

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*



Podiplomski program Gradbeništvo  
Komunalna smer

Kandidatka:

**Marta Malus**

# **Primerjalna analiza in predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov na primeru ljubljske regije**

Magistrska naloga št. 212

**Mentor:**

izr. prof. dr. Viktor Grilc

Ljubljana, 9. 7. 2009

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
[fgg@fgg.uni-lj.si](mailto:fgg@fgg.uni-lj.si)

**MAGISTRSKI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
KOMUNALNA SMER**

Kandidatka:

**MARTA MALUS, univ. dipl. inž. grad.**

**PRIMERJALNA ANALIZA IN PREDLOG OBDELAVE  
OSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV NA  
PRIMERU LJUBLJANSKE REGIJE**

Magistrska naloga št.: **212**

**THE COMPARATIVE ANALYSIS AND RESIDUAL MIXED  
MUNICIPAL WASTE TREATMENT PROPOSITION IN  
REGARD TO THE LJUBLJANA REGION CASE**

Master of Science Thesis No.: **212**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Viktor Grilc

**Predsednica komisije:**

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

**Člana komisije:**

izr. prof. dr. Albin Rakar

izr. prof. dr. Jože Panjan

Ljubljana, 09. 07. 2009

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **Marta Malus** izjavljam, da sem avtorica magistrskega dela z naslovom:  
**PRIMERJALNA ANALIZA IN PREDLOG OBDELAVE OSTALIH MEŠANIH  
KOMUNALNIH ODPADKOV NA PRIMERU LJUBLJANSKE REGIJE**«.

Ljubljana, junij 2009

Marta Malus

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

- UDK:** 628.4(043.3)
- Avtorica:** Marta Malus
- Mentor:** izr. prof. dr. Viktor Grilec
- Naslov:** Primerjalna analiza in predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov na primeru ljubljanske regije
- Obseg in oprema:** 265 str., 51 pregl., 57 sl., 21 graf., 14 en., 10 prilog
- Ključne besede:** komunalni odpadki, ostali mešani komunalni odpadki, mehansko-biološka obdelava, trdno gorivo, anaerobna fermentacija, bioplin, ostanki mehansko-biološke obdelave

### **Izvodček**

Magistrsko delo obravnava možne postopke za obdelavo ostalih mešanih komunalnih odpadkov, analizira izbrane postopke na osnovi načel trajnostnega razvoja in predlaga prednostni postopek obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov iz ljubljanske regije. V prvem delu je prikazana analiza različnih vrst odpadkov in različno ravnanje z njimi, podana so načela trajnostnega razvoja in pregled strateških usmeritev z analizo njihovih upoštevanj. V drugem delu sledi eksperimentalno delo. Obdelani so rezultati sejnalno-sortirnih analiz in določeni prispevki posameznih sociourbanih struktur k skupni količini odpadkov, sestavljen je hipotetični vzorec odpadkov, sejnalno-sortirne analize so nadgrajene s fizikalno-kemičnimi analizami in analizami biorazgradljivosti. V tretjem delu je predstavljena direktiva za celovito preprečevanje in nadzor industrijskega onesnaževanja in referenčna dokumenta za najboljše razpoložljive tehnike za sežig in obdelavo odpadkov ter možni postopki obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov z upoštevanjem dobre prakse v Evropski uniji. V nadaljevanju je za razpoložljivo količino odpadkov pri izbranih postopkih določeno: i) količina predvidenih vstopnih in izstopnih tokov, ii) okvirna energijska bilanca in iii) sumarni vplivi na okolje. Izbrani postopki so analizirani in med sabo primerjani z okoljskega vidika in v določeni meri tudi ekonomskega in sociološkega vidika, v primerjavo pa je vključen tudi postopek, ki ga predlaga Snaga. Na osnovi primerjalne analize je podan predlog prednostnega postopka obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov iz ljubljanske interesne regije in tudi iz osrednje slovenske regije.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

- UDC:** 628.4(043.3)
- Author:** Marta Malus
- Supervisor:** izr. prof. dr. Viktor Grilc
- Title:** The comparative analysis and residual mixed municipal waste treatment proposition in regard to the Ljubljana region case
- Notes:** 265 p., 51 tab., 57 fig., 21 grap., 14 eg., 10 ann.
- Key words:** municipal waste, residual mixed municipal waste, mechanical-biological treatment, solid recovered fuel, anaerobic digestion, biogas, remains of the mechanical-biological treatment

### **Abstract**

This Master's degree work discusses possibilities for treating residual mixed municipal waste, analyses the chosen treatments through the principles of sustainable development and suggests preferential treatment of residual mixed municipal waste from Ljubljana region. In the first part an analysis of various sorts of waste and different ways to treat them are presented, basic principles of sustainable development are described and the overview of the strategies, with the analysis how they are put to practice. Experimental work is demonstrated in the second part. Results of sieving-sorting analyses are shown there, discussion on how individual sociourban structures contribute to the total amount of waste, hypothetical sample of waste is represented and sieving-sorting analyses are upgraded with physical-chemical and biodegradability analyses. In the third part Council directive concerning integrated pollution prevention and control, Reference Documents on Best Available Techniques for Waste Incineration and treatments Industries, possible treatments for residual mixed municipal waste considering quality practice in EU are presented. The following part for the available amount of waste with regard to the chosen procedures specifies: i) the amount of foreseen input and output streams, ii) skeleton energy ballance and iii) summary enviromental impact. The chosen treatments are analyzed and reciprocally compared from the environmental point of view and, to a certain degree, also from economical ans sociological view. The treatment suggested by Snaga is also taken into consideration. On groundwork made by means of comparative analysis proposition of preferential procedure for residual mixed municipal waste treatment from Ljubljana region of interests and also from central Slovenian region is suggested.

## **ZAHVALA**

Za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi magistrskega dela se zahvaljujem mentorju, izrednemu profesorju dr. Viktorju Grilcu in za koristne napotke in spodbudo v času izdelave magistrskega dela izrednemu profesorju dr. Albinu Rakarju.

Za sodelovanje se zahvaljujem Snagi Javnemu podjetju, Kemijskemu inštitutu iz Ljubljane, Ljubljanskemu geodetskemu biroju in Statističnemu uradu RS.

Za pogovore in praktične nasvete se zahvaljujem sodelavcem iz Sektorja za investicije in razvoj v Snagi.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Namen in cilj dela</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Delovne hipoteze</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Metode dela</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RAVNANJE Z ODPADKI</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Odpadki</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Analiza različnih vrst odpadkov</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Komunalni odpadki</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Blato komunalnih čistilnih naprav</b>	<b>14</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Odpadki iz industrije, energetike in rudarstva</b>	<b>15</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Odpadki iz gradbeništva</b>	<b>16</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Odpadki iz kmetijstva in gozdarstva</b>	<b>17</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Nevarni odpadki</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Gospodarjenje in ravnanje z odpadki</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Zmanjšanje komunalnih odpadkov na izvoru</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Analiza ravnanja z odpadki</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1.</b>	<b>Reciklaža</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Sežiganje in sosežiganje odpadkov</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Kompostiranje odpadkov</b>	<b>27</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Odlaganje odpadkov</b>	<b>31</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Mehansko-biološka obdelava odpadkov</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>STRATEŠKE USMERITVE IN CILJI RAVNANJA Z ODPADKI</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Načela trajnostnega razvoja</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Strateške usmeritve in cilji trajnostnega ravnanja z odpadki v EU</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>Strateške usmeritve in cilji trajnostnega ravnanja z odpadki v Sloveniji</b>	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>Strateške usmeritve in cilji trajnostnega ravnanja z odpadki v ljubljanski regiji</b>	<b>46</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Predstavitev ljubljanske interesne regije za ravnanje z odpadki</b>	<b>51</b>



