizija 2020 in v postopku MBO Kahlenberg (Schu, Schu, 2009, str. 237).

Tehnologija MBO	Sprejeti odpadki	bioplin (m <sup>3</sup> /t sprejetih odpadkov)	CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /t sprejetih odpadkov)
Kahlenberg	mešani komunalni odpadki	50÷60	33÷45
Vizija 2020	mešani komunalni odpadki	75÷90	49÷63
	zeleni odrez in biološki odpadki	85÷110	55÷77

S tem, ko so na obratu Kahlenberg izpopolnili proces precejanja z vpeljavo stiskalnic in ga poimenovali Bioleachate proces, je proces izpiranja postal podoben NMT-procesu pri tehnologiji Vizija 2020. Prvotni način precejanja v precejalniku (*percolator*) je trajal 7÷9 dni, ki se je nato z uvedbo stiskalnic skrajšal na čas krajši od 18 ur. Pri novi tehniki spiranja se tako že v manj kot 18 urah spere 80 % topnih organskih snovi, med katerimi tudi amonijak.

Ker je namen MBO ustvariti čim manj ostanka obdelave, ki se odlaga na odlagališče, tehnologija MBO, ki uporablja deževnike v kompostirni fazi, ni primerna za obdelavo PMKO iz osrednjeslovenske regije. Pri tej tehnologiji obdelave bi znašal delež ostanka namenjenega za odlaganje skoraj 27 % sprejete količine PMKO, kar bi bistveno zvišalo letne obratovalne stroške. S tehnologijo MBO iz Portugalske osrednjeslovenska regija ne bi pridobila nobenega obnovljivega energenta kot sta RDF in bioplin. Čeprav bi s to tehnologijo iz PMKO iz osrednjeslovenske regije pridobili največ komposta, ta za Slovenijo ni tako zanimiv kot za države, ki imajo precej bolj intenzivno poljedelstvo. Tehnologija MBO, ki izvira s Portugalske, izstopa od ostalih dveh po velikem deležu izločenih materialov namenjenih za

recikliranje. Glede na to, da je MOL dolžna po letu 2013 zvišati delež ločeno zbranih frakcij komunalnih odpadkov že na samem izvoru, delež reciklatov v PMKO po tem letu več ne bo tako visok. Posledično bo tudi delež izločenih reciklatov v postopku MBO z uporabo delovanja deževnikov nižji od izračunanega za leto 2008.

Tehnologija MBO, ki temelji na delovanju deževnikov, je primerna tudi za obdelavo neločeno zbranih MKO. Osrednjeslovenska regija pa že ima vpeljan sistem ločenega zbiranja MKO, katerega učinkovitost se z leti zvišuje, zato menim da ta vrsta tehnologije ne sodi v osrednjeslovenski prostor. Poleg tega igra pri tej tehnologiji pomembno vlogo tudi podnebje, saj je bolj primerna za mediteranske države, kjer zaradi milejših temperatur nimamo stroška za dovajanje toplote v procesu kompostiranja.

### 12.3 Pregled obratovalnih stroškov

Ravnanje s komunalnimi odpadki je lahko učinkovito in racionalno le pri razmeroma velikih količinah, saj z velikostjo oziroma kapaciteto naprav stroški na enoto odpadka padajo. Na drugi strani pa se zaradi tega povečujejo stroški transporta do teh naprav. Stroški transporta so v primerjavi s predelavo in odstranjevanjem odpadkov nizki, kar pomeni, da morajo biti zmogljivosti naprav za ravnanje z odpadki razmeroma visoke (Operativni..., 2008).

Preglednica 12.5: Stroški obdelave pri posameznih tehnologijah MBO (Schalk, 2009; Schu, 2009, Berkemeier, 2009; Malus, 2009)

Obrat MBO	Kahlenberg	Vizija 2020	AMAWE
kapaciteta obrata (t/leto)	100.000	39.200	1.500
investicijski stroški (€)	73.000.000	19.000.000	317.000
investicijski stroški (€/t)	557	ni podatka	211
bruto obratovalni stroški (€/t sprejetih odpadkov)	100	66,3 (za sušenje lahke frakcije v tunelu)	ni podatka
neto obratovalni stroški (€/t sprejetih odpadkov)	84÷90	ni podatka	35÷40 (< 30 pri 10.000 t/leto)

Pri tehnologiji Vizija 2020 so znani le stroški ene od faz, to je sušenja grobe frakcije MKO, ki znašajo 66,3 €/tono. Manjkajo torej stroški NMT-procesa, pri katerem se obdelava drobna frakcija MKO. Čeprav 66,3 €/t znaša veliko glede na to, da gre za obdelavo samo grobe

frakcije odpadkov, je s tehnologijo Vizija 2020 mogoče dobiti več različnih produktov, ki so čisti in brez vonja ter s prodajo katerih nižamo bruto obratovalne stroške.

Prednost tehnologije Vizija 2020 je, da se pri njej, na račun velikega deleža izločenih ponovno uporabljivih inertnih materialov, ničesar ne odlaga, zato nimamo stroškov odlaganja in stroškov okoljske dajatve zaradi odlaganja. Inerten material je po takem postopku obdelave neonesnažen in ne vsebuje težkih kovin. S tem, ko se pesek, prod in kamni odstranijo že pred začetkom anaerobne fermentacije, se izognemo poškodbam na opremi oziroma stroškom za njeno popravilo.

Čeprav imamo tako kot pri tehnologiji iz Kahlenberga tudi pri Viziji 2020 še stroške sežiga neuporabnih produktov obdelave, kot je kontaminirano odpadno blato, v sežigalnici odpadkov, predstavljajo produkti namenjeni za sežig pri tej tehnologiji le 3 % sprejetih odpadkov, pri tehnologiji iz Kahlenberga pa 9 %.

Iz spodnje tabele je razvidno, da znaša v Avstriji strošek sežiga ostanka MBO v sežigalnici odpadkov do 170 €/t, kar je več kot pa da bi ostanek MBO odložili na odlagališče in pri tem plačali okoljsko takso. Strošek odlaganja ostanka MBO skupaj s okoljsko dajatvijo znaša v Avstriji največ 126 €/t (Faist, Ragossnig, 2009).

Preglednica 12.6: Okoljska dajatev v Avstriji za različne načine ravnanja z odpadki (Faist, Ragossnig, 2009)

<b>Ravnanje</b>	<b>(€/t)</b>
Odlaganje na odlagališču za inertne odpadke	8
Odlaganje na odlagališču za ostanke odpadkov	18
Odlaganje na odlagališču za nevarne odpadke	26
Toplotna obdelava, proizvodnja nadomestnega goriva in prevoz zunaj Avstrije	7

Bolj podroben prikaz stroškov, ki nastopajo na obratu za MBO Kahlenberg, je prikazan v spodnji preglednici. Obratovalni stroški so bili izračunani za ljubljansko območje z letno kapaciteto 131.592 ton.

Preglednica 12.7: Obratovalni stroški naprave za MBO s precejanjem (Malus, 2009, str. 197)

Vrsta stroškov (MBO s precejanjem)	€/leto
<b>1. Bruto obratovalni stroški</b>	13.133.820
1.1. Vpliv investicijskih stroškov	3.487.750
1.1.1. Stroški amortizacije za naprave in opremo	1.993.000
1.1.2. Stroški amortizacije za gradbene objekte	1.494.750
1.2. Obratovalni stroški	4.962.510
1.2.1. Stroški energije	503.338
1.2.1.1. Električna energija	319.301
1.2.1.2. Toplotna energija	184.036
1.2.2. Stroški potrošnega materiala	348.775
1.2.3. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov	911.447
1.2.3.1. Odlaganje	533.347
1.2.3.2. Sežiganje	378.100
1.2.4. Stroški dela	962.000
1.2.5. Stroški vodstva, uprave	144.300
1.2.6. Davki in zavarovanja	1.046.325
1.2.7. Ostali stroški	1.046.325
1.3. Vzdrževalni stroški	3.986.000
1.3.1. Popravila	797.200
1.3.2. Servisiranje	3.188.800
1.4. Strošek sežiga RDF	697.560
1.4.1. Strošek prevoza	697.560
1.4.2. Strošek sežiga	0
<b>2. Prihodek</b>	1.342.007
2.1. prodaja sekundarnih surovin	586.400
2.1.1. Fe kovine	224.400
2.1.2. Barvne kovine	362.000
2.1.3. Steklo	0
2.1.4. PVC	0
2.2. Prodaja energije	755.607
2.2.1. Električna energija	571.571
2.2.2. Toplotna energija (porabi na sami napravi)	184.036
<b>3. Neto obratovalni stroški</b>	11.791.813
<b>4. Specifični bruto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>100</b>
<b>4. Specifični neto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>90</b>

Prihodek iz prodaje izločenih kovin in viška električne energije na takem obratu zniža bruto obratovalne stroške le za 10 %. PVC in steklo se oddajata odjemalcem odpadne surovine brezplačno. RDF sprejemajo cementarne brezplačno, obrat za MBO pa je dolžan poravnati strošek prevoza do cementarne ali toplarne, ki znaša v primeru tehnologije Kahlenberg 15 €/t. Zaradi tega je smiselno postaviti objekt za termično obdelavo, ki kot gorivo uporablja RDF, v bližini objekta za MBO (Malus, 2009). Tako kot RDF tudi visoko kalorična frakcija predstavlja za obrat MBO strošek. V Avstriji znaša ta za RDF od 15 ÷ 30 €/t in za visoko kalorično frakcijo od 70 ÷ 90 €/t (Faist, Ragossnig, 2009). Pri tehnologiji MBO Kahlenberg je



smoterno izrabiti tudi višek toplotne energije na obratu za ogrevanje domov prebivalcev, ki živijo v bližini odlagališča Barje (Malus, 2009).

Preglednica 12.8: Stroški in prihodki izhodnih frakcij nastalih pri MBO v Avstriji (Faist, Ragossnig, 2009)

<b>Izhodna frakcija</b>	<b>Izplačilo</b>	<b>(€/t)</b>
Frakcija monopolimerov za reciklažo	prihodek	30÷180
PPC (papir-lepenka-karton) za reciklažo	prihodek	20÷60
Les za izrabo toplote	prihodek	10÷20
Sekundarna goriva za izrabo toplote	strošek	15÷35
Visoko kalorična frakcija za izrabo toplote	strošek	70÷90
Sežig ostanka MBO v sežigalnici odpadkov	strošek	110÷170
Odlaganje ostanka MBO na velikih odlagališčih	strošek	75÷100

Znižanje bruto obratovalnih stroškov na obratu za MBO je lahko oteženo zaradi padca cen sekundarnih surovin, kot posledica nizke gospodarske rasti in s tem padca cen fosilnih goriv. Konec decembra leta 2008 je vrednost papirja padla iz 75 €/t na nekaj evrov, vrednost plastične embalaže iz 200 €/t na 30 €/t in vrednost aluminijastih pločevink iz 650 €/t na 150 €/t (Sotelšek, 2009; Mesarec, 2009). Evropske izkušnje kažejo, da je glavni izziv obratov za MBO najti trg za njihove produkte in si z odjemalci zagotoviti dolgoročne odjeme (Thome-Kozmensky, 2003).

Tehnologija Vizija 2020 ne zahteva velikega števila delovnega osebja, kar pomeni da imamo nižje stroške dela. Poleg tega za postavitev kontejnerja za NMT-proces rabimo malo površine (Schu, 2009).

Pri omenjeni tehnologiji ni potrebno dovajati vode, medtem ko je pri tehnologiji iz Kahlenberga to potrebno dovajati. Voda se izloči iz sprejetih odpadkov v NMT-procesu in kroži med fazami obdelave, kar dodatno zniža stroške obdelave. Analize komposta iz švicarskega PMKO potrjujejo, da je s tehnologijo Vizija 2020 mogoče pridobiti kompost za neomejeno rabo. Ta se lahko uporablja tudi kot nadomestno gorivo v toplarnah, saj vsebuje zelo malo klora, ustvarja malo pepela in ne vsebuje težkih kovin (Schu; 2009).