<b>4</b>	<b>DOSEGANJE STRATEŠKIH CILJEV</b>	<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Ocena doseganja strateških ciljev v Sloveniji</b>	<b>55</b>
<b>4.2</b>	<b>Ocena doseganja strateških ciljev v ljubljanski regiji, ugotovitev slabosti</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>ANALIZA TOKOV IN ANALIZE KOLIČINE, SESTAVE TER LASTNOSTI MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV V LJUBLJANSKI REGIJI</b>	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Prispevek posameznih sociourbanih struktur k skupni količini</b>	<b>61</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Določitev enačbe za izračun deleža odpadkov posamezne sociourbane strukture v skupni količini odpadkov</b>	<b>63</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Način določitve podatkov</b>	<b>65</b>
<b>5.1.3.</b>	<b>Določitev deleža odpadkov posamezne sociourbane strukture v skupni količini odpadkov</b>	<b>75</b>
<b>5.2.</b>	<b>Sejalno-sortirne analize</b>	<b>76</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Sejalno-sortirne analize za zimo 2005/06</b>	<b>77</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Sortirne analize za jesen 2006</b>	<b>82</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Priprava hipotetičnega vzorca</b>	<b>83</b>
<b>5.2.4.</b>	<b>Sejalno-sortirne analize za pomlad, poletje, jesen 2007 in zimo 2007/08</b>	<b>87</b>
<b>5.3</b>	<b>Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti</b>	<b>92</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti preostalih mešanih komunalnih odpadkov in ločeno zbranih bioloških odpadkov za zimo 2005/06</b>	<b>93</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Fizikalno- kemijske analize in analize biorazgradljivosti modelnega vzorca preostalih mešanih komunalnih odpadkov</b>	<b>96</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Fizikalno- kemijske analize in analize biorazgradljivosti preostalih mešanih komunalnih odpadkov in ločeno zbranih bioloških odpadkov za zimo 2007/08</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>MOŽNI IN IZBRANI POSTOPKI OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV</b>	<b>103</b>
<b>6.1</b>	<b>Predstavitev direktive za celovito preprečevanje in nadzor industrijskega onesnaževanja ter referenčnih dokumentov za</b>	

	<b>najboljše razpoložljive tehnike za obdelavo odpadkov</b>	<b>103</b>
<b>6.2</b>	<b>Določitev in ocena možnih postopkov</b>	<b>108</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Koncept mehansko- biološke obdelave</b>	<b>109</b>
<b>6.2.1.1</b>	<b>Mehanska obdelava</b>	<b>111</b>
<b>6.2.1.2</b>	<b>Biološka obdelava</b>	<b>114</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Koncept mehansko-fizikalne obdelave</b>	<b>124</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Določitev možnih postopkov</b>	<b>124</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Ocena možnih postopkov</b>	<b>127</b>
<b>6.2.5</b>	<b>Predstavitev nekaterih obstoječih naprav za obdelavo preostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki bi bile lahko primerne tudi za obdelavo preostalih mešanih komunalnih odpadkov ljubljanske regije</b>	<b>136</b>
<b>6.3</b>	<b>Določitev in analiza izbranih postopkov</b>	<b>161</b>
<b>6.3.1</b>	<b>Pregled glavnih zahtev in mejnih vrednosti</b>	<b>167</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Pregled količine, sestave in lastnosti odpadkov ljubljanske regije</b>	<b>174</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Postopek MBO z uporabo precejanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih</b>	<b>179</b>
<b>6.3.3.1</b>	<b>Opis procesa, blok shema in procesna shema</b>	<b>179</b>
<b>6.3.3.2</b>	<b>Potrebna površina za umestitev naprave v prostor</b>	<b>189</b>
<b>6.3.3.3</b>	<b>Masna bilanca in lastnosti produktov</b>	<b>189</b>
<b>6.3.3.4</b>	<b>Energetska bilanca</b>	<b>192</b>
<b>6.3.3.5</b>	<b>Vplivi na okolje in ljudi</b>	<b>193</b>
<b>6.3.3.6</b>	<b>Investicijski stroški</b>	<b>196</b>
<b>6.3.3.7</b>	<b>Obratovalni stroški</b>	<b>197</b>
<b>6.3.4</b>	<b>Postopek MBO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo</b>	<b>198</b>
<b>6.3.4.1</b>	<b>Opis procesa, blok shema in procesna shema</b>	<b>198</b>
<b>6.3.4.2</b>	<b>Potrebna površina za umestitev naprave v prostor</b>	<b>209</b>
<b>6.3.4.3</b>	<b>Masna bilanca in lastnosti produktov</b>	<b>209</b>
<b>6.3.4.4</b>	<b>Energetska bilanca</b>	<b>214</b>
<b>6.3.4.5</b>	<b>Vplivi na okolje in ljudi</b>	<b>215</b>
<b>6.3.4.6</b>	<b>Investicijski stroški</b>	<b>218</b>
<b>6.3.4.7</b>	<b>Obratovalni stroški</b>	<b>219</b>

<b>6.4</b>	<b>Primerjava izbranih postopkov na osnovi načel trajnostnega razvoja</b>	<b>223</b>
<b>6.4.1</b>	<b>Okoljski vidik</b>	<b>224</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Ekonomski vidik (delno)</b>	<b>227</b>
<b>6.4.3</b>	<b>Sociološki vidik (delno)</b>	<b>228</b>
<b>7</b>	<b>PREDLOG PREDNOSTNEGA POSTOPKA OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV V LJUBLJANSKI REGIJI</b>	<b>230</b>
<b>7.1</b>	<b>Pregled prednosti in pomanjkljivosti izbranih postopkov obdelave</b>	<b>230</b>
<b>7.2</b>	<b>Predlog prednostnega postopka</b>	<b>238</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>242</b>
<b>9</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>248</b>
<b>10</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>250</b>
	<b>VIRI</b>	<b>253</b>
	<b>Uporabljeni viri</b>	<b>252</b>
	<b>Ostali viri</b>	<b>262</b>
	<b>PRILOGE</b>	<b>265</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Nekateri osnovni podatki o ljubljanski regiji	52
Preglednica 2: Ocena izvajanja ukrepov iz Strateških usmeritev RS za ravnanje z odpadki	55
Preglednica 3: Ocena izvajanja ukrepov iz Nacionalnega programa varstva okolja iz leta 1999	56
Preglednica 4: Ocena izvajanja ukrepov iz Strateških usmeritev MOL za ravnanje z odpadki	58
Preglednica 5: Ocena izvajanja ukrepov iz Operativnega programa gospodarjenja z odpadki	59
Preglednica 6: Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture na skupnem območju ostalih 13 občin na dan 31. 12. 2005	70
Preglednica 7: Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture na območju MOL na dan 31. 12. 2005	71
Preglednica 8: Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture na območju ljubljanske regije na dan 31. 12. 2005	72
Preglednica 9: Mase PMGO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006	73
Preglednica 10: Mase povzročenih PMKO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006	74
Preglednica 11: Mase PMGO in POSD v ljubljanski regiji v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006	75
Preglednica 12: Deleži mas PMGO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006	75

Preglednica 13: Deleži mas PMKO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006	76
Preglednica 14: Seznam in zaporedna številka frakcij PMKO	78
Preglednica 15: Mase in deleži frakcij PMKO v celotni količini PMKO, prevzetih na odlagališče Barje v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, na območju, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO	81
Preglednica 16: Mase in deleži frakcij PMKO v celotni količini PMKO, prevzetih na odlagališče Barje v 2. obdobju, to je v obdobju od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006	83
Preglednica 17: Deleži frakcij v modelnem povprečnem vzorcu PMKO v obdobju od 1. december 2005 do 30. november 2006 prikazani po vrstnem redu	85
Preglednica 18: Mase in deleži frakcij PMKO v letu 2007 za vse velikostne frakcije, za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj	89
Preglednica 19: Mase in deleži glavnih frakcij PMKO v letu 2007 za vse velikostne frakcije, za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj	90
Preglednica 20: Mase in deleži PMKO v letu 2007 po velikosti delcev za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj	90
Preglednica 21: Masi in deleža lahke in težke frakcije PMKO v letu 2007 za vse velikostne frakcije, za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj	91
Preglednica 22: Primerjava deležev glavnih sestavin v PMGO leta 2007 glede na način določitve prispevkov sociourbanih struktur	92
Preglednica 23: Prikaz značilnih postopkov pri MBO	110
Preglednica 24: Naprave in njihove funkcije pri rafinaciji komposta in TG	114
Preglednica 25: Vrednosti parametrov poprečnega TG iz naprave za MBO Kahlenberg	145

Preglednica 26: Vrednosti parametrov TG, ki jih za sprejem zahteva toplarna Stavenhagen	150
Preglednica 27: Vrednosti parametrov TG iz naprave za MFO Berlin-Reinickedorf	154
Preglednica 28: Vrednosti parametrov TG iz MBO naprave Lübeck po podatkih iz naprave za termično izrabo TG	158
Preglednica 29: Vrednosti klora, žvepla in nekaterih težkih kovin v PMKO	178
Preglednica 30: Prikaz masne bilance procesa MBO s precejanjem	190
Preglednica 31: Prikaz izhodnih količin iz procesa MBO s precejanjem	191
Preglednica 32: Vrednosti parametrov poprečnega TG iz naprave za MBO s precejanjem	192
Preglednica 33: Letna poraba energije v procesu MBO s precejanjem	193
Preglednica 34: Letna proizvodnja energije v procesu MBO s precejanjem	193
Preglednica 35: Investicijski stroški naprave za MBO s precejanjem	196
Preglednica 36: Obratovalni stroški naprave za MBO s precejanjem	197
Preglednica 37: Fiksni in variabilni stroški naprave za MBO s precejanjem	198
Preglednica 38: Prikaz masne bilance procesa MBO z aeracijo s sušenjem TG	210
Preglednica 39: Prikaz izhodnih količin iz procesa MBO z aeracijo s sušenjem TG	211
Preglednica 40: Vrednosti parametrov poprečnega TG iz naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG	212
Preglednica 41: Vrednosti parametrov poprečnega stabiliziranega posušenega digestata iz naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG	213
Preglednica 42: Letna poraba energije v procesu MBO z aeracijo s sušenjem TG	214
Preglednica 43: Letna proizvodnja energije v procesu MBO z aeracijo s sušenjem TG	214
Preglednica 44: Investicijski stroški naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG	218
Preglednica 45: Investicijski stroški naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG	219
Preglednica 46: Obratovalni stroški naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG	220
Preglednica 47: Fiksni in variabilni stroški naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG	221
Preglednica 48: Obratovalni stroški naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG	222

Preglednica 49: Fiksni in variabilni stroški naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG	223
Preglednica 50: Primerjava stroškov	227
Preglednica 51: Prikaz prednosti in pomanjkljivosti MBO	237

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Deleži odpadkov po viru nastanka v EU leta 2002	7
Grafikon 2: Deleža nevarnih in nenevarnih odpadkov v EU leta 2002	7
Grafikon 3: Deleži odpadkov po viru nastanka v Sloveniji leta 2002	8
Grafikon 4: Deleža nevarnih in nenevarnih odpadkov v Sloveniji leta 2002	8
Grafikon 5: Sestava komunalnih odpadkov v EU leta 2002	11
Grafikon 6: Sestava komunalnih odpadkov v Sloveniji – ocena leta 2002	11
Grafikon 7: Količina komunalnih odpadkov na prebivalca v EU in v Sloveniji	12
Grafikon 8: Načini ravnanja s komunalnimi odpadki v EU in v Sloveniji	13
Grafikon 9: Količina sežganih komunalnih odpadkov na prebivalca v EU in v Sloveniji od leta 1995 do leta 2003	27
Grafikon 10: Količina odloženih komunalnih odpadkov v EU in v Sloveniji	33
Grafikon 11: Okvirne količine odpadkov v letu 1995 in okvirne ciljne vrednosti	42
Grafikon 12: Ravnanje s komunalnimi odpadki v Sloveniji v letu 1995 in ocena	44
Grafikon 13: Količine odloženih odpadkov na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje	53
Grafikon 14: Sestava odloženih odpadkov v letu 2007	53
Grafikon 15: Zbrane količine komunalnih odpadkov v ljubljanski regiji	54
Grafikon 16: Količine PMKO in ločeno zbranih frakcij v ljubljanski regiji	54
Grafikon 17: Primerjava letne količine produktov	232
Grafikon 18: Primerjava letne proizvodnje in porabe energije	233
Grafikon 19: Primerjava letne proizvodnje in porabe energije (biofiltri in RTO)	234
Grafikon 20: Primerjava specifičnih investicijskih in obratovalnih stroškov ter prihodkov	235
Grafikon 21: Ocene MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika	238



## KAZALO SLIK

Slika 1: Sestava odpadkov	9
Slika 2: Količina odpadkov	9
Slika 3: Elementi integriranega sistema ravnanja z odpadki	20
Slika 4: Proces kompostiranja	28
Slika 5: Kompostiranje v kupih na prostem	30
Slika 6: Tunelski kompostirnik	30
Slika 7: Nova odlagalna površina	32
Slika 8: Kompaktor	32
Slika 9: Lega MOL in ostalih občin v ljubljanski regiji	52
Slika 10: Pripeljani odpadki za zajem različnih frakcij	86
Slika 11: Vreče z vzorci za odvoz v analizo	86
Slika 12: Frakcija št. 1 iz sortirne analize	86
Slika 13: Frakcija št. 1 za modelni vzorec	86
Slika 14: Frakcija št. 6 iz sortirne analize	87
Slika 15: Frakcija št. 6 za modelni vzorec	87
Slika 16: Frakcija št. 24 iz sortirne analize	87
Slika 17: Frakcija št. 24 za modelni vzorec	87
Slika 18: Shematski prikaz MBO	111
Slika 19: Shema proizvodnje bio-stabiliziranih odpadkov za odlaganje na odlagališču	115
Slika 20: MBO z enostopenjsko AF	119
Slika 21: MBO z dvostopenjsko AF	119
Slika 22: MBO z mokro AF	120
Slika 23: MBO s suho AF	120
Slika 24: Stabilizacija digestata za odlaganje na odlagališču	122
Slika 25: Stabilizacija digestata za uporabo na zemljiščih	123
Slika 26: Odstranitev vode in sosežig digestata	123
Slika 27: Shematski prikaz MFO	124
Slika 28: Stabilizacija odpadkov za odlaganje na odlagališče	125
Slika 29: Proizvodnja komposta	125
Slika 30: Proizvodnja trdnega goriva z uporabo bio-sušenja	126

Slika 31: MBO s ciljem zmanjšanja količine PMKO za sežig	126
Slika 32: Proizvodnja bioplina in sežig digestata	126
Slika 33: Proizvodnja bioplina in stabiliziranega digestata za odlaganje	127
Slika 34: Proizvodnja trdnega goriva z MFO	127
Slika 35: Blok shema MBO naprave Kahlenberg	1378
Slika 36: Blok shema naprave za MBO Stralsund	146
Slika 37: Blok shema naprav za MFO Berlin-Reinickedorf in Berlin-Pankow	152
Slika 38: Blok shema naprave za MBO Lübeck	156
Slika 39: Sprejem odpadkov	157
Slika 40: Pogled na mehansko obdelavo	157
Slika 41: Zaprti bazeni za aeracijo tekočega digestata	160
Slika 42: Bobnasti sušilec	160
Slika 43: Shematski prikaz določitve investicijskih in obratovalnih stroškov	166
Slika 44: Shematski prikaz precejalnika	181
Slika 45: Shematski prikaz zajema in čiščenja odpadnega zraka pri MBO s precejanjem	184
Slika 46: Blok shema naprave MBO s precejanjem	185
Slika 47: Procesna shema naprave MBO s precejanjem - mehanska obdelava	186
Slika 48: Procesna shema naprave MBO s precejanjem - biološka obdelava	187
Slika 49: Procesna shema naprave MBO s precejanjem - bio-suš. in meh. ločevanje	188
Slika 50: Prejeti vzorec digestata	202
Slika 51: Shematski prikaz zajema in čiščenja odpadnega zraka pri MBO z aeracijo	202
Slika 52: Blok shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG	204
Slika 53: Procesna shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG – meh. obdelava	205
Slika 54: Procesna shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG – bio. obdelava	206
Slika 55: Blok shema naprave MBO z aeracijo brez sušenja TG	207
Slika 56: Procesna shema naprave MBO z aeracijo brez sušenja TG - meh. obdelava	208
Slika 57: Blok shema predlaganega prednostnega postopka MBO	246