Na podlagi znanih lastnosti biološkega sušenja na obratu Kahlenberg in sušenja v tunelu na obratu Vizija 2020, se je izkazalo, da je sušenje v tunelu bolj primerno od biološkega sušenja, zaradi krajšega zadrževalnega časa, nižje temperature sušenja, manjšega volumna odsesanega

zraka in cenovno ugodnejše toplote, ki se dovaja v tunel. Pri biološkem sušenju pa je pomembno, da se med odpadki nahajajo tudi biogeni odpadki, ki ob oksidaciji oddajajo toploto za sušenje (Schu, 2008). Glede na to, da se v osrednjeslovenski regiji BIO odpadki ločeno zbirajo, je delež teh v masi PMKO leta 2007 predstavljal 35,33 % mase, po letu 2013 pa bo moral znašati le 11,78 % mase PMKO. Omenjen delež ne bo mogel ustvariti zadostne toplote potrebne za biološki proces sušenja, zato je sušenje v tunelu kot ga pozna tehnologija Vizija 2020 za regijo bolj primerno.

Tunel za sušenje tako velja za enega najbolj učinkovitih in ekonomičnih sistemov za sušenje. Ravno zaradi njegove uporabe se poveča učinkovitost NIR-sistemov za sortiranje, kar omogoča pridobivanje neonesnaženega RDF-a ter čistih in brez vonja materialov primernih za reciklažo (Schu technology, ...2009).

#### **12.4 Cena ravnanja z odpadki**

Cena ravnanja z odpadki mora biti naravnana tako, da stimulira ločeno zbiranje odpadkov in da je okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov tako visoka, da tako lokalne skupnosti, kot posameznika odvrača od nevestnega ravnanja z odpadki (Operativni..., 2008).

V letu 2008 je znašala v občinah, ki jih pokriva podjetje Snaga d.o.o., povprečna lastna cena odlaganja odpadkov 37,6 €/t. Pomembno je opozoriti, da ta cena odlaganja ne vključuje bodočih stroškov obratovanja, ki bodo nastali po zaprtju odlagališča, niti sredstev za nabavo novega odlagalnega polja (Poročilo..., 2009).

Povprečna lastna cena zbiranja in prevoza komunalnih odpadkov iz gospodinjstev in njim podobnih je istega leta znašala 7,1913 €/m<sup>3</sup> (Poročilo..., 2009). Če pri tem upoštevamo, da v občini Kamnik, ki tudi odlaga odpadke na odlagališče Barje, enačijo 1 m<sup>3</sup> odpadkov z 111,16 kg odpadkov, je tako v Ljubljani leta 2008 znašala povprečna cena zbiranja in prevoza odpadkov iz gospodinjstev in njim podobnih 64,7 €/t (Smolnikar, 2009). Skupna povprečna lastna cena zbiranja, prevoza in odlaganja odpadkov iz gospodinjstev in njim podobnih je leta 2008 v MOL, skupaj z okoljsko dajatvijo in stroški zbiranja ločeno zbranih frakcij, znašala 102,3 €/t (37,6 + 64,7).

Preglednica 12.9: Povprečne lastne cene ravnanja z odpadki iz gospodinjstev in njim podobnih v MOL (Poročilo..., 2009, str. 27, 28; Jesenšek, 2009)

<b>Povprečne lastne cene ravnanja z odpadki</b>	<b>v letu 2008 (€/t)</b>	<b>nove predlagane (€/t)</b>
Zbiranje in odvoz odpadkov + ločeno zbiranje frakcij	64,7	89,2
Odlaganje PMKO + okoljska dajatev	37,6	107,5
SKUPAJ	102,3	196,7

Preglednica 12.10: Cene novega načina ravnanja z odpadki iz gospodinjstev in njim podobnih ob uvedbi tehnologije MBO imenovane Vizija 2020 (Cenik..., 2009)

<b>Nov način ravnanja s komunalnimi odpadki v Ljubljani</b>	<b>v letu 2008 (€/t)</b>	<b>nove predlagane (€/t)</b>
Zbiranje in odvoz odpadkov + ločeno zbiranje odpadkov	64,7	89,2
Obdelava mešanih komunalnih odpadkov	66,3 le obdelava lahke frakcije	66,3 le obdelava lahke frakcije
Odlaganje preostanka komunalnih odpadkov po obdelavi	68,4	107,5
Okoljska dajatev	5,6	
SKUPAJ	> 205	> 263

Cene za odlaganje preostanka odpadkov po obdelavi in okoljska dajatev za to, je vzeta iz cenika podjetja Snage d.o.o., ki velja od 1.3.2009 za prevzem in odlaganje odpadkov iz naprav za ravnanje z odpadki.

V zgornji preglednici manjkajo celotni bruto obratovalni stroški tehnologije »Vizija 2020« ter prihodki iz prodaje sekundarnih surovin in energentov. Gre za novo tehnologijo, ki je bila od leta 2007 poskusno uporabljena najprej na demonstracijskem obratu v Nemčiji in nato v Švici. Obrat s to tehnologijo naj bi začel obratovati s polno kapaciteto (39.200 t/leto) šele novembra 2010 v mestu Beringen v Švici in šele takrat bodo znani celotni bruto obratovalni stroški. Iznajditelj omenjene tehnologije MBO poudarja, da so njeni obratovalni stroški nižji od obratovalnih stroškov pri drugih alternativnih tehnologijah. To potrjuje tudi dejstvo, da je leta 2008 omenjena tehnologija bila izbrana izmed mnogih drugih na razpisu za modernizacijo obrata za MBO v mestu Beringen v Švici.

Cena ravnanja z odpadki ob uvedbi tehnologije MBO imenovane »Vizija 2020« bo enkrat višja od sedanje cene ravnanja z odpadki iz gospodinjstev in njim podobnih. Kljub temu se bo ta razlika v ceni zmanjšala, saj je podjetje Snaga d.o.o. za MOL in ostale osrednjeslovenske občine predlagalo povišanje sedanje cene ravnanja z odpadki. Novembra 2009 so bili namreč

podani predlogi za povišanje cen zbiranja in prevoza komunalnih odpadkov iz gospodinjstev za 38 % in povišanje cene odlaganja odpadkov na račun Pravilnika o zaračunavanju finančnih jamstev za obratovanje odlagališča po zaprtju za 186 %. Nove cene bodo začele veljati po pridobitvi pozitivnega strokovnega mnenja ministrstva za okolje in prostor (Jesenšek, 2009). Ob upoštevanju teh predlaganih odstotkov povišanja, postane razlika med eno in drugo ceno ravnanja minimalna, kar pomeni, da nas vztrajanje pri starem načinu ravnanja z odpadki ne bo stalo nič manj denarja.

Trenutno plačujejo občine po Sloveniji različno ceno za prevoz in odlaganje odpadkov. Zaradi izpolnjevanja obvez evropske direktive o odlaganju odpadkov se zapirajo določene deponije, s tem pa naraščajo stroški odvoza odpadkov na druge deponije (Fajfar, 2009). Nekatere občine zato skušajo znižati stroške deponiranja in se poleg uveljavljenega sistema ločenega zbiranja na ekoloških otokih in zbirnih centrih poslužujejo še novega sistema zbiranja odpadne komunalne embalaže v rumenih vrečkah imenovanega sistem »od vrat do vrat«. S tem sistemom so občine količino ločeno zbranih frakcij na prebivalca povečale tudi do šestkrat, hkrati pa so se pri tem sistemu letni stroški na gospodinjstvo znižali iz 53 €, ko gre za postavitve ekološkega otoka, na 4,2 €, ko gre za zbiranje v rumenih vrečah (Kojnik, 2009).

## ZAKLJUČEK

1. V diplomski nalogi predstavljene novosti na področju mehansko – biološke obdelave pretežno izhajajo iz člankov, ki so bili v letih 2007 in 2009 predstavljeni na simpozijih v mestu Hannover.
2. Kot velika novost je bila leta 2007 predstavljena tehnologija MBO imenovana »Vizija 2020«, ki omogoča predelavo PMKO in pri kateri je mogoče skoraj vse nastale izhodne produkte ponovno uporabiti brez odlaganja.
3. Razvoj tehnologije MBO gre v smer uporabe vijačnih stiskalnic za obdelavo biorazgradljive frakcije PMKO. Stiskalnice delujejo pod visokim pritiskom in paro, s katerimi se iz biorazgradljive frakcije odvzame voda, ki je bogata z organskimi snovmi in onesnažili. Z uporabo vijačnih stiskalnic pod pritiskom se v anaerobno obdelavo več ne pošilja biorazgradljiva frakcija skupaj z inertnim materialom, ampak le s stiskalnicami predhodno izločena voda.
4. Hkrati se z zmogljivejšimi magnetnimi ločevalniki, učinkovitejšimi NIR – senzorskimi napravami in s predhodnim sušenjem lahke frakcije v tunelu za sušenje, na obratih izloči iz PMKO več reciklatov in PVC-ja kot v preteklosti. K večjemu deležu izločanja reciklatov prispeva tudi opuščanje drobljenja lahke frakcije in namesto tega uporaba rotacijskega presejalnega bobna. Čeprav je vrednost reciklatov s svetovno gospodarsko krizo drastično upadla, je reciklaža še vedno, zaradi manjše porabe energije in zahtev evropskih direktiv in strategij po višanju njene uporabe, bolj spodbujana, kakor pa energetska potratna primarna proizvodnja materialov.
5. Kot velika pridobitev inovativnih tehnologij MBO se omenja tudi pridobivanje komposta z zanemarljivo vsebnostjo težkih kovin iz PMKO, ki po slovenski okoljski zakonodaji dosega celo prvi razred okoljske kakovosti.
6. Menim, da je za osrednjeslovensko regijo primerna tehnologija MBO imenovana »Vizija 2020«. Od vseh treh tehnologij MBO, ki jih primerjam v poglavju številka 12, je z izbrano tehnologijo mogoče pridobiti največ bioplina (7,9 %), dve vrsti energenta (29,6 % za RDF) in kompost za neomejeno rabo (8,8 %). Z izbrano tehnologijo se

učinkovito izloči inerten material (18 %), reciklati ( 5,2 % in 2,7 %) in izbrana tehnologija ima najnižji delež ostanka obdelave (3 %).

7. Celotni stroški obratovanja za izbrano tehnologijo še niso na voljo, ker gre za novejšo tehnologijo, ki od leta 2007 poskusno obratuje na demonstracijskem obratu v Nemčiji, s polno kapaciteto pa naj bi bila tehnologija zagnana letos novembra v Švici. Znani so le stroški obdelave lahke frakcije PMKO (66,3 €/t). Vendar pa iznajditelj omenjene tehnologije poudarja, da bodo obratovalni stroški omenjene tehnologije nižji od stroškov ostalih alternativnih tehnologij. Obratovalne stroške izbrane tehnologije je mogoče znižati z dobro prodajo reciklatov in energentov. Za boljšo prodajo reciklatov in energentov (bioplin in RDF) bi se v Sloveniji moral vzpostaviti dober trg reciklatov in mehanizmi za blaženje padca njihovih cen, ki so nujni ob gospodarskih krizah, kakršni smo priča danes.
8. Cena ravnanja z odpadki bi se v osrednjeslovenski regiji z uvedbo prikazane inovativne tehnologije MBO povišala za dvakrat glede na sedanjo ceno ravnanja z odpadki iz gospodinjstev in njim podobnih v MOL. Vendar pa je že novembra lani JP Snaga d.o.o. predlagalo povišanje sedanje cene zbiranja in prevoza ter cene odlaganja komunalnih odpadkov iz gospodinjstev. Če bo ministrstvo podalo pozitivno strokovno mnenje k predlaganim deležem povišanja, bo cena ravnanja z odpadki brez uporabe MBO v MOL tako po novem znašala 196,7 €/t. Brez uvedbe predlaganih povišanj in z uvedbo MBO v regiji pa bi nova cena ravnanja znašala nekaj nad 205 €/t. Ob morebitnem sprejetju predlaganih povišanj cen in istočasni uvedbi MBO v regiji, bi cena ravnanja z odpadki znašala največ 263 €/t. Vendar pa bi bila dejanska cena nižja, saj bi se z izbrano tehnologijo MBO odlagalo le 3 % mase sprejetega PMKO in tudi okoljska dajatev za tak inerten preostanek obdelave je nižja, kakor za neobdelane odpadke.
9. V regiji se bo z uvedbo nove tehnologije MBO cena ravnanja z odpadki povišala. Ukrep predlaganih povišanj cen pa je povsem upravičen, saj bo s tem razlika med novo in staro ceno do izgradnje obrata za MBO ( $263 \text{ €/t} - 196,7 \text{ €/t} = 66,3 \text{ €/t}$ ) nižja, kot pa če bi s povišanji cen pred samo vpeljavo MBO odlašali in tako pri prebivalcih, zaradi velike razlike v ceni ( $263 \text{ €/t} - 102 \text{ €/t} = 161 \text{ €/t}$ ), izzvali val nezadovoljstva.