## KAZALO PRILOG

- Priloga A: Tipi poselitve
- A1: Ruralna pozidava
- A2: Urbana pozidava - hiše
- A3: Urbana pozidava - bloki
- A4: Urbana pozidava – mešana raba prostora (center)
- A5: Industrijska cona
- A6: Nepozidano
- 
- Priloga B: Prikaz tipov poselitve oziroma načina poselitve v MOL
- 
- Priloga C: Število prebivalcev in število državljanov v MOL in ostalih občinah
- C1: Število prebivalcev v hišah in blokih v ostalih občinah po popisu leta 2002
- C2: Število prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in urbanem območju z mešano rabo prostora po popisu leta 2002 v ostalih občinah
- C3: Odstotek prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in urbanem območju z mešano rabo prostora po popisu leta 2002 v ostalih občinah
- C4: Skupno število prebivalcev, število prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in urbanem območju z mešano rabo prostora na dan 31. 12. 2005 v 13 ostalih občinah
- C5: Število državljanov, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, v šestih sociourbanih strukturah na območju MOL na dan 31. 12. 2005
- C6: Število državljanov, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, v štirih sociourbanih strukturah na območju MOL na dan 31. 12. 2005

- Priloga D: Število državljanov in število prebivalcev na ožjih območjih posameznih socio-urbanih struktur
- D1: Število državljanov RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, na ožjem območju posamezne sociourbane strukture na dan 31. 12. 2005
- D2: Število prebivalcev na ožjem območju posamezne socio-urbane strukture na dan 31. 12. 2005
- Priloga E: Mase vzorcev odpadkov in trajanje povzročanja te mase ter mase odpadkov na prebivalca po posameznih sociourbanih strukturah
- E1: Mase vzorcev odpadkov zajetih v mesecih marec in oktober 2006 na ožjih območjih posameznih sociourbanih struktur
- E2: Trajanje povzročanja mase vzorcev iz ožjih območjih posameznih sociourbanih struktur
- E3: Mase povzročenih odpadkov na ožjih območjih posameznih sociourbanih struktur na prebivalca v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006
- Priloga F: Mase in deleži frakcij v vzorcih PMKO in izračun mase in deležev frakcij v PMKO
- F1: Mase in deleži frakcij v vzorcih PMKO iz štirih sociourbanih struktur, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO
- F2: Mase in deleži frakcij PMKO iz štirih sociourbanih struktur, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO
- F3: Mase in deleži frakcij vzorcev PMKO iz urbanega območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami in blokovsko poselitvijo, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. dec. 2005 do 31. maja 2006
- F4: Masa vzorcev PMKO in ločeno zbranih BIOO z ožjih območij poselitve z enodružinskimi hišami in z bloki

- F5: Deleži frakcij v obdobju od 1. novembra 2005 do 31. maja 2006 in v obdobju od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 ter deleži frakcij v modelnem povprečnem vzorcu v obdobju od 1. december 2005 do 30. november 2006
- Priloga G: Fotografije 26 frakcij preostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki smo jih uporabili za sestavo modelnega vzorca
- Priloga H: Mase in deleži posameznih frakcij v letu 2007 po posameznih velikostnih frakcijah za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj
- H1 Mase in deleži posameznih frakcij PMGO v letu 2007 po posameznih velikostnih frakcijah
- H2 Mase in deleži posameznih frakcij POSD v letu 2007 po posameznih velikostnih frakcijah
- Priloga I: Rezultati analiz izbranih vzorcev komunalnih odpadkov Ljubljane, zima 2007/08
- Priloga J: Parametri za izračun obratovalnih stroškov

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AD	<i>anaerobic digestion</i>
AF	anaerobna fermentacija
BAT	<i>Best Available Techniques</i>
BF	biorazgradljiva frakcija
BIOO	biološko razgradljivi odpadki
BIOW	biological waste
BMO	biološko-mehanska obdelava
BO	biološka obdelava
BREF	<i>BAT reference document</i>
CML	<i>The city municipality of Ljubljana</i>
DOC	raztopljeni organski ogljik
EBS	<i>Ersatzbrennstoffe</i>
EU	Evropska unija
EV	enota vonja
FO	fizikalna obdelava
GIS	geografski informacijski sistem
IPPC	<i>integrated pollution prevention and control</i>
IPPC direktiva	Direktiva za celovito preprečevanje in nadzor industrijskega onesnaževanja
KI	Kemijski inštitut iz Ljubljane
KPK	kemijska poraba kisika
KV	kurilna vrednost
LF	lahka frakcija
MBO	mehansko-biološka obdelava
MBR	membranski biološki reaktor
MBT	<i>mechanical-biological treatment</i>
MFO	mehansko-fizikalna obdelava
MO	mehanska obdelava
MOL	mestna občina Ljubljana
MPT	<i>mechanical-physical treatment</i>

MWPTS	<i>mixed waste from production, trade and service sectors</i>
n.	<i>number</i>
NIR	separator s skoraj infrardečo svetlobo, <i>near infrared</i> separator
NPVO	nacionalni program varstva okolja
PCDD	dioksini
PCDF	furani
PMGO	preostali mešani gospodinjski odpadki
PMKO	preostali mešani komunalni odpadki
POSD	preostali mešani komunalni odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti
RCERO	regijski center za ravnanje z odpadki
ReNPVO	Resoluciji o nacionalnem programu varstva okolja
RMHW	<i>residual mixed household waste</i>
RMMW	<i>residual mixed municipal waste</i>
RS	Republika Slovenija
RTO	regenerativna toplotna oksidacija
SBR	sekvenčni biološki reaktor
Snaga	Snaga Javno podjetje d.o.o. Ljubljana
SRF	<i>solid recovered fuel</i>
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
št.	številka
TF	težka frakcija
TG	trdno gorivo iz odpadkov
TOC	celotni organski ogljik
TR	trajnostni razvoj

## **1 UVOD**

Odpadki so hkrati okoljska in gospodarska prвина. So vir obremenjevanja okolja, ko jih je potrebno začasno skladiščiti in odlagati na odlagališča, in so gospodarska prвина, ko se s predelavo in obdelavo koristno izrablja njihove sestavine in lastnosti.

Odpadke razvrščamo na več načinov, eden izmed njih je delitev na komunalne in na nekomunalne odpadke (Ravnanje z odpadki, 2003). Komunalni odpadki so odpadki iz gospodinjstev in drugi odpadki, ki imajo podoben nastanek in sestavo kakor gospodinjski odpadki (Uredba o odlaganju..., 2006). Komunalni odpadki, ki se zbirajo pri povzročiteljih, so sestavljeni iz ločeno zbranih frakcij odpadkov: papir, steklo, embalaža in biološko razgradljivi odpadki ter ostalih odpadkov, ki niso bili ločeno zbrani. Slednje zato imenujemo ostali ali preostali mešani komunalni odpadki. V praksi se bolj uporablja termin preostali, zato ga v nadaljevanju večkrat uporabljamo, pomen pa je enak. Ostali mešani komunalni odpadki so sestavljeni iz odpadkov, ki ne sodijo med zgoraj naštetih štiri ločeno zbrane frakcije, in iz mešanice papirja, stekla, embalaže in biološko razgradljivih odpadkov, ki niso bili ločeno zbrani. Zbiramo jih v črnih ali sivih zabojnikih in v tem magistrskem delu nas zanima obdelava prav teh odpadkov iz ljubljanske regije.

### **1.1 Namen in cilj dela**

Namen magistrskega dela je predstaviti problematiko obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov, predstaviti možne postopke za njihovo obdelavo in analizirati ter primerjati izbrane postopke obdelave z namenom uporabe pri oblikovanju rešitve za ljubljansko regijo in podati prednostni predlog. Poleg postopkov, ki smo jih izbrali v magistrski nalogi, smo primerjali tudi postopek, ki ga je izbrala Snaga Javno podjetje d.o.o. Ljubljana (Idejni projekt, 2006; Upgrading...Ljubljana, 2009).