10. Izbrana tehnologija MBO imenovana »Vizija 2020« ne povzroča emisij TGP in izcednih vod, saj proces obdelave odpadkov poteka v nadzorovanih pogojih. Iz sprejetih odpadkov se v postopku MBO izločijo snovno in energetske uporabni materiali, ki nadomeščajo okolju škodljiva fosilna goriva in z reciklažo katerih varčujemo z energijo. Izbrana tehnologija MBO ne onesnažuje podtalnice in ozračja, kot je to v primeru odlaganja neobdelanih odpadkov. S preoblikovanjem PMKO v dve vrsti energenta in kompost ter z izločanjem reciklatov iz njega, tehnologija ohranja naravne vire in preprečuje nastanek TGP. Na podlagi vseh naštetih okoljskih prednosti izbrane tehnologije MBO zaključujem, da ta izpolnjuje zahteve trajnostnega razvoja.

## **VIRI**

### **Uporabljeni viri**

Beker, E. 2006. RTT Systemtechnik GmbH, Zittau.

[www.cleaner-production.de/.../\\_65c\\_Fachaufsatz\\_EBS\\_Juli2006\\_engl.doc/](http://www.cleaner-production.de/.../_65c_Fachaufsatz_EBS_Juli2006_engl.doc/) (15.12.2009).

Berkemeier, R. 2008. Vermicomposting of mixed MSW - boosting recycling, solving landfill diversion.

<http://www.foeeurope.org/activities/.../Berkemeier%20-%20paper.doc/> (1.12.2009).

Berkemeier, R. 2009. Vermicomposting of Unsorted Municipal Solid Waste V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 249–261.

Burja, A. 2008. Akcijski načrt o trajnostni potrošnji in proizvodnji ter trajnostni industrijski politiki. Bilten Okolje in prostor: 134, str. 7-8.

Bisdorf, R., Pfliegensdorfer, T. 2007. Customized Exhaust Gas Treatment for MBT. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 524-537.

Blažeka, Ž., Žaja, S. 2004. Regijski center za ravnanje z odpadki na primeru Celjske regije – Slovenija. Maribor, Inštitut za ekološki inženiring d.o.o.: 9 f.

[http://www.iei.si/dload/clanek\\_zagreb2002\\_slo.pdf/](http://www.iei.si/dload/clanek_zagreb2002_slo.pdf/) (3.10.2008).

Breeger, A. 2009. The Lates Generation of RTO Plants V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 321–328.



Breuer, W. 2007. Experiences with the Operation of the Nehlsen-Drying-MBT- Plant Stralsund. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 128-142.

Case study – Centrally segregated biowastes. 2007.  
[http://www.ecoenergy.de/go\\_public/Poster\\_Sand\\_im\\_Geriebe\\_Codis2008.swf/](http://www.ecoenergy.de/go_public/Poster_Sand_im_Geriebe_Codis2008.swf/) (2.4.2009).

Celovito poročilo o vplivih na okolje zaradi gradnje čistilne naprave za čiščenje izcednih vod odlagališča nenevarnih odpadkov Barje. 2005. Ljubljana, Hidroinženiring d.o.o.: 138 str.  
[http://www.jh-lj.si/upload/doc/1895\\_Presoja\\_vplivov\\_na\\_okolje\\_za\\_cistilno\\_napravo.pdf](http://www.jh-lj.si/upload/doc/1895_Presoja_vplivov_na_okolje_za_cistilno_napravo.pdf),  
(15.8.2009).

Čepon, L. 2002. Preprečevanje in ravnanje s plinastimi emisijami iz odlagališč komunalnih odpadkov. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 100 str.

Čezmejna delavnica s terenskim ogledom Cero Celje, 24.6.2007  
<http://www.ekocenter.si/ca-celje.doc/> (3.10.2008).

Dach, J., Warnstedt, A., Siemion, J., Muller, G. 2007. Ecobalance of Regenerative Thermal Oxidation regarding the avoidance of Greenhouse Gas Emissions. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 552-563.

Erneuerung der KBA Hard mit Schaffhauser Umwelttechnik. 2008. Feuerthaler Anzeiger: 24: 10.  
[http://www.schu-ag.ch/go\\_public/kba/Feuerthaler\\_Anzeiger\\_24.pdf/](http://www.schu-ag.ch/go_public/kba/Feuerthaler_Anzeiger_24.pdf/) (2.11.2009).

Faist, W., Ragossnig, A. 2009. Sensorbased Sorting for the Reduction of the Upper Caloric Value in Mechanical-Biological Treatment Plants V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.).

Mechanical Biological Waste Treatment and Material Recovery Facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 399–410.

Fajfar, S. 2009. Gospodinjstvom še rumeni zabojniki.

<http://www.delo.si/> (10.12.2009).

Grilc, V. 2007. Poročilo o analizi modelnih vzorcev komunalnih odpadkov Ljubljane. Ljubljana, Kemijski inštitut Ljubljana: 14 str.

Grilc, V., Zupančič, G., Husić, M. 2008. Zaključno poročilo o izvedbi in rezultatih fizikalno-kemijskih analiz vzorcev mešanih in ločenih komunalnih odpadkov Ljubljane ter anaerobni biorazgradljivosti in bioplinskem potencialu vzorcev organskih, biološko razgradljivih sestavin komunalnih odpadkov za zimo 2007/2008. Ljubljana, Kemijski inštitut Ljubljana: 40 str.

Half a Ton of Municipal Waste Generated Per Person in the EU27 in 2007. 2009. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=STAT/09/31&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en/> (23.7.2009).

Ignjatovič, D. 2006. Kako obdelati odpadke, da bi ostanke lahko odložili? Ekolist, 2, 16-21.

Ignjatovič, D. 2007. Idejna rešitev za izgradnjo centra za ravnanje s komunalnimi odpadki Tenetiše. Delovni gradivo. Maribor, Inštitut za ekološki inženiring d.o.o.: 12 f.

<http://www.kranj.si/dokument.aspx?id=1013/> (3.10.2008).

Ignjatovič, D., Medved, M. 2008. Inventarizacija komunalnih objektov regijskega pomena na območju Goriške statistične regije. Strokovne podlage za vzpostavitev regijskega sistema za ravnanje z odpadki v Goriški statistični regiji. Povzetek študij. Maribor, Inštitut za ekološki inženiring d.o.o.: 24 f.

<http://www.tolmin.si/datoteka/a4d2f0d23dcc84ce983ff9157f8b7f88/> (3.10.2008).

Jesenšek, M. 2009. Višje cene v Ljubljani in okolici. <http://www.delo.si/> ( 30.11.2009).

Kojnik, H. 2009. Rumene vreče na pohodu? Celje. Embalaža-okolje-logistika, specializirana revija za embalažo, okolje in logistiko: 42: 26-27. <http://www.scribd.com/doc/13632399/EOL-42-online> (1.4.2009).

Količina nastalih in odloženih komunalnih odpadkov na prebivalca v Sloveniji od leta 2003 do leta 2006.

[http://www.stat.si/letopis/index\\_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/](http://www.stat.si/letopis/index_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/)(25.11.2008).

Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločeno zbranimi frakcijami ter ravnanje z njimi. Statistični letopis 2007. [http://www.stat.si/letopis/index\\_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/](http://www.stat.si/letopis/index_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/)(25.11.2008).

Kosi, B., Knez, L., Samec, N. 2008. Gospodarjenje z odpadki v Mariboru. Program celovitega ravnanja z odpadki. Maribor, Urad za komunalno, promet, okolje in prostor – MOM: 27 f. <http://www.maribor.si/dokument.aspx?id=818/> (3.10.2008).

Kostadinova, T. 2009. Business Opportunities in the Bulgarian Waste and Wastewater Sector. <http://www.vmd.be/uploads/20091109/02-Presentation.pdf> (10.11.2009)

Koželj, I. 2009. Odlaganje odpadkov na odlagališčih. Bilten Okolje in prostor: 14, 3, 5. [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/bilteni/bil138\\_09.pdf/](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/bilteni/bil138_09.pdf/) (20.7.2009).

Kramžar, J. 2009. Izvleček cenika za prevzem in odlaganje odpadkov. <http://www.snaga.si> (11.12.2009).

Kreith, F., Tchobanoglous, G. 2002. Handbook of Solid Waste Management. [http://www.google.com/books?id=BzTNoKw6HhYC&dq=Handbook+of+solid+waste+management.&lr=&hl=sl&source=gbs\\_navlinks\\_s/](http://www.google.com/books?id=BzTNoKw6HhYC&dq=Handbook+of+solid+waste+management.&lr=&hl=sl&source=gbs_navlinks_s/) (12.11.2009).

Kuehle-Weidemeier, M., Langer, U., Hohmann, F., Butz, W. 2007. The Current Situation of MBT in Germany. V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 187–201.

Kuehle-Weidemeier, M., Joffre, J. 2009. From waste to resource management Do we still need incineration? V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 95–110.

Kus, Z. 2009. Prenos podnebno-energetskega zakonodajnega svežnja v slovenski pravni red. Bilten Učinkovito z energijo: 136, 3.  
<http://www.mop.gov.si/> (20.8.2009).

Letno poročilo za leto 2008. 2009. Ljubljana, JP Snaga d.o.o.: 107 str.  
[http://www.jh-lj.si/upload/doc/2753\\_LETNO\\_POROCILO\\_2008\\_\\_Snaga\\_362009.pdf/](http://www.jh-lj.si/upload/doc/2753_LETNO_POROCILO_2008__Snaga_362009.pdf/)  
(8.12.2009).

Letno poročilo za leto 2007. 2008. Ljubljana, JP Snaga d.o.o.: 113 str.  
[http://www.jh-lj.si/upload/doc/1904\\_LETNO\\_POROCILO\\_2007\\_\\_Snaga\\_662008.pdf/](http://www.jh-lj.si/upload/doc/1904_LETNO_POROCILO_2007__Snaga_662008.pdf/)  
(15.6.2009).

Lubke, A. 2007. Research and Development Results of the Mechanical Biological Treatment Process NEW EARTH in the UK. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 163-175.

Mahl, B. 2007. Optimisation of Intensive Rotting Processes. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 467-477.

Majaron Mekinda, T. 2009. Izpusti toplogrednih plinov. Agencija RS za okolje, [http://kazalci.arso.gov.si/?&data=indicator&ind\\_id=157&menu\\_group\\_id=8/](http://kazalci.arso.gov.si/?&data=indicator&ind_id=157&menu_group_id=8/) (25.7.2009).

Malus, M. 2009. Primerjalna analiza in predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov na primeru ljubljanske regije. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Komunalna smer: 264 str.

Mele, M. 2009. Ocena sestave različnih vrst komunalnih odpadkov Ljubljane leta 2007. Snagec-Interno glasilo JP Snaga d.o.o.: 23, 3-9.

Mele, M. 2009. Količine in sestava nekaterih vrst komunalnih odpadkov na območju v oskrbi podjetja Snaga javno komunalno podjetje d.o.o.. Ljubljana, Snaga Javno podjetje d.o.o.: 37 str.

Mesarec, P. 2009. Sistem je razpadel, kaj zdaj? Celje. Embalaža-okolje-logistika, specializirana revija za embalažo, okolje in logistiko: 42: 15-20. <http://www.scribd.com/doc/13632399/EOL-42-online> (1.4.2009).

Mrevlje, A. 2009. Podnebni vrh se je končal s fiaskom: Planet Zemlja še ne bo prijetnejši kraj za bivanje. <http://www.dnevnik.si/> (21.12.2009).

Muller, W. 2007. Capability of MBT to Meet Treatment Targets in Different EC States. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 91-102.

Nared, N. 2009. Spremembe in dopolnitve Operativnega programa zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012. Bilten Okolje in prostor: 139, 2. [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/bilteni/bil139\\_09.pdf/](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/bilteni/bil139_09.pdf/) (20.7.2009).

Nelles, M., Westphal, J., Morscheck, J. 2009. Addition of an Anaerobic treatment Stage to MBT plants – Based on the Example of Rostock V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 215–225.

Nemec, V., Vodopivec, S., Praznik, M. 2006. Odločitev o predelavi pet pred dvanajsto. Dobro jutro, str. 10-12.

Nemec, V. 2009. Že ločuješ ali še smetiš? Glasilo Mestne občine Ljubljana: XIV, 3, 32.

Neubauer, C. 2007. Mechanical-Biological Treatment of Waste in Austria: Current developments. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 105-115.

Nova evropska zakonodaja o ravnanju z odpadki.

<http://www.europal-info.si/datoteke/info3-4-170608.pdf/> (20.10.2008).

Novela direktive o ravnanju z odpadki, ki jo je nedavno sprejel Evropski parlament, narekuje, da mora biti sleherni odpadek predelan.

<http://bam.czp-vecer.si/portali/7dni/v1/default.asp?kaj=2&id=5339008/>(5.10.2008).

Opadki. Statistični letopis 2007.

[http://www.stat.si/letopis/index\\_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/](http://www.stat.si/letopis/index_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/)(25.11.2008).

Ojsteršek, V., Samec, N., Grilc, V. 2006. MBO/BMO kot sodobna metoda predelave komunalnih odpadkov – izkušnje v Sloveniji. Gospodarjenje z odpadki 15, 57, 10-17.

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov. Ministrstvo za okolje in prostor.

[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/evropa/pdp/op\\_odstranjevanje\\_odpadkov\\_biorazgradljivi.pdf/](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/evropa/pdp/op_odstranjevanje_odpadkov_biorazgradljivi.pdf) (1.10.2008).

Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012. 2006.  
[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/op\\_toplogredni\\_plini2012.pdf/](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_toplogredni_plini2012.pdf) (10.6.2009).

Pilz, G. 2007. MBT Concepts of an Internationally Acting Engineering Company. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 143-156.

Podlipnik, B. 2008. Odpadkov ni preveč, preveč jih odložimo. Delo in dom 16, 46, 46-47.

Poročila o obratovalnem monitoringu odpadnih vod Javnega podjetja Snaga d.o.o. za leta 1999-2008.

Poročilo o meritvah emisije in kakovosti zgorevanja. 2003. Ljubljana, RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 13.

Poročilo o meritvah emisije in kakovosti zgorevanja. 2004. Ljubljana, RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 13.

Poročilo o meritvah emisije snovi v zrak. 2006. Ljubljana, RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 11, 13.

Poročilo o meritvah emisije snovi v zrak. 2007. Ljubljana, RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 10.

Predelane ali odstranjene količine odpadkov drugih imetnikov, po vrstah odpadkov. Statistični letopis 2007.

[http://www.stat.si/letopis/index\\_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/](http://www.stat.si/letopis/index_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/) (25.11.2008).

Priložnost za celostno rešitev ravnanja z odpadki. 2008. Finance plus: 119, 36.

Priročnik za ravnanje z odpadki in urniki odvoza 2009. 2009. JP Snaga d.o.o.: 47 str.

Purchase, D. 2009. Recovering biowaste from municipal waste to land maintaining public confidence through regulation V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 166–177.

Replacement of Equipment of KBA Schaffhauser Environmental. 2008.  
[http://www.bioindustry-ltd.com/pr\\_schu\\_chosen\\_swiss\\_english.pdf](http://www.bioindustry-ltd.com/pr_schu_chosen_swiss_english.pdf) (5.11.2009).

Repotočnik, Z. 2008. Bruto domači proizvod (BDP) v standardih kupne moči. SURS.  
[http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?ID=2452/](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?ID=2452/) (24.7.2009).

Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2005-2012. UL RS št. 2/2006: 70.  
[http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis\\_RESO41.html/](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis_RESO41.html/) (15.7.2009).

Rogelj Petrič, S. 2009. Končal se je podnebni vrh v Københavnu.  
<http://www.delo.si/> (21.12.2009).

Rupnik, J. 2009. Program zbiranja ločenih frakcij v občinah Borovnica, Log-Dragomer in Vrhnika za leto 2009. Javno komunalno podjetje Vrhnika d.o.o.: 80 str.

Samec, N., 2005. Ravnanje z odpadki - »zapiski predavanj«. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo: 102  
[http://ilona.uni-mb.si/samec/Stud\\_gradivo/Ravnanje\\_z\\_odpadki.pdf/](http://ilona.uni-mb.si/samec/Stud_gradivo/Ravnanje_z_odpadki.pdf/) (3.10.2008).



Schalk, P. 2009. Simplified Treatment of Municipal Solid waste by Adjustment of Percolation V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 240–248.

Schrap, H., Hoffmann, W. 2007. Operational Experiences at the MBT Wilsum. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 244-254.

Schneider, R., Rettenberger, G. 2007. Construction and Start-Up of the MBT Kahlenberg, Results of an Attendant research project Promoted by the EU. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 282-295.

Schu, R., Niestroj, J., Schu, K. 2009. Evaluation of system costs for the use of plastics with regard to disposal costs V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 119–131.

Schu, K. 2008. Waste fermentation and sand-no problem? Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. Proceedings International congress CODIS 2008. Solothurn, Switzerland. [http://www.schu-ag.ch/go\\_public/freigegeben/Waste%20Fermentation%20and%20Sand\\_MBA-Tagung\\_2007.pdf/](http://www.schu-ag.ch/go_public/freigegeben/Waste%20Fermentation%20and%20Sand_MBA-Tagung_2007.pdf/) (14.9.2009).

Schu, R., Schu K. 2009. Modernization of a Swiss MBT – plant with the Schubio – process V: Kuehle – Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological waste treatment and material recovery facilities. III International Symposium MBT and MRF. Goettingen, 12. - 14./15. maj 2009. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 226–239.

Schu, R. 2008. Low Temperature Drying as a key for Waste Recycling. Venice 2008 – Second International Symposium on Energy from Biomass and Waste. Vendig, 17. - 20.oktober 2008.

[http://www.ecoenergy.de/go\\_public/freigegeben/Low\\_temperature\\_drying\\_R.Schu\\_Venice2008\\_Publication.pdf/](http://www.ecoenergy.de/go_public/freigegeben/Low_temperature_drying_R.Schu_Venice2008_Publication.pdf/) (5.7.2009).

Schu, R. 2007. MBT for a Sustainable Development – Vision 2020. V: Kuehle-Weidemeier M. (ur.). Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Goettingen, 22. - 24. maj 2007. Goettingen, Cuvillier Verlag: str. 232-242.

Schu, R., Schu, K. 2009. MBT Concepts for a Sustainable Development City of Sofia. [http://www.bioindustry-ltd.com/sofia\\_concept.pdf](http://www.bioindustry-ltd.com/sofia_concept.pdf), (5.8.2009).

Schu, R. 2008. Niedertemperatur – Tunnelrockner zur optimierten Wertstoffgewinnung, [http://www.ecoenergy.de/go\\_public/freigegeben/Niedertemperatur-Tunnelrockner\\_Waste%20Consult\\_Juni2008\\_Praesentation.pdf](http://www.ecoenergy.de/go_public/freigegeben/Niedertemperatur-Tunnelrockner_Waste%20Consult_Juni2008_Praesentation.pdf) (20.10.2009).

Schu Technology: Processing Unsorted MSW, Industrial, Food and Bio Waste Fully Compliant with the Year 2020 European Requirements. 2009.

<http://www.bioindustry-ltd.com/> (2.11.2009).

Schu Technology A Step Ahead Of Competing Technology Designed To Meet Future Challenges. 2009. <http://www.bioindustry-ltd.com>, (2.11.2009).

Schu, R., Schu K. 2008. MBT for a Sustainable Development – Vision 2020. [http://www.ecoenergy.de/go\\_public/Poster\\_Sand\\_im\\_Geriebe\\_Codis2008.swf/](http://www.ecoenergy.de/go_public/Poster_Sand_im_Geriebe_Codis2008.swf/) (25.6.2009).

Skupne količine ločeno zbranih frakcij, zbranih z javnim odvozom odpadkov, Slovenija, letno. Statistični letopis 2007.

[http://www.stat.si/letopis/index\\_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/](http://www.stat.si/letopis/index_vsebina.asp?poglavje=29&leto=2007&jezik=si/)  
(25.11.2008).

Slovenske regije v številkah – 2009.

<http://www.stat.si/doc/pub/REGIJE-2009.pdf>, (12.7.2009).

Smolnikar, A. 2009. Predlog sklepa o soglasju k ceni storitev gospodarske javne službe »ravnanje s komunalnimi odpadki« v občini Kamnik. Kamnik.

<http://www.kamnik.si/dokument3.asp?id=2772&tip=word> (10.12.2009).

Sotelšek, A. 2009. Slopak novice. Glasilo družbe Slopak: 1 str.

[http://www.slopak.si/pdf/Slopak\\_1\\_2009.pdf](http://www.slopak.si/pdf/Slopak_1_2009.pdf) (20.5.2009).

Sprejet podnebno-energetski sveženj. 2009.

[http://www.umar.gov.si/informacije\\_za\\_javnost/posebne\\_teme/obvestilo/zapisi/sprejet\\_podnebno\\_energetski\\_svezenj/93/?tx\\_ttnews%5Byear%5D=2009&tx\\_ttnews%5Bmonth%5D=2&cHash=1f240f59af/](http://www.umar.gov.si/informacije_za_javnost/posebne_teme/obvestilo/zapisi/sprejet_podnebno_energetski_svezenj/93/?tx_ttnews%5Byear%5D=2009&tx_ttnews%5Bmonth%5D=2&cHash=1f240f59af/) (10.6.2009).

Stegmann, R. 2006. Mechanical biological pretreatment of municipal solid waste. V: Tenth International waste Management and Landfill Symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 3. – 7. oktober 2005. Cagliari, Environmental Sanitary Engineering Centre.

Šarc B., Polanec V. 2009. Komunalni odpadki. Agencija RS za okolje.

[http://kazalci.arso.gov.si/?&data=indicator&ind\\_id=190&menu\\_group\\_id=18](http://kazalci.arso.gov.si/?&data=indicator&ind_id=190&menu_group_id=18) (16.9.2009).

Tavčar, B. 2008. Več vrst, a vse veliko breme za okolje. Delo in dom 16, 46, 42-43.

Tavčar, B. 2009. Šestnajsti julij za odlagališča ni več usodni datum.

<http://www.delo.si/> (10.7.2009).

Tematska strategija o trajnostni rabi naravnih virov.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0670:FIN:SL:PDF>  
(30.1.2009).

Tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0666:FIN:SL:PDF>  
(30.1.2009).

Termična obdelava odpadkov v toplarni Celje.

<http://www.energetika-ce.si/index.php?menuid=70&type=B&ParentID=8&pageid=70/>  
(3.10.2008).

Thome-Kozmensky, K. J., 2003. Sežiganje ali mehansko biološka obdelava odpadkov. V: Horvat, I., Kortnik, J.(ur.). Gospodarjenje z odpadki - Zbiranje in sežiganje odpadkov ter odpadne embalaže. 4.strokovno posvetovanje. Slovenske Konjice, september 2003. Slovenske Konjice, Cetera: str. 103-121.

Usklajena je direktiva o recikliranju odpadkov, Ministrstvo za okolje čaka na novo evropsko direktivo o odpadkih.

<http://razgledi.net/blog/2008/06/24/usklajena-je-direktiva-o-recikliranju-odpadkov/>  
(5.10.2008).

V dolenskem Cerodu bodo iz odpadkov pridobivali elektriko.

<http://www.dobrojutro.net/?stran=arhiv&tip=24&id=12803/> (15.10.2008).

Videmšek, B. 2007. Ekološko razmišljanje je kot pri šahu; deset, dvajset potez vnaprej. Ljubljana, Delo: 16-18.

Visit to MBT – AD plant in Lubeck. 2007. Friends of the earth Manchester.  
<http://www.manchesterfoe.org.uk/waste/tour.htm/> (10.5.2009).

ZAK-process for the economical production of high-value, quality-optimized, secondary combustible material (RDF) from domestic waste with minimal quantities of waste for landfilling and minimal emission of greenhouse gases. 2007.  
[http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=laymanReport&fil=LIFE04\\_ENV\\_D\\_000056\\_LAYMAN.pdf/](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=laymanReport&fil=LIFE04_ENV_D_000056_LAYMAN.pdf/) (2.4.2009).