Teoretične osnove, opisi načel trajnostnega razvoja, opisi strateških usmeritev v zvezi z ravnanjem z odpadki, novih zahtev zakonodaje glede ravnanja z odpadki, usmeritve Evropske



unije glede varstva okolja in varstva naravnih virov služijo boljšemu razumevanju ozadja in predstavljajo osnovo za določitev postopkov za obdelavo preostalih mešanih komunalnih odpadkov in predlog prednostnega postopka obdelave, ki bo zagotavljal predpisane kakovostne zahteve za vse produkte obdelave.

V magistrskem delu smo najprej nameravali kot ljubljansko interesno regijo, za katero bomo pripravili predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov in smo jo poimenovali ljubljanska regija, upoštevati območje, kjer Snaga Javno podjetje d.o.o. Ljubljana opravlja javno službo ravnanja z odpadki, vendar smo v magistrskem delu dodali še občini, ki svoje odpadke odlagata na odlagališču Barje. Kot ljubljansko regijo sedaj obravnavamo območje naslednjih občin: Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Kamnik, Komenda, Ljubljana, Medvode, Škofljica, Velike Lašče in Vodice s skupaj 359.596 prebivalcev. Na tem območju je bilo leta 2007 zbranih okoli 133 tisoč ton ostalih mešanih komunalnih odpadkov (372 kg/preb) in okoli 26 tisoč ton ločeno zbranih odpadkov (73 kg/preb). Ostali mešani komunalni odpadki so bili odloženi na odlagališče, kar pa je v nasprotju z načeli trajnostnega razvoja. Aprila 2006 sprejeta Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih zahteva, da se od julija 2009 naprej komunalne odpadke pred odlaganjem obdela.

Cilj magistrskega dela je:

- prikazati rezultate izvedenih sejnalno-sortirnih analiz, fizikalno-kemičnih analiz in analiz biorazgradljivosti odpadkov ter količine odpadkov v ljubljanski regiji
- podati predlog prednostnega postopka obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov v ljubljanski regiji z upoštevanjem:
  - njenih značilnosti
  - analiz izbranih postopkov obdelave in dobre prakse v EU (Evropski uniji)
  - primerjav izbranih postopkov obdelave z okoljskega vidika, delno pa tudi z ekonomskega in sociološkega vidika.

## **1.2 Delovne hipoteze**

Z magistrskim delom bomo odgovorili na naslednja vprašanja:

- Kolikšne so količine, kakšna je sestava in lastnosti preostalih komunalnih odpadkov v ljubljanski regiji, za katere je potrebno podati predlog obdelave, pri čemer je prednostni način reciklažni?
- Kateri so možni postopki obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov?
- Ali so izbrani postopki v skladu s sprejetimi načeli trajnostnega razvoja, predvsem z okoljskega, v določeni meri pa tudi ekonomskega in sociološkega vidika, ter katerega izmed izbranih postopkov predlagamo kot prednostnega pri obdelavi preostalih mešanih komunalnih odpadkov v ljubljanski regiji?

### **1.3 Metode dela**

V prvem delu magistrskega dela smo na osnovi proučitve strokovne literature, drugih virov in lastnih izkušenj analizirali različne vrste odpadkov in različno ravnanje z njimi ter podali načela trajnostnega razvoja in pregled strateških usmeritev, z načeli in cilji pri ravnanju z odpadki v Evropski uniji, v Sloveniji in v ljubljanski regiji ter v zadnjih dveh primerih tudi analizirali upoštevanje strateških usmeritev.

Magistrsko delo smo v drugem delu nadaljevali s predstavitvijo in obdelavo rezultatov sejhalno-sortirnih analiz, ki smo jih nadgradili s fizikalno-kemičnimi analizami in analizami biorazgradljivosti, ki jih je bilo potrebno izvesti, da smo lahko uspešno odgovorili na zastavljena vprašanja. Sejalno-sortirne analize odpadkov so bile izvedene po različnih poselitvenih območjih oziroma sociourbanih strukturah, tako kot zahteva Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Obdelava rezultatov sejhalno-sortirnih analiz je zajemala tudi določitev prispevka posamezne sociourbane strukture k skupni količini odpadkov ljubljanske regije, saj se zbiranje in tehtanje odpadkov ne izvaja po sociourbanih strukturah, temveč le skupno. Prispevek je potreben za izračun količine posameznih frakcij odpadkov v celotni količini odpadkov.

V nadaljevanju raziskovalnega dela smo, glede na to, da je nemogoče zajeti vzorec, ki bi imel sestavo odpadkov enako rezultatu izvedene sortirne analize, sestavili hipotetični vzorec iz

sestavin svežih odpadkov, pripeljanih na odlagališče iz gospodinjstev. Vzorec smo presortirali na lahko in težko frakcijo ter tako dobljena vzorca pripravili za izvedbo fizikalno-kemičnih analiz in analiz biorazgradljivosti ter predstavili in obdelali rezultate.

V tretjem delu magistrskega dela smo predstavili direktivo za celovito preprečevanje in nadzor industrijskega onesnaževanja in referenčna dokumenta za najboljše razpoložljive tehnike za obdelavo odpadkov ter možne postopke obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov z upoštevanjem dobre prakse v Evropski uniji. Izmed možnih postopkov obdelave smo izbrali postopke, pri katerih smo za razpoložljivo količino odpadkov določili: i) količine predvidenih vstopnih in izstopnih tokov, ii) okvirno energijsko bilanco in iii) sumarne vplive na okolje.

Izbrane postopke smo med sabo primerjali na osnovi načel trajnostnega razvoja, z okoljskega vidika in v določeni meri tudi ekonomskega in sociološkega vidika. V Ljubljani potekajo intenzivne priprave na posodobitev sedanjega sistema ravnanja z odpadki, ki temelji predvsem na odlaganju komunalnih odpadkov na odlagališče nenevarnih odpadkov Barje. Koncept ravnanja z odpadki Ljubljane predvideva izgradnjo regijskega centra za ravnanje z odpadki, lociranem na območju odlagališča nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani, v katerem je predvidena mehansko-biološka obdelava ostalih mešanih komunalnih odpadkov in ločeno zbranih biološko razgradljivih odpadkov, zato smo v primerjavo in oceno vključili še najugodnejši postopek mehansko-biološke obdelave iz idejne študije, ki je bil obdelan v idejnem projektu, ki ga je leta 2006 pripravila Snaga Javno podjetje d.o.o. in njegovo varianto iz vloge za pomoč EU, ki jo je pripravila leta 2008.

Z upoštevanjem primerjalne analize obdelave odpadkov in značilnosti ljubljanske regije smo predlagali postopek obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov ljubljanske regije.

Zaradi pravilnega razumevanja razmejitve dela pri izdelavi magistrskega dela in mojega dela v službi, se prva oseba množine v tem delu uporablja za delo sodelujočih pri izdelavi magistrskega dela, poleg mene predvsem še mentorja, za delo v okviru Snage Javnega podjetja d.o.o. Ljubljana ali za delo sodelavcev v podjetju, pa se uporablja naziv Snaga.

## 2 RAVNANJE Z ODPADKI

### 2.1 Odpadki

Opadki spremljajo vsakogar izmed nas in predstavljajo nujno zlo. Ena najsplošnejših definicij odpadka je, da je odpadek vsaka tista snov ali predmet, ki nam v danem trenutku več koristno ne služi in bi se je zato radi znebili (Vuk, 1997).

Definicija odpadka izhaja iz Okvirne direktive EU o odpadkih iz leta 1975, ki je bila prenovljena leta 2006, in sicer je odpadek vsaka snov ali predmet, ki jo imetnik zavrže oziroma namerava zavreči. Imetnik pomeni povzročitelja odpadka ali tistega, ki ima odpadek v posesti. Povzročitelj odpadka je tisti, katerega aktivnosti povzročijo nastanek odpadka ali pa njegove spremembe (Williams, 2005).

Eden od osnovnih postulatov Evropske unije kot pogodbene skupnosti je enotni trg. Odpadki vplivajo na oblikovanje cene končnega izdelka ali storitve, ki vstopa na enotni in prosti trg. Če se kakšno slovensko podjetje znebi svojih odpadkov tako, da jih odloži na neurejeno odlagališče z minimalnimi stroški, to pomeni, da bi lahko na skupnem prostem trgu Evropske unije doseglo neupravičeno tržno prednost pred podjetjem, ki temeljito poskrbi za oskrbo svojih odpadkov in za to plačuje sorazmerno visoke stroške. Za preprečevanje nelojalne konkurence na račun okolja je v Evropskem sporazumu zahtevano, da se morajo tudi stroški oskrbe odpadka, ki nastane iz proizvoda, vključiti v stroške proizvodnje (Keuc, 2002a).

Odpadek je bil v Sloveniji do leta 2004 definiran kot vsaka snov ali predmet, ki ga imetnik ne more ali ne želi uporabiti sam, ga ne potrebuje več, ga moti ali mu škodi in ga zato želi zavreči (Pravilnik o ravnanju z odpadki, 1998). Nova Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008 te definicije več ne določa, je pa leta 2004 Zakon o varstvu okolja definiral odpadek na naslednji način: »Odpadek je določeno snov ali predmet, ko ga njegov povzročitelj ali druga oseba, ki ima snov ali predmet v posesti, zavrže, namerava ali mora zavreči.«

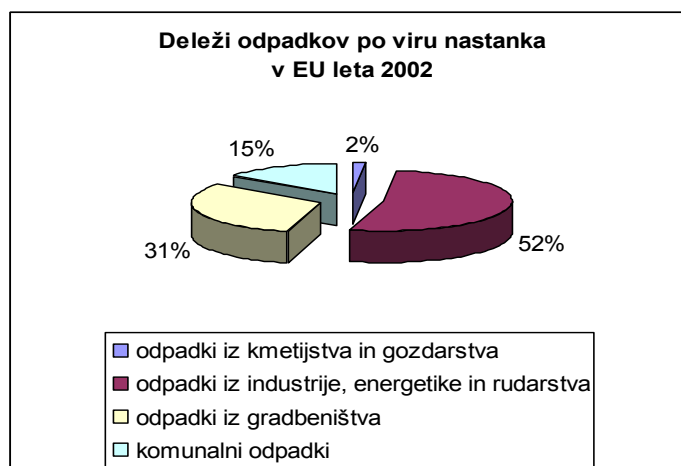
Sestavni del Uredbe o ravnanju z odpadki iz leta 2008 je klasifikacijski seznam odpadkov, ki vsebuje 840 vrst odpadkov. Odpadki so razdeljeni na dva načina, in sicer so po viru nastanka (zaradi opravljanja različnih človekovih dejavnosti) razdeljeni v 20 skupin in 111 podskupin, hkrati pa so razdeljeni še na nevarne in nenevarne odpadke, in sicer so 403 vrste nevarnih odpadkov (označenih z zvezdico poleg numerične kode) in 437 je vrst nenevarnih odpadkov.

Poleg navedene delitve odpadkov jih v praksi obravnavamo še na druge načine:

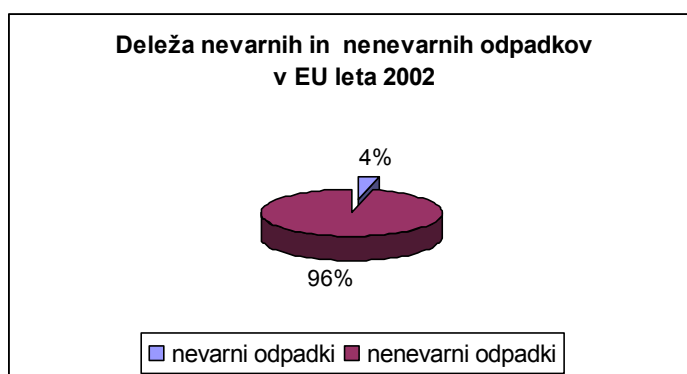
- ločimo jih na komunalne in nekomunalne odpadke: v prve sodijo gospodinjski odpadki in njim podobni odpadki iz industrije, obrti in storitvenih dejavnosti
- zelo pomembna zlasti z vidika predelave je delitev odpadkov po materialnem sestavu: biološko razgradljivi odpadki (zelena biomasa, ostanki hrane rastlinskega izvora in krme, papir in karton, les, delno tekstil), steklo, plastika, kovine, odpadno usnje, kože, krzno, gume, kisline, lugi, topila, barve, laki, kiti, smole, kemikalije, mineralna olja, kamenje, zemlja, žlindra, pepel, mulji itd.
- odpadke pogosto ločimo glede na izvor na odpadke iz naselij, odpadke iz industrije in energetike, odpadke iz gradbeništva in odpadke iz kmetijstva in gozdarstva
- posebno skupino tvori blato čistilnih naprav za komunalne odpadne vode
- povsem ločeno pa se obravnavajo posamezne specifične skupine odpadkov, ki imajo velik nevarnostni potencial (vsebnost težkih kovin) ali pa se mora z njimi posebno ravnati (odpadna embalaža). Posebej obravnavamo tudi odpadke, ki vsebujejo na primer azbest, odpadna olja, baterije, akumulatorje, gradbene odpadke, izrabljene avtomobilske gume, izrabljena motorna vozila, infektivne odpadke iz zdravstvene dejavnosti, klavnične odpadke in kužni material živalskega porekla, pa tudi radioaktivne odpadke (Ravnanje z odpadki, 2003). Ta ločitev izhaja iz uzakonjene odgovornosti povzročiteljev za njihovo zbiranje in odstranjevanje (product responsibility)
- odpadke lahko ločimo tudi na razgradljive in nerazgradljive odpadke (Panjan, 2005).

V 25 državah EU je po ocenah Evropske komisije v letu 2002 nastalo skupaj 1,65 milijarde ton odpadkov, od tega 58,35 milijona ton nevarnih odpadkov. Iz grafikona 1 so razvidni deleži odpadkov po viru nastanku leta 2002 v EU, iz grafikona 2 pa deleža nevarnih in nenevarnih odpadkov leta 2002 v EU (Waste generated and treated in Europe, 2005).

Po grobih ocenah je bila skupna količina odpadkov leta 2000 v Sloveniji 6,2 milijona ton, od tega je bilo 213.000 ton nevarnih odpadkov. Iz grafikona 3 so razvidni deleži odpadkov po viru nastanka v Sloveniji leta 2002, iz grafikona 4 pa deleža nevarnih in nenevarnih odpadkov v Sloveniji leta 2002 (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

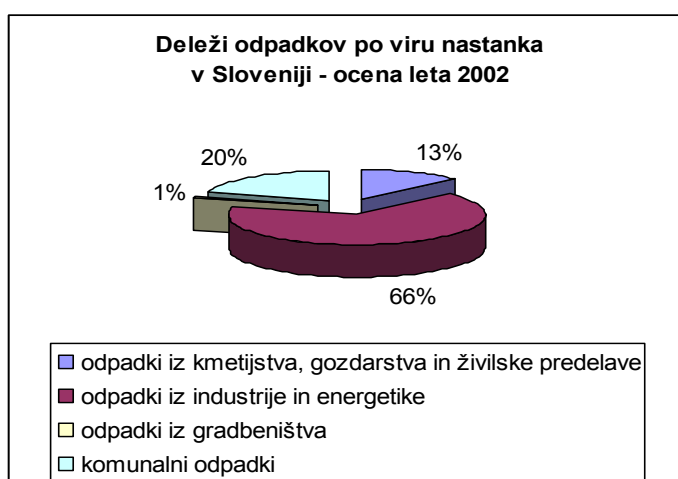


Grafikon 1: Deleži odpadkov po viru nastanka v EU leta 2002  
Graph 1: The portions of waste according to source in EU in 2002



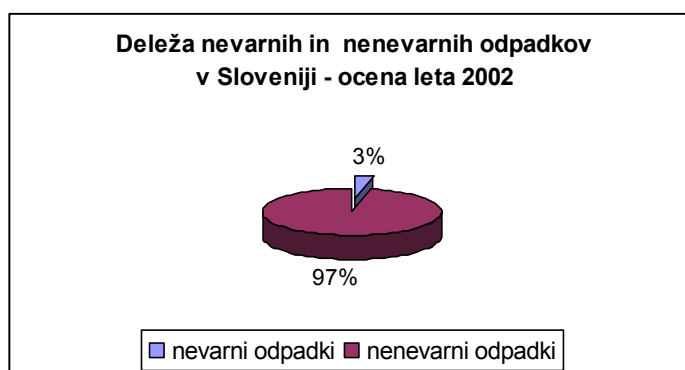
Grafikon 2: Deleža nevarnih in nenevarnih odpadkov v EU leta 2002  
Graph 2: The portions of hazardous and non-hazardous waste in EU in 2002

Iz grafikonov razberemo, da je delež nevarnih odpadkov v letu 2002 v EU in v Sloveniji primerljiv, večje razlike pa se kažejo pri količini odpadkov iz kmetijstva in gradbeništva.