Zbirno poročilo o meritvah in sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje v letu 2006. 2007. Ljubljana, RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 3.

Zbirno poročilo o meritvah sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje v letu 2007. 2008, Ljubljana, RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 3.

Zbirno poročilo o meritvah sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje v letu 2008. 2009. RACI, racionalizacija procesov zgorevanja, d.o.o.: str. 4.

Zelena knjiga o ravnanju z biološkimi odpadki v Evropski uniji. SEC (2008) 2936.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:SL:PDF>  
(5.1.2009).

Zidanšek, M. 2009. Cenik storitev zbiranja, odvoza in ravnanja z odpadki za Mestno občino Celje.

<http://www.simbio.si/> (10.12.2009).

### **Ostali viri**

Direktiva Sveta 1999/31/ES o odlaganju odpadkov na odlagališčih. UL L 182/1999: 1-19.

<http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=330243:cs&lang=sl&list=330244:cs,330243:cs,&pos=2&page=1&nbl=2&pgs=10&hwords=&checktexte=checkbox&visu=#texte/> (5.10.2008).

Direktiva 2006/12/ES Evropskega parlamenta in Sveta o odpadkih. UL L 114/2006: 9-14.

<http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=425607:cs&lang=sl&list=425607:cs,&pos=1&page=1&nbl=1&pgs=10&hwords=&checktexte=checkbox&visu=#texte/> (5.10.2008).

Odločba 2003/33/ES Sveta z dne 19.decembra 2002 o določitvi meril in postopkov za sprejemanje odpadkov na odlagališčih na podlagi člena 16 in Priloge II k Direktivi 1999/31/ES. UL L 11/2002: 27-50.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:07:32003D0033:SL:PDF/>  
(30.1.2009).

Sklep št. 1600/2002/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. junija 2002 o šestem okoljskem akcijskem programu Skupnosti.

[http://www.npvo.si/dokumenti/sesti\\_okoljski\\_akcijski\\_program.pdf](http://www.npvo.si/dokumenti/sesti_okoljski_akcijski_program.pdf) (30.1.2009).

Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo. UL RS št. 57/2008.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200857&stevilka=2419/> (20.8.2009).

Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih. UL RS št. 53/2009. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200953&stevilka=2645/> (10. 7. 2009).

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. UL RS št. 62/2008.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200862&stevilka=2628/> (5.10.2008).

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. UL RS št. 32/2006.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200632&stevilka=1311/> (5.10.2008).

Uredba o ravnanju z odpadki. UL RS št. 34 /2008.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200834&stevilka=1358/> (5.10.2008).

Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih. UL RS št. 98/2007.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200798&stevilka=4858/> (5.10.2008).



### Priloga B: Izračun emisij metana na novem delu odlagališča (Snaga d.o.o.)

	ODP # 87	ODP # 88	ODP # 89	ODP # 90	ODP # 91	ODP # 92	ODP # 93	ODP # 94	ODP # 95	ODP # 96	ODP # 97	ODP # 98	ODP # 99	ODP # 00	ODP # 2001	ODP # 2002	ODP # 2003	ODP # 2004	ODP # 2005	ODP # 2006	ODP # 2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	mu											
1987																														544.006											
1988	544.006																													1.758.668											
1989	526.668	544.006																												2.375.412											
1990	510.275	526.668	544.006																											3.258.112											
1991	484.204	510.275	526.668	544.006																										4.322.234											
1992	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																									5.584.872											
1993	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																								7.069.704											
1994	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																							8.826.616											
1995	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																						10.826.616											
1996	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																					13.044.616											
1997	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																				15.469.616											
1998	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																			18.119.616											
1999	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																		21.004.616											
2000	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																	24.149.616											
2001	20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006																27.564.616											
2002		20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006															31.349.616											
2003			20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006														35.404.616											
2004				20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006													39.839.616											
2005					20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006												44.654.616											
2006						20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006											50.000.616											
2007							20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006										55.900.616											
2008								20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006									62.356.616											
2009									20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006								69.374.616											
2010										20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006							76.954.616											
2011											20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006						85.104.616											
2012												20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006					93.834.616											
2013													20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006				103.154.616											
2014														20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006			113.074.616											
2015															20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006		123.604.616											
2016																20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	544.006	134.754.616											
2017																	20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	146.534.616											
2018																		20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	158.954.616										
2019																			20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	172.014.616									
2020																				20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	185.734.616								
2021																					20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	199.214.616							
2022																						20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	213.464.616						
2023																							20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	228.494.616					
2024																								20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	244.334.616				
2025																									20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	261.584.616			
2026																										20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	280.164.616		
2027																											20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	300.104.616	
2028																												20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	321.504.616
2029																												20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	344.374.616
2030																												20.006	70.528	130.528	189.006	245.231	297.129	344.006	386.132	423.145	455.528	484.204	510.275	526.668	368.734.616



### Priloga C: Količine zbranih in odloženih komunalnih in nekomunalnih odpadkov v Osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o., KP Logatec d.o.o., JKP Vrhnika d.o.o., JKP Grosuplje d.o.o., JKP Prodnik d.o.o., JKP Litija d.o.o., SURS, Program zbiranja ..., 2009)

			količine zbranih odpadkov (tone)										
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
<b>OBCINE DRUŽBENICE:</b>													
Brezovica	Snaga d.o.o.	Barje			2.413	2.336	2.228	2.642	3.140	3.093	3.725		
Dobrova - Polhov Gradec	Snaga d.o.o.	Barje			1.682	1.572	1.635	1.611	1.748	1.832	2.022		
Dol pri Ljubljani	Snaga d.o.o.	Barje			2.547	2.262	2.343	2.260	2.470	2.685	2.449		
Horjul	Snaga d.o.o.	Barje			900	888	873	888	965	994	972		
Ig	Snaga d.o.o.	Barje			1.886	2.249	1.981	2.041	2.192	2.410	2.297		
Medvode	Snaga d.o.o.	Barje			5.682	4.665	5.010	5.117	5.496	5.601	5.872		
Ljubljana	Snaga d.o.o.	Barje			166.556	156.846	173.594	154.434	161.559	181.024	178.406		
Škofljica	Snaga d.o.o.	Barje			2.313	2.328	2.266	2.215	2.415	2.336	2.724		
Velike Lašče	Snaga d.o.o.	Barje od 1.1.2008			915	924	1.006	1.005	1.082	1.183	1.103		
<b>OBCINE NEDRUŽBENICE:</b>													
Borovnica	JKP Vrhnika	Barje do feb.2007, Ostri Vrh			0	627	613	715	847	1.454	1.605		
Kamnik	Publicus d.o.o.	Barje			8.542	8.044	9.605	9.499	9.613	10.118	9.239		
Komenda	Publicus d.o.o.	Barje			1.370	1.388	1.473	1.401	1.390	1.561	1.543		
Vodice	Publicus d.o.o.	Barje od maja 2006			1.228	1.303	1.397	1.326	1.393	1.577	1.642		
Vrhnika	JKP Vrhnika	Barje do feb.2007, Ostri Vrh			0	3.333	3.688	3.774	3.755	5.961	6.581		
		<b>skupaj zbrani (kom. + nekom.) (t)</b>	279.384	217.031	196.034	188.765	207.712	188.928	198.065	221.829	220.180		
		<b>skupaj zbrani (kom. + nekom.) (kg)</b>	<b>279.384.000</b>	<b>217.031.000</b>	<b>196.034.000</b>	<b>188.765.000</b>	<b>207.712.000</b>	<b>188.928.000</b>	<b>198.065.000</b>	<b>221.829.000</b>	<b>220.179.755</b>		
		odloženi odpadki (kg)	187.052.000	172.046.000	172.046.000	177.436.000	173.532.000	173.532.000	189.692.399	180.829.931			
		odloženi v (%)	66,9	79,3	86,9	93,9	83,5	89,9	95,3	85,5	82		
		<b>zbrani komunalni odp. (kg)</b>	193.063.000	176.675.000	173.500.000	161.128.000	167.509.000	163.361.000	167.653.000	177.014.030	179.323.177		
<b>OSTALE OBCINE V REGIJI (kg):</b>													
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	JKP Grosuplje	Špaja dolina			9.793.979	12.388.090	12.647.582	14.595.179	14.573.122	15.451.274	16.835.930	16.186.954	
		odloženi odpadki			9.315.303	11.914.748	11.836.706	13.174.542	12.352.330	12.877.975	14.050.845	12.766.984	
		odloženi v (%)			95,1	96,2	93,6	90,3	84,8	83,3	83,5	78,9	
		<b>zbrani komunalni odp. (kg)</b>	0	9.424.883	12.027.990	12.147.282	14.585.559	14.573.122	15.451.274	16.835.930	16.186.954		
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	Prodnik d.o.o.	Dob pri LJ			/	/	37.826.212	38.794.824	41.693.799	52.975.026	39.978.792	25.810.269	
		odloženi odpadki			/	/	35.963.000	37.005.000	39.978.000	49.349.000	36.077.000	20.840.000	
		odloženi v (%)			/	/	95,1	95,4	95,9	93,2	90,2	80,7	
		<b>zbrani komunalni odp. (kg)</b>	0	0	1.307.338	37.826.212	38.794.824	41.693.799	52.975.026	39.978.792	25.810.269		
Litija	Komunala Litija	Unično			/	/	5.067.000	3.680.000	4.365.000	4.812.402	5.417.834	5.361.289	
		odloženi odpadki			/	/	4.306.950	3.128.000	3.710.250	4.488.980	5.066.480	4.995.820	
		odloženi v (%)					85,0	85,0	85,0	93,3	93,5	93,4	
Šmartno pri Litiji	Komunala Litija	Ostri Vrh			/	/	1.462.000	1.424.000	1.382.005	1.486.253	1.527.591	1.570.604	
		odloženi odpadki			/	/	1.242.700	1.210.400	1.267.970	1.362.690	1.399.390	1.440.440	
		odloženi v (%)					85,0	85,0	91,7	91,7	91,6	91,7	
Log - Dragomer	JKP Vrhnika	Ostri Vrh			/	/	1.179.880	1.254.203	1.268.222	1.286.461	1.315.713	1.477.374	
		odloženi odpadki			/	/	698.537	692.417	721.362	740.697	736.386	844.149	
		odloženi v (%)					59,2	55,2	56,9	57,6	56,0	57,1	
		<b>zbrani komunalni odp. (kg)</b>	1.605	2.131	2.787	1.179.880	1.254.203	1.268.222	1.286.461	1.315.713	1.360.860		
Logatec	KP Logatec	Ostri Vrh			/	/	6.927.246	4.223.334	3.434.614	4.062.173	4.834.112	4.006.300	
		odloženi odpadki			/	/	6.800.000	4.095.001	3.367.335	3.436.070	3.313.830	3.648.080	
		odloženi v (%)			/	/	98,2	97,0	97,4	84,6	79,7	82,7	
		<b>zbrani komunalni odp. (kg)</b>	0	6.277.246	4.172.204	3.165.604	3.698.300	3.856.603	4.495.612	3.949.840	4.356.416		
<b>OSREDNJSLOVENSKA REGIJA</b>	<b>Snaga d.o.o.</b>	<b>Barje</b>			279.384.000	233.752.225	217.712.424	248.995.288	272.008.756	256.719.723	279.515.960	290.854.615	275.392.722
		odloženi odpadki			0	16.115.303	207.368.699	228.053.952	236.595.944	235.776.712	251.487.022	250.265.670	225.766.224
		odloženi v (%)			0,0	6,9	95,2	91,6	87,0	90,0	86,0	82,0	
		<b>zbrani komunalni odp. (kg)</b>	193.064.605	192.379.260	196.077.319	220.588.978	231.630.886	230.947.153	248.765.460	245.983.185	234.388.880	234.388.880	
		ločeno zbrane frakcije kom. odp. (papir, steklo, embalaža)	0	174.850	1.305.566	3.856.052	7.758.352	9.287.150	12.384.554	14.855.471	18.532.038		
		ločeno zbrane frakcije kom. odp. (papir, steklo, embalaža) v %	/	0	1	2	3	4	5	6	8		
		ločeno zbrani BIOO	0	45.000	36.500	637.440	1.506.646	1.993.466	5.484.950	12.488.688	16.156.976		
		ločeno zbrani BIOO v (%)	0	0	0	0	1	1	2	5	7		