Grafikon 3: Deleži odpadkov po viru nastanka v Sloveniji leta 2002

Graph 3: The portions of waste according to source in Slovenia in 2002



Grafikon 4: Deleža nevarnih in nenevarnih odpadkov v Sloveniji leta 2002

Graph 4: The portions of hazardous and non-hazardous waste in Slovenia in 2002

V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili komunalne odpadke, predstavili pa bomo še: blato komunalnih čistilnih naprav, odpadke iz industrije, energetike in rudarstva, odpadke iz gradbeništva, odpadke iz kmetijstva in gozdarstva in nevarne odpadke.

## 2.2 Analiza različnih vrst odpadkov

### 2.2.1. Komunalni odpadki

Kot pojem komunalnih odpadkov bi lahko opredelili tiste vrste odpadkov, ki so nastali zaradi našega bivanja, v zvezi z našimi fiziološkimi in sanitarnimi potrebami in zaradi delovanja proizvodnje, ki je potrebna za zadostitev naših potreb. Ti odpadki torej nastanejo zaradi človekove fiziološke aktivnosti: vsakdanje priprave hrane, osebne higijene, fizioloških potreb na delovnih mestih, so pa tudi posledica doseženega standarda ter naših vsakodnevnih navad in razvad (Vuk, 1997).

V kolikor bi želeli definirati matematični model toka nastajanja odpadkov, bi lahko rekli, da je sestava komunalnih odpadkov funkcija več spremenljivk, kot je razvidno iz slike 1. Ugotavlja se, da večji ko je razpoložljivi volumen posode, v katero lahko odlagamo odpadke, več teh odpadkov je. To ugotovitev se da le rahlo korigirati s ceno. Na sliki 2 je prikazana količina odpadkov kot funkcija določenih spremenljivk (Vuk, 1997).

sestava odpadkov = f (standarda, gospodarske moči družbe, življenjskih navad in razvad,...)

Slika 1: Sestava odpadkov

Figure 1: The waste composition

količina odpadkov = f (vrste poselitve, stopnja zаетosti v redni odvzem, velikost naselja, zjamčene usluge, cena storitve,...)

Slika 2: Količina odpadkov

Figure 2: The waste amount

Komunalni odpadki zajemajo odpadke iz gospodinjstev in odpadke od drugod, ki pa so podobni kot gospodinjski. Med komunalne odpadke štejemo tudi kosovne odpadke, embalažo, ulične odpadke, odpadke s tržnic in odpadke, ki nastanejo ob obrezovanju dreves, grmovja in živih mej. Značilnost teh odpadkov je, da nastajajo zaradi vsakodnevnih aktivnosti doma ali v službi. Tipični gospodinjski odpadki so sestavljeni iz bioloških odpadkov, papirja, stekla, kovin, embalaže ter problematičnih odpadkov, ki so ponavadi tudi nevarni (izrabljene baterije, zdravila, olja, sredstva za škropljenje, gume, pepel,...) (Panjan, 2005).



Po letu 2000 poimenujemo v Sloveniji s komunalnimi odpadki odpadke iz gospodinjstev in druge odpadke, ki imajo podoben nastanek in sestavo kakor gospodinjski odpadki.

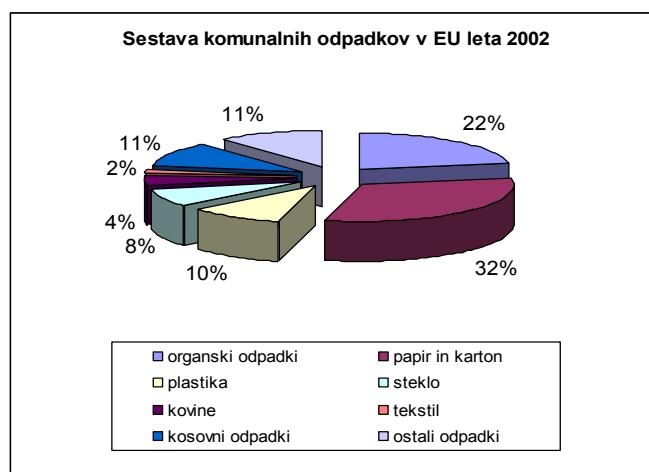
V klasifikacijskem seznamu odpadkov Uredbe o ravnanju z odpadki iz leta 2008 so v skupini 20 komunalni odpadki iz gospodinjstev in njim podobni odpadki iz trgovine, industrije in javnega sektorja, vključno z ločeno zbranimi frakcijami. Skupina 20 ima tri podskupine:

- 20 01 - ločeno zbrane frakcije: papir in karton, steklo, organski kuhinjski odpadki, oblačila, tekstilije, topila, kisline, alkalije, fotokemikalije, pesticidi, fluorescentne cevi in drugi odpadki, ki vsebujejo živo srebro, zavržena oprema, ki vsebuje klorofluorogljike, jedilno olje in maščobe, olje in maščobe, premazi, črnila, lepila in smole, čistila (detergenti), citotoksična in citostatična zdravila, zdravila, baterije in akumulatorji, zavržena električna in elektronska oprema, les, plastika, kovine, odpadki, ki nastanejo pri čiščenju dimnikov ter drugi tovrstni odpadki
- 20 02 - odpadki iz vrtov in parkov: odpadki, primerni za kompostiranje, zemlja in kamenje ter drugi odpadki, neprimerni za kompostiranje
- 20 03 - drugi komunalni odpadki: mešani komunalni odpadki, odpadki z živilskih trgov, odpadki pri čiščenju cest, greznični mulji, odpadki, ki nastanejo pri čiščenju komunalnih odpadnih voda, kosovni odpadki ter drugi tovrstni odpadki.

Uredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki iz leta 2001 je uvedla pojem »ostanki komunalnih odpadkov«. Ostanke komunalnih odpadkov definira kot komunalne odpadke, iz katerih so izločene ločeno zbrane frakcije. Prav tako pod ostanke komunalnih odpadkov šteje tudi ostanke po predelavi ločeno zbranih frakcij in kosovnih odpadkov.

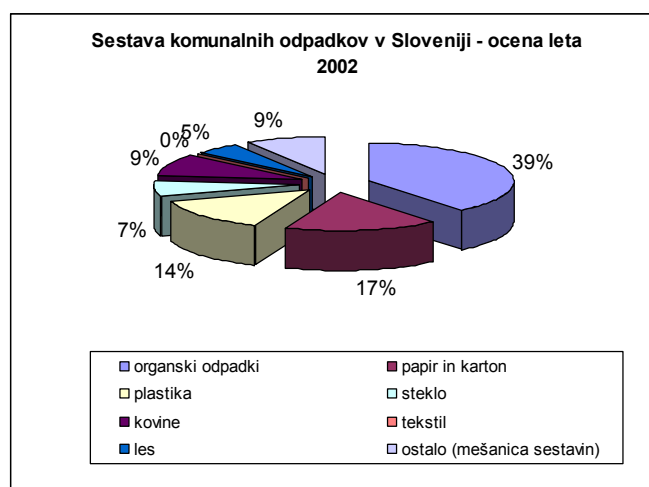
Iz zgornjih navedb sklepamo, da komunalne odpadke sestavljajo ločeno zbrane frakcije komunalnih odpadkov in ostanke komunalnih odpadkov, ki ostanejo po ločenem zbiranju. V praksi se za ostanke komunalnih odpadkov uporablja termin »preostali mešani komunalni odpadki«, zato jih bomo tako imenovali tudi v tem magistrskem delu.