**Priloga D: Prikaz komunalnih in nekomunalnih odpadkov v posameznih občinah (JP Snaga d.o.o., KP Logatec d.o.o., JKP Vrhnika d.o.o., JKP Grosuplje d.o.o., JKP Prodnik d.o.o., JKP Litija d.o.o., SURS, Program zbiranja ..., 2009)**

Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>		<b>193.063.000</b>	<b>176.675.000</b>	<b>173.500.000</b>	<b>161.128.000</b>	<b>167.509.000</b>	<b>163.361.000</b>	<b>167.653.000</b>	<b>177.014.030</b>
1.1. Mešani komunalni odpadki iz gospodinjstev		115.977.000	111.244.000	113.965.000	112.641.000	117.564.000	115.037.000	115.274.000	111.297.101	111.608.310
1.2. Mešani komunalni odpadki iz POSD in ostali		69.866.000	55.475.000	43.640.000	30.740.000	24.911.000	23.474.000	23.234.000	24.187.025	23.518.578
MKO skupaj		185.843.000	166.719.000	157.605.000	143.381.000	142.475.000	138.511.000	138.508.000	135.484.126	135.126.888
1.3. Kosovni odpadki		6.670.000	6.306.000	6.683.000	7.541.000	8.157.000	7.686.000	8.589.000	9.067.676	9.003.423
1.4. Papir, steklo in embalaža		0	0	204.000	2.501.000	5.962.000	6.948.000	8.794.000	11.097.396	14.247.629
1.5. Biološki odpadki iz gospodinjstev		0	0	0	0	0	38.000	3.281.000	10.182.519	12.940.763
1.6. Nevarni gospodinjstvi odpadki		80000	75000	79.000	72.000	64.000	81.000	63.000	96.313	112.474
1.7. Zemlja in kamenje		49000	839000	5.701.000	4.755.000	3.348.000	3.012.000	3.747.000	4.936.000	1.291.000
1.8. Drugi nenevarni odpadki		0	0	0	0	0	31.000	0	0	0
1.9. Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)		421000	2.736.000	3.228.000	2.878.000	7.503.000	7.054.000	4.671.000	6.150.000	6.601.000
<b>II. Zbrani nekomunalni odpadki</b>		<b>86.321.000</b>	<b>40.356.000</b>	<b>22.534.000</b>	<b>27.637.000</b>	<b>40.203.000</b>	<b>25.567.000</b>	<b>30.412.000</b>	<b>44.815.000</b>	<b>40.856.578</b>
2.1. Mešani gradbeni odpadki in ruševine		71.191.000	30.111.000	12.075.000	20.496.000	29.903.000	15.190.000	17.604.000	31.469.000	27.381.326
2.2. Pepel, mulji iz ČN in peskolovov		8.172.000	6.349.000	6.810.000	4.556.000	3.357.000	2.217.000	3.333.000	2.708.000	2.667.000
2.3. Drugi nenevarni odpadki		6.958.000	3.896.000	3.649.000	2.585.000	6.943.000	7.744.000	7.566.000	8.212.000	7.780.000
2.4. Odpadki za predelavo (ploščad)		*	*	*	*	*	416.000	1.909.000	2.426.000	3.028.252
<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>		<b>279.384.000</b>	<b>217.031.000</b>	<b>196.034.000</b>	<b>188.765.000</b>	<b>207.712.000</b>	<b>188.928.000</b>	<b>198.065.000</b>	<b>221.829.030</b>	<b>220.179.755</b>

Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>		<b>0</b>	<b>9.424.883</b>	<b>12.027.990</b>	<b>12.147.282</b>	<b>14.585.559</b>	<b>14.573.122</b>	<b>15.451.274</b>	<b>16.835.930</b>
1.1. Mešani kom. odp. iz gospodinjstev			7.452.242	9.531.798	9.469.365	10.539.634	9.881.864	10.302.380	11.240.676	10.213.587
1.2. Mešani kom. odp. iz POSD in ostali			1.863.061	2.382.950	2.367.341	2.634.908	2.470.466	2.575.595	2.810.169	2.553.397
MKO skupaj			9.315.303	11.914.748	11.836.706	13.174.542	12.352.330	12.877.975	14.050.845	12.766.984
1.3. Kosovni odp.			16.920	11.840	43.140	156.280	171.860	98.600	79.790	268.360
1.4. Papir, steklo in embalaža			92.660	95.740	104.100	269.730	610.700	818.280	970.910	1.162.590
1.5. Biološki odpadki iz gospodinjstev			0	0	152.740	972.660	1.429.940	1.642.800	1.704.870	1.844.990
1.6. Nevarni gospodinjstvi odpadki			0	5.662	10.596	12.347	8.292	13.619	16.575	17.440
1.7. Zemlja in kamenje										
1.8. Drugi nenevarni odpadki										
1.9. Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)									12.940	126.590
<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>										
2.1. Mešani gradbeni odpadki in ruševine										
2.2. Pepel, mulji iz ČN in peskolovov										
2.3. Drugi nenevarni odpadki										
2.4. Odpadki za predelavo ( ploščad)										
<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>			<b>9.793.979</b>	<b>12.388.090</b>	<b>12.647.582</b>	<b>14.595.179</b>	<b>14.573.122</b>	<b>15.451.274</b>	<b>16.835.930</b>	<b>16.186.954</b>

		(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Domžale, Mengeš, Trzin, Lunkovica, Moravče	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.307.338</b>	<b>37.826.212</b>	<b>38.794.824</b>	<b>41.693.799</b>	<b>52.975.026</b>	<b>39.978.792</b>	<b>25.810.269</b>
	1.1	Mešani kom. odp. iz gospodinjstev				28.770.400	29.604.000	31.982.400	39.479.200	28.861.600	16.672.000
	1.2	Mešani kom. odp. iz POSD in ostali				7.192.600	7.401.000	7.995.600	9.869.800	7.215.400	4.168.000
		MKO skupaj				35.963.000	37.005.000	39.978.000	49.349.000	36.077.000	20.840.000
	1.3	Kosovni odp.			359.179	839.420	570.700	324.000	1.919.440	2.037.260	2.124.250
	1.4	Papir, steklo in embalaža			915.506	988.940	1.188.000	1.358.200	1.664.600	1.838.930	2.115.900
	1.5	Biološki odpadki iz gospodinjstev *									700.000
	1.6	Nevarni gospodinjjski odpadki			32.653	34.852	31.124	33.599	41.986	25.602	30.119
	1.7	Zemlja in kamenje									
	1.8	Drugi nenevarni odpadki									
	1.9	Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)									
		<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>									
	2.1	Mešani gradbeni odpadki in ruševine									
	2.2	Pepel, mulji iz ČN in peskolovov									
	2.3	Drugi nenevarni odpadki									
	2.4	Odpadki za predelavo ( ploščad)									
		<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>					<b>37.826.212</b>	<b>38.794.824</b>	<b>41.693.799</b>	<b>52.975.026</b>	<b>39.978.792</b>

		(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Litija	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>								<b>5.410.364</b>	<b>5.339.594</b>	<b>5.765.436</b>	
	1.1	Mešani kom. odp. iz gospodinjstev							3.655.920	3.547.952	3.794.496	
	1.2	Mešani kom. odp. iz POSD in ostali							913.980	886.988	948.624	
		MKO skupaj							4.569.900	4.434.940	4.743.120	
	1.3	Kosovni odp.							546.300	609.880	653.520	
		OEEO dodala								2.100	39.454	
	1.4	Papir, steklo in embalaža							292.620	289.880	326.789	
	1.5	Biološki odpadki iz gospodinjstev										
	1.6	Nevarni gospodinjjski odpadki							1.544	2.794	2.553	
	1.7	Zemlja in kamenje										
	1.8	Drugi nenevarni odpadki										
	1.9	Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)										
		<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>								<b>7.470</b>	<b>21.695</b>	<b>15.164</b>
	2.1	Mešani gradbeni odpadki in ruševine										
	2.2	Pepel, mulji iz ČN in peskolovov										
	2.3	Drugi nenevarni odpadki										
	2.4	Odpadki za predelavo ( ploščad) za Litijo avtogume								7.470	21.695	15.164
	<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>				<b>5.067.000</b>	<b>3.680.000</b>	<b>4.365.000</b>	<b>4.812.402</b>	<b>5.417.834</b>	<b>5.361.289</b>	<b>5.780.600</b>	

	(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>								<b>1.483.639</b>	<b>1.519.970</b>
1.1 Mešani kom. odp. iz gospodinjstev								957.912	1.059.992	1.056.184
1.2 Mešani kom. odp. iz POSD in ostali								239.478	264.998	264.046
MKO skupaj								1.197.390	1.324.990	1.320.230
1.3 Kosovni odp.								182.760	91.670	120.210
OEE0 dodala									740	9.251
1.4 Papir, steklo in embalaža								102.790	101.591	114.811
1.5 Biološki odpadki iz gospodinjstev										
1.6 Nevarni gospodinjški odpadki								699	979	774
1.7 Zemlja in kamenje										
1.8 Drugi nenevarni odpadki										
1.9 Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)										
<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>								<b>2.614</b>	<b>7.621</b>	<b>5.328</b>
2.1 Mešani gradbeni odpadki in ruševine										
2.2 Pepel, mulji iz ČN in peskolovov										
2.3 Drugi nenevarni odpadki										
2.4 Odpadki za predelavo ( ploščad) za Šmartno avtogume								2.614	7.621	5.328
<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>								<b>1.382.005</b>	<b>1.486.253</b>	<b>1.527.591</b>

	(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>		<b>1.605</b>	<b>2.131</b>	<b>2.787</b>	<b>1.179.880</b>	<b>1.254.203</b>	<b>1.268.222</b>	<b>1.286.461</b>	<b>1.315.713</b>
1.1 Mešani kom. odp. iz gospodinjstev					558.830	553.934	577.090	592.558	589.109	591.673
1.2 Mešani kom. odp. iz POSD in ostali					139.707	138.483	144.272	148.139	147.277	147.918
MKO skupaj					698.537	692.417	721.362	740.697	736.386	739.592
1.3 Kosovni odp.						40.579	47.769	43.827	33.330	21.843
OEE0										10.720
1.4 Papir, steklo in embalaža					121.542	130.754	121.112	122.904	140.019	167.256
akcija Koko(papir, steklo,umetne mase-koristni odp.)					1.831	1.209	979	2.020	2.271	2.330
1.5 Biološki odpadki iz gospodinjstev					355.150	385.016	373.146	373.390	399.499	414.703
1.6 Nevarni gospodinjški odpadki		1.605	2.131	2.787	2.820	4.228	3.854	3.622	4.208	4.417
1.7 Zemlja in kamenje										
1.8 Drugi nenevarni odpadki										
1.9 Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)										
<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>										<b>116.515</b>
2.1 Mešani gradbeni odpadki in ruševine										104.557
2.2 Pepel, mulji iz ČN in peskolovov										
2.3 Drugi nenevarni odpadki										
2.4 Odpadki za predelavo ( ploščad) za L.-D kovine,tekstil										11.957
<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>					<b>1.179.880</b>	<b>1.254.203</b>	<b>1.268.222</b>	<b>1.286.461</b>	<b>1.315.713</b>	<b>1.477.374</b>

		(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Logatec	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>			<b>6.277.246</b>	<b>4.172.204</b>	<b>3.165.604</b>	<b>3.698.300</b>	<b>3.856.603</b>	<b>4.495.612</b>	<b>3.949.840</b>	<b>4.356.416</b>	
	1.1 Mešani kom. odp. iz gospodinjstev			4.100.000	2.809.036	2.098.650	2.398.970	1.935.512	2.431.090	2.639.580	2.637.720	
	1.2 Mešani kom. odp. iz POSD in ostali			2.050.000	1.234.835	771.349	803.115	1.294.988	1.081.590	617.790	979.610	
		MKO skupaj			6.150.000	4.043.871	2.869.999	3.202.085	3.230.500	3.512.680	3.257.370	3.617.330
	1.3 Kosovni odp.					23.425	137.880	221.770	203.060	56.940	66.630	
		OEE0										
	1.4 Papir, steklo in embalaža			82.190	90.320	140.470	207.868	249.138	589.360	429.330	409.970	
	1.5 Biološki odpadki iz gospodinjstev			45.000	36.500	129.550	148.970	152.380	187.760	201.800	256.520	
	1.6 Nevarni gospodinjski odpadki			56	1.513	2.160	1.497	2.815	2.752	4.400	5.966	
	1.7 Zemlja in kamenje											
	1.8 Drugi nenevarni odpadki											
	1.9 Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)											
		<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>			<b>650.000</b>	<b>51.130</b>	<b>269.010</b>	<b>165.250</b>	<b>205.570</b>	<b>338.500</b>	<b>56.460</b>	<b>30.750</b>
	2.1 Mešani gradbeni odpadki in ruševine											
	2.2 Pepel, mulji iz ČN in peskolovov			650.000	51.130	269.010	165.250	205.570	338.500	56.460	30.750	
	2.3 Drugi nenevarni odpadki											
	2.4 Odpadki za predelavo ( ploščad)											
		<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>			<b>6.927.246</b>	<b>4.223.334</b>	<b>3.434.614</b>	<b>3.863.550</b>	<b>4.062.173</b>	<b>4.834.112</b>	<b>4.006.300</b>	<b>4.387.166</b>

Vrhnika - odloženo na Ostri Vrh	(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>								<b>5.860.589</b>	<b>6.061.687</b>
	1.1 Mešani kom. odp. iz gospodinjstev	...	...	...	...	...	...	...	2.624.070	2.635.494
	1.2 Mešani kom. odp. iz POSD in ostali	...	...	...	...	...	...	...	656.018	658.874
	MKO skupaj	...	...	...	...	...	...	...	3.280.088	3.294.368
	1.3 Kosovni odp.	...	...	...	...	...	...	...	148.464	97.293
	OEE0	...	...	...	...	...	...	...		47.752
	1.4 Papir, steklo in embalaža	...	...	...	...	...	...	...	623.689	745.009
	akcija Koko(papir, steklo,umetne mase-koristni odp.)	...	...	...	...	...	...	...	10.117	10.376
	1.5 Biološki odpadki iz gospodinjstev	...	...	...	...	...	...	...	1.779.489	1.847.214
	1.6 Nevarni gospodinjiski odpadki	...	...	...	...	...	...	...	18.742	19.675
1.7 Zemlja in kamenje	...	...	...	...	...	...	...			
1.8 Drugi nenevarni odpadki	...	...	...	...	...	...	...			
1.9 Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)	...	...	...	...	...	...	...			
<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>									<b>518.992</b>	
2.1 Mešani gradbeni odpadki in ruševine	...	...	...	...	...	...	...		465.731	
2.2 Pepel, mulji iz ČN in peskolovov	...	...	...	...	...	...	...			
2.3 Drugi nenevarni odpadki	...	...	...	...	...	...	...			
2.4 Odpadki za predelavo ( ploščad: kovine, les)	...	...	...	...	...	...	...		53.261	
<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>								<b>5.860.589</b>	<b>6.580.679</b>	

... v tabeli Občine družbenice in nedružbenice

Borovnica - odloženo na Ostri Vrh	(kg)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>I. Zbrani komunalni odpadki</b>								<b>1.429.441</b>	<b>1.478.490</b>
	1.1 Mešani kom. odp. iz gospodinjstev	...	...	...	...	...	...	...	640.030	642.816
	1.2 Mešani kom. odp. iz POSD in ostali	...	...	...	...	...	...	...	160.008	160.704
	MKO skupaj	...	...	...	...	...	...	...	800.038	803.520
	1.3 Kosovni odp.	...	...	...	...	...	...	...	36.212	23.731
	OEE0	...	...	...	...	...	...	...		11.647
	1.4 Papir, steklo in embalaža	...	...	...	...	...	...	...	152.122	181.713
	akcija Koko(papir, steklo,umetne mase-koristni odp.)	...	...	...	...	...	...	...	2.468	2.531
	1.5 Biološki odpadki iz gospodinjstev	...	...	...	...	...	...	...	434.030	450.549
	1.6 Nevarni gospodinjiski odpadki	...	...	...	...	...	...	...	4.571	4.799
1.7 Zemlja in kamenje	...	...	...	...	...	...	...			
1.8 Drugi nenevarni odpadki	...	...	...	...	...	...	...			
1.9 Odpadki za predelavo (zbirni center, ploščad)	...	...	...	...	...	...	...			
<b>II. Zbrani nekomunalni odp.</b>									<b>126.586</b>	
2.1 Mešani gradbeni odpadki in ruševine	...	...	...	...	...	...	...		113.595	
2.2 Pepel, mulji iz ČN in peskolovov	...	...	...	...	...	...	...			
2.3 Drugi nenevarni odpadki	...	...	...	...	...	...	...			
2.4 Odpadki za predelavo ( ploščad) za L,-D kovine,tekstil	...	...	...	...	...	...	...		12.991	
<b>III. Skupaj zbrani odp. (kom.+ nekom.odp.)</b>								<b>1.429.441</b>	<b>1.605.076</b>	

**Priloga E: Zbrani komunalni odpadki v Osrednjeslovenski regiji (JP Snaga d.o.o.; JKP Grosuplje d.o.o.; JKP Prodnik d.o.o.; JKP Litija d.o.o.; JKP Vrhnika d.o.o.; KP Logatec d.o.o., 2009)**

<b>MKO skupaj (kg)</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	185.843.000	166.719.000	157.605.000	143.381.000	142.475.000	138.511.000	138.508.000	135.484.126	135.126.888
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	/	9.315.303	11.914.748	11.836.706	13.174.542	12.352.330	12.877.975	14.050.845	12.766.984
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	/	/	/	35.963.000	37.005.000	39.978.000	49.349.000	36.077.000	20.840.000
Litija	/	/	/	/	/	/	4.569.900	4.434.940	4.743.120
Šmartno pri Litiji	/	/	/	/	/	/	1.197.390	1.324.990	1.320.230
Log - Dragomer	/	/	/	698.537	692.417	721.362	740.697	736.386	739.592
Logatec	/	6.150.000	4.043.871	2.869.999	3.202.085	3.230.500	3.512.680	3.257.370	3.617.330
<b>SKUPAJ</b>	<b>185.843.000</b>	<b>182.184.303</b>	<b>173.563.619</b>	<b>194.749.242</b>	<b>196.549.044</b>	<b>194.793.192</b>	<b>210.755.642</b>	<b>195.365.657</b>	<b>179.154.144</b>

<b>MKO iz gospodinjstev (kg)</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	115.977.000	111.244.000	113.965.000	112.641.000	117.564.000	115.037.000	115.274.000	111.297.101	111.608.310
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	/	7.452.242	9.531.798	9.469.365	10.539.634	9.881.864	10.302.380	11.240.676	10.213.587
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	/	/	/	28.770.400	29.604.000	31.982.400	39.479.200	28.861.600	16.672.000
Litija	/	/	/	/	/	/	3.655.920	3.547.952	3.794.496
Šmartno pri Litiji	/	/	/	/	/	/	957.912	1.059.992	1.056.184
Log - Dragomer	/	/	/	558.830	553.934	577.090	592.558	589.109	591.673
Logatec	/	4.100.000	2.809.036	2.098.650	2.398.970	1.935.512	2.431.090	2.639.580	2.637.720
<b>SKUPAJ</b>	<b>115.977.000</b>	<b>122.796.242</b>	<b>126.305.834</b>	<b>153.538.245</b>	<b>160.660.537</b>	<b>159.413.866</b>	<b>172.693.060</b>	<b>159.236.010</b>	<b>146.573.970</b>

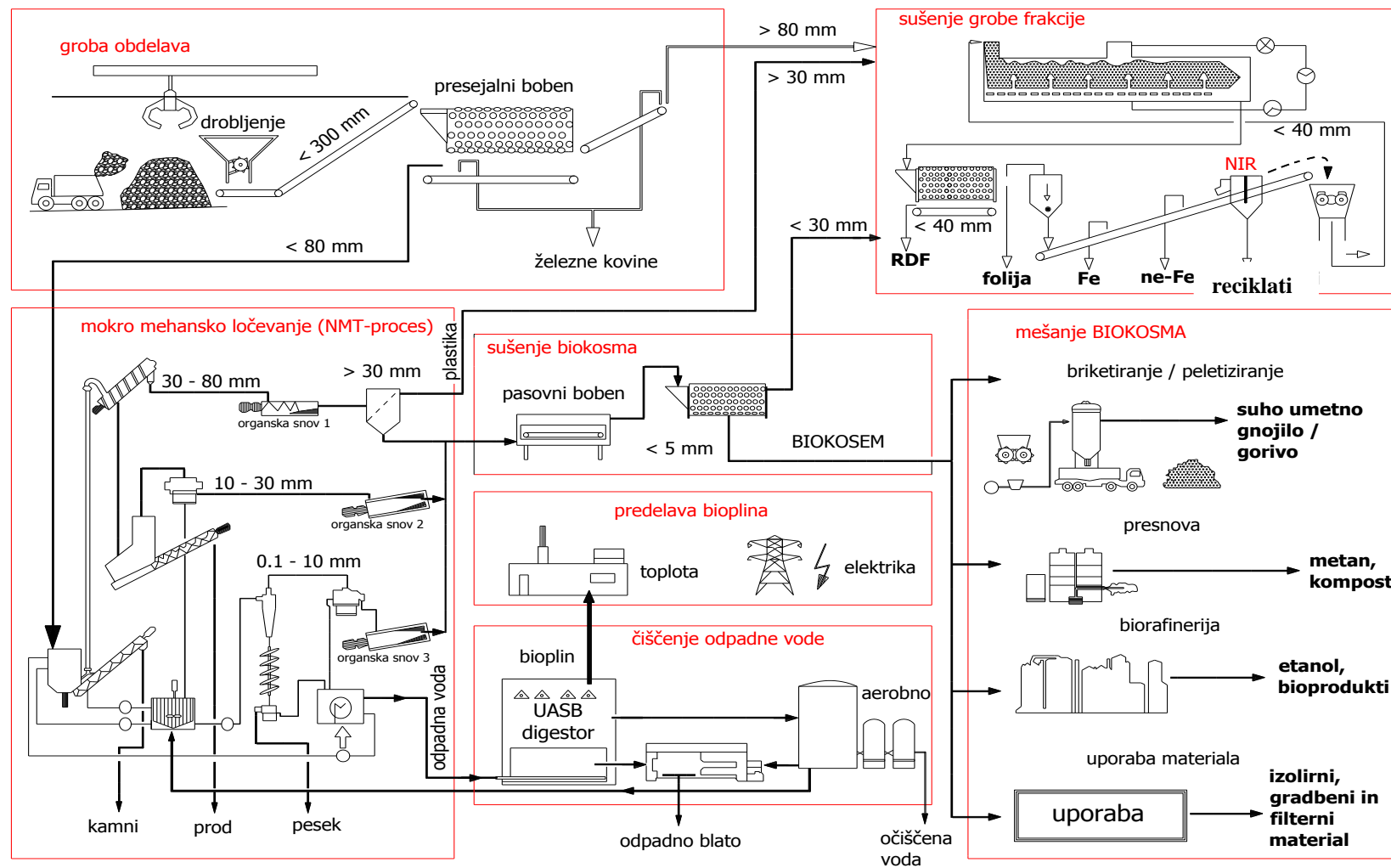
<b>MKO iz POSD (kg)</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	69.866.000	55.475.000	43.640.000	30.740.000	24.911.000	23.474.000	23.234.000	24.187.025	23.518.578
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	/	1.863.061	2.382.950	2.367.341	2.634.908	2.470.466	2.575.595	2.810.169	2.553.397
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	/	/	/	7.192.600	7.401.000	7.995.600	9.869.800	7.215.400	4.168.000
Litija	/	/	/	/	/	/	913.980	886.988	948.624
Šmartno pri Litiji	/	/	/	/	/	/	239.478	264.998	264.046
Log - Dragomer	/	/	/	139.707	138.483	144.272	148.139	147.277	147.918
Logatec	/	2.050.000	1.234.835	771.349	803.115	1.294.988	1.081.590	617.790	979.610
<b>SKUPAJ</b>	<b>69.866.000</b>	<b>59.388.061</b>	<b>47.257.785</b>	<b>41.210.998</b>	<b>35.888.507</b>	<b>35.379.326</b>	<b>38.062.582</b>	<b>36.129.647</b>	<b>32.580.173</b>

<b>Papir, steklo in embalaža (kg)</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	0	0	204.000	2.501.000	5.962.000	6.948.000	8.794.000	11.084.811	14.234.722
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	/	92.660	95.740	104.100	269.730	610.700	818.280	970.910	1.162.590
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	/	/	915.506	988.940	1.188.000	1.358.200	1.664.600	1.838.930	2.115.900
Litija	/	/	/	/	/	/	292.620	289.880	326.789
Šmartno pri Litiji	/	/	/	/	/	/	102.790	101.591	114.811
Log - Dragomer	/	/	/	121.542	130.754	121.112	122.904	140.019	167.256
Logatec	/	82.190	90.320	140.470	207.868	249.138	589.360	429.330	409.970
<b>SKUPAJ</b>	<b>0</b>	<b>174.850</b>	<b>1.305.566</b>	<b>3.856.052</b>	<b>7.758.352</b>	<b>9.287.150</b>	<b>12.384.554</b>	<b>14.855.471</b>	<b>18.532.038</b>

<b>Biološki odpadki iz gospodinjstev (kg)</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	0	0	0	0	0	38.000	3.281.000	10.182.519	12.940.763
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	/	0	0	152.740	972.660	1.429.940	1.642.800	1.704.870	1.844.990
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	/	/	/	/	/	/	/	/	700.000
Litija	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šmartno pri Litiji	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Log - Dragomer	/	/	/	355.150	385.016	373.146	373.390	399.499	414.703
Logatec	/	45.000	36.500	129.550	148.970	152.380	187.760	201.800	256.520
<b>SKUPAJ</b>	<b>0</b>	<b>45.000</b>	<b>36.500</b>	<b>637.440</b>	<b>1.506.646</b>	<b>1.993.466</b>	<b>5.484.950</b>	<b>12.488.688</b>	<b>16.156.976</b>

<b>Kosovni odpadki (kg)</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Občine družbenice in nedružbenice (Snaga d.o.o.)	6.670.000	6.306.000	6.683.000	7.541.000	8.157.000	7.686.000	8.589.000	9.067.676	8.944.024
Dobrepolje, Grosuplje, Ivančna Gorica	/	16.920	11.840	43.140	156.280	171.860	98.600	79.790	268.360
Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica	/	/	359.179	839.420	570.700	324.000	1.919.440	2.037.260	2.124.250
Litija	/	/	/	/	/	/	546.300	609.880	653.520
Šmartno pri Litiji	/	/	/	/	/	/	182.760	91.670	120.210
Log - Dragomer	/	/	/	/	40.579	47.769	43.827	33.330	21.843
Logatec	/	/	/	23.425	137.880	221.770	203.060	56.940	66.630
<b>SKUPAJ</b>	<b>6.670.000</b>	<b>6.322.920</b>	<b>7.054.019</b>	<b>8.446.985</b>	<b>9.062.439</b>	<b>8.451.399</b>	<b>11.582.987</b>	<b>11.976.546</b>	<b>12.198.837</b>

**Priloga F: Shema nove modularne tehnologije za obdelavo odpadkov imenovane tudi Vizija 2020 (Schu, 2007, str. 241)**





## Priloga G: Emisije deponijskega plina na odlagališču Barje

Preglednica: Polurne povprečne vrednosti (RACI d.o.o., JP Snaga d.o.o.; 2003)

Tabela 9. Analiza meritev – kurjava: enojna, gorivo: deponijski plin

ozn.	$\beta$	$T_{dp}$	$O_2$	$\lambda$	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	q <sub>CO</sub>	TOC	HCHO
enota	%	°C	vol. %	-	mg/m <sup>3</sup>	vol. %	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
MEV2					650		500				
MEV3					650		500				60
MAX		331	7,2	1,52	1.413	11,9	556	0	0,26	100	0,3
u <sub>abs</sub>		± 6	± 0,6		± 141	± 0,4	± 56	± 8		± 10	± 0,03
I	100	331	7,2	1,52	1.413	11,9	556	0	0,26	100	0,3

Preglednica: Polurne povprečne vrednosti (RACI d.o.o., JP Snaga d.o.o.; 2004)

Tabela 9. Analiza meritev – kurjava: enojna, gorivo: deponijski plin

ozn.	$\beta$	$T_{dp}$	$O_2$	$\lambda$	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	q <sub>CO</sub>	TOC	HCHO
enota	%	°C	vol. %	-	mg/m <sup>3</sup>	vol. %	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
MEV2					650		500				
MEV3					650		500				60
MAX		584	7,8	1,59	0	11,3	623	94	0,34	760	10,5
u <sub>abs</sub>		± 6	± 0,6		± 6	± 0,4	± 62	± 9		± 76	± 1,1
I	100	584	7,8	1,59	*	11,3	623	94	0,34	760	10,5

Preglednica: Emisije snovi v zrak (JP Snaga d.o.o.; 2006)

	CO (mg/m <sup>3</sup> )	TOC (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> (vol. %)
Plinski motor 1	1.390	530	474	13,6
Plinski motor 2	930	600	3.150	15,2
Plinski motor 3	1.040	420	500	13,1
Plinski motor 4	1.430	480	467	16,2

Preglednica: Emisije snovi v zrak (RACI d.o.o., JP Snaga d.o.o.; 2006)

Tabela 8. Analiza meritev – kurjava: **enojna**, gorivo: **deponijski plin**.

ozn.	$\beta$	$T_{dp}$	$O_2$	$\lambda$	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	q <sub>CO</sub>	TOC	HCHO
enota	%	°C	vol. %	-	mg/m <sup>3</sup>	vol. %	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
SA		+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
MEV2					650		500				
ustreza					NE		DA				
MEV3					650		500				60
ustreza					NE		DA				DA
MAX		481	7,5	1,56	2221	11,1	332	169	0,29	1025	6,2
U (k=2)		± 6	± 1,3		± 606	± 1,1	± 45	± 23		± 226	± 0,6
POV		481	7,5	1,55	2220	11,0	329	160	0,29	1014	4,9
U (k=2)		± 6	± 1,3		± 606	± 1,1	± 45	± 22		± 224	± 0,5
10:27-10:47	100	481	7,5	1,55	2218	11,1	332	144	0,29	998	-
10:47:11:07	100	481	7,5	1,56	2221	11,0	330	169	0,29	1020	-
11:07-11:27	100	481	7,5	1,55	2221	11,0	324	167	0,29	1025	-
10:15-10:45	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6
10:45-11:17	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2

Preglednica: Meritve sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje (JP Snaga d.o.o., 2006; RACI d.o.o., 2007)

Tabela 2. Rezultati meritev emisije snovi v zrak iz motorjev – povprečne vrednosti.

oznaka	$T_{dp}$	$O_2$	$\lambda$	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	q <sub>CO</sub>	TOC	HCHO
enota	°C	%	-	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
motor 1	257	6,9	1,50	1149	12,0	419	128	0,24	830	6,4
motor 3	518	7,3	1,53	1625	12,0	601	83	0,26	435	10,1
motor 4	481	7,5	1,55	1875	11,0	277	135	0,29	856	5,8

Preglednica: Meritve sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje (JP Snaga d.o.o., 2006; RACI d.o.o., 2007)

Tabela 1. Rezultati meritev sestave odlagališčnega plina na skupnem vodu.

datum	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>
	%	%	%	μL/L	μL/L
23.5./20.6.	50,7	41,1	0,9	175	242
27.10.	47,1	39,3	1,0	122	254
povprečje	48,9	40,2	0,9	148	248

Preglednica: Emisije snovi v zrak (RACI d.o.o., JP Snaga d.o.o.; 2007)

Tabela 3. Analiza meritev – kurjava: enojna, gorivo: odlagališčni plin.

ozn.	$\beta$	$T_{dp}$	$\rho_{O_2}$	$\lambda$	$\rho_{CO}$	$\rho_{CO_2}$	$\rho_{NO_X}$	$\rho_{SO_X}$	$q_{dp}$	$q_{CO}$
enota	%	°C	%	-	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	%	%
MEV					2500		2000	-	-	
ustreza					DA		DA			
MAX		481	7,6	1,56	1405	11,7	755	98	32,3	0,23
U (k=2)		± 8	± 1,3		± 193	± 1,2	± 104	± 14	± 10,9	
POV		481	7,5	1,56	1398	11,6	749	90	32,2	0,23
U (k=2)		± 8	± 1,3		± 191	± 1,2	± 103	± 13	± 10,9	
I	100	481	7,5	1,56	1397	11,5	753	83	32,2	0,23
I	100	481	7,6	1,56	1405	11,6	755	89	32,3	0,23
I	100	481	7,4	1,55	1391	11,7	740	98	32,1	0,23

Preglednica: Emisije snovi v zrak (RACI d.o.o., JP Snaga d.o.o.; 2007)

Tabela 4. Analiza meritev – kurjava: enojna, gorivo: odlagališčni plin.

vrsta snovi	čas merjenja		izmerjena koncentracija	emitirana količina	MEV	ustreza
	od	do	mg/m <sup>3</sup>	g/h	mg/m <sup>3</sup>	
formaldehid <sup>#</sup>	10:06	10:37	8,6 ± 2,0	23,8	60	DA
	10:46	11:17	11,6 ± 2,7	32,4	60	DA
	povprečje		10,1 ± 2,4	28,1	60	DA

Preglednica: Meritve sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje (JP Snaga d.o.o., 2007; RACI d.o.o., 2008)

Tabela 1. Rezultati meritev sestave odlagališčnega plina, povprečna vrednost obeh tlačnih vej za čas maj-december 2007.

datum	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>
	%	%	%	μL/L	μL/L
maj	50,5	36,5	1,6	62	249
junij	50,4	36,4	1,1	95	275
julij	50,2	34,8	0,7	94	335
avgust	46,8	33,3	1,7	42	295
september	46,9	32,6	1,5	56	314
oktober	50,1	35,0	1,1	76	658
november	47,3	33,6	2,0	71	451
december	49,1	32,6	1,0	67	230
povprečje	48,9	34,3	1,3	70	350

Preglednica: Meritve sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje (JP Snaga d.o.o., 2007; RACI d.o.o., 2008)

Tabela 2. Rezultati meritev emisije snovi v zrak iz motorjev – povprečne vrednosti.

oznaka enota	T <sub>dp</sub> °C	O <sub>2</sub> %	λ -	CO mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	q <sub>CO</sub> %	HCHO mg/m <sup>3</sup>
motor 1	481	7,5	1,56	1398	11,6	749	90	0,23	10,1
motor 2	482	7,6	1,57	1236	11,6	588	81	0,23	12,8
motor 3	545	7,0	1,50	1895	12,1	1278	44	0,26	0,7
motor 4	506	6,4	1,44	1238	12,6	3404	174	0,23	1,0

Preglednica: Meritve sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje (JP Snaga d.o.o., 2008; RACI d.o.o., 2009)

Tabela 1. Rezultati meritev sestave odlagališčnega plina, povprečna vrednost obeh tlačnih vej za čas januar-december 2008.

datum	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S μL/L	H <sub>2</sub> μL/L
januar	48,3	34,2	0,8	49	210
februar	45,2	33,0	1,9	64	212
marec	47,6	33,6	1,6	73	242
april	48,5	34,2	1,6	122	327
maj	51,4	36,0	1,2	132	263
junij	49,9	34,6	0,9	16	193
julij	51,9	35,4	1,2	141	271
avgust	52,1	34,5	1,1	162	264
september	50,8	37,8	0,6	196	370
oktober	47,2	35,9	1,1	171	389
november	49,7	36,1	1,0	200	313
december	48,9	36,7	0,9	200	297
povprečje	49,3	35,2	1,1	127	279

Preglednica: Meritve sestave odlagališčnega plina in emisij na odlagališču Barje (JP Snaga d.o.o., 2008; RACI d.o.o., 2009)

Tabela 2. Rezultati meritev emisije snovi v zrak iz motorjev – povprečne vrednosti.

oznaka enota	T <sub>dp</sub> °C	O <sub>2</sub> %	CO mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	HCHO mg/m <sup>3</sup>	prah mg/m <sup>3</sup>
motor 1	481	7,5	1398	11,6	749	90	10,1	< 1,5
motor 2	482	7,6	1236	11,6	588	81	12,8	< 1,5
motor 3	545	7,0	1895	12,1	1278	44	0,7	< 2,4
motor 4	506	7,6	1846	11,4	598	81	1,0	< 1,6

**Priloga H: Masni tok nastal pri mehansko-biološki obdelavi PMKO iz osrednjeslovenske regije leta 2008 na obratu Kahlenberg (Malus, 2009, str. 190)**