Iz grafikona 5 je razvidna povprečna sestava komunalnih odpadkov v državah EU leta 2002 (Waste generated and treated in Europe, 2005).



Grafikon 5: Sestava komunalnih odpadkov v EU leta 2002

Graph 5: The composition of municipal waste in EU in 2002



Grafikon 6: Sestava komunalnih odpadkov v Sloveniji – ocena leta 2002

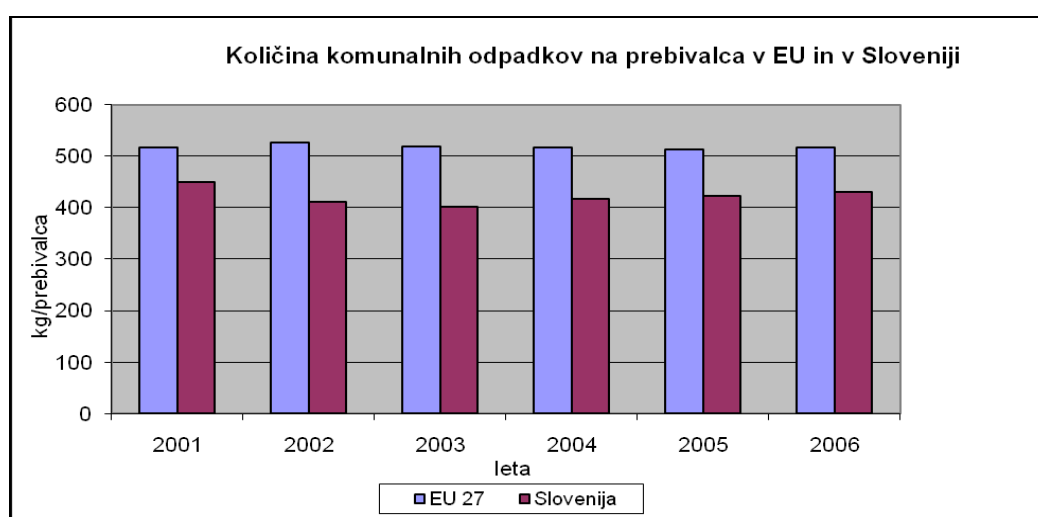
Graph 6: The composition of municipal waste in Slovenia in 2002 – the year 2002 estimation

Sestava komunalnih odpadkov v Sloveniji po oceni iz Poročila o stanju okolja v Sloveniji 2002 (2003) je prikazana v grafikonu 6. Opažamo, da organski odpadki in papir s kartonom predstavljajo v EU 55%, v Sloveniji pa 56% vseh komunalnih odpadkov, le da je v EU več papirja in kartona, v Sloveniji pa je več organskih odpadkov.

V redno zbiranje in odvoz komunalnih odpadkov je bilo leta 2001 v Sloveniji vključenih približno 93% prebivalcev Slovenije, delež vključenih prebivalcev pa nenehno narašča. Skoraj vse količine komunalnih odpadkov končajo na komunalnih odlagališčih, divjih odlagališčih in na avtomobilskih odpadkih. V letu 2001 je bila v Sloveniji skupna količina komunalnih odpadkov 840.000 ton, od tega 65% iz gospodinjstev in 35% iz industrije, obrti in storitvenih dejavnosti, po oceni pa je bilo vseh odpadkov iz naselij ca. 1.200.000 ton (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003). V letu 2003 je v Sloveniji nastalo 786.000 ton komunalnih odpadkov, v letu 2004 pa 792.000 ton komunalnih odpadkov (Rejec Brancelj, Kušar, 2006). V letu 2005 je v Sloveniji nastalo okoli 844.000 ton komunalnih odpadkov, v letu 2006 pa 865.000 ton komunalnih odpadkov (Kazalci okolja v Sloveniji, 2009).

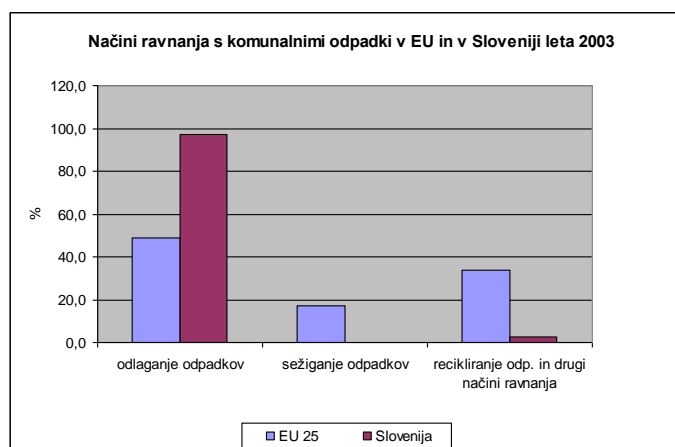
V 25 državah EU se količina komunalnih odpadkov od leta 1995 do leta 2003 povečuje letno za okoli 2%, tako da so leta 1995 nastali 204 milijoni ton, leta 2003 pa 243 milijonov ton komunalnih odpadkov (Waste generated and treated in Europe, 2005).

Iz grafikona 7 je razvidna količina komunalnih odpadkov na prebivalca v EU in v Sloveniji. Količina odpadkov na prebivalca se ne zmanjšuje, pa tudi ne narašča. Opazen je trend stagniranja oziroma rahlega porasta količine komunalnih odpadkov na prebivalca v Sloveniji (Kazalci okolja v Sloveniji, 2009).



Grafikon 7: Količina komunalnih odpadkov na prebivalca v EU in v Sloveniji  
Graph 7: The amount of municipal waste per inhabitant in EU and in Slovenia

Iz grafikona 8 so razvidni načini ravnanja s komunalnimi odpadki v 25 državah EU in v Sloveniji v letu 2003. V Sloveniji predstavljajo druge načine ravnanja: reciklaža 1,6%, uporaba odpadkov kot gorivo 0,2% in drugi načini predelave 0,9% (Waste generated and treated in Europe, 2005; Rejec Brancelj, Kušar, 2006).



Grafikon 8: Načini ravnanja s komunalnimi odpadki v EU in v Sloveniji

Graph 8: The manners of treatment municipal waste in EU and in Slovenia

Vidimo, da je bilo v letu 2003 odlaganje odpadkov na odlagališča skoraj edini način ravnanja s komunalnimi odpadki v Sloveniji, saj predstavlja kar 97,3%. Če pogledamo razmerje odlaganje : recikliranje in drugi načini : sežiganje, je to razmerje v EU 4:3:1 oziroma odlaga se le še polovico nastalih komunalnih odpadkov.

V slovenskem prostoru sta se v preteklosti pri gospodinjstvih najpogosteje ločeno zbirali dve frakciji, in sicer papir in steklo. V obdobju po letu 2001, ko sta bila zakonsko določena najmanjši obseg in vsebina ravnanja z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki, se stanje izboljšuje. V večini naselij v Sloveniji so že zaživele zbiralnice ločenih frakcij, kjer se v zabojniku za papir zbirajo: papir, kartonska embalaža in lepenka; v zabojniku za embalažo: plastenke, pločevinke, kartonska votla embalaža in plastična folija; v zabojniku za steklo pa samo steklena embalaža. V zbiralnice so se začeli dodajati tudi zabojniki za biološke odpadke, ki zajemajo kuhinjske in vrtno odpadke gospodinjstev. Ločeno zbiranje v nekaterih območjih zajema tudi večje količine zelenih

odpadkov, to je predvsem rezano grmičevje in vejevje, ki jih prebivalci dovažajo do odlagališč, kjer so ponavadi urejene majhne kompostarne odpadkov.

S predelavo ločeno zbranih frakcij se ukvarjajo specializirana podjetja za ravnanje s temi odpadki in so opremljena s sortirnicami za dodatno razvrščanje ločeno zbranih odpadkov. Predelana količina bistveno zaostaja za količinami, ki so prognozirane v Strateških usmeritvah Republike Slovenije za ravnanje z odpadki iz leta 1996.

Zbiranje mešanih komunalnih odpadkov poteka pretežno kot odvoz, edina oblika njihovega odstranjevanja v Sloveniji pa je v bistvu odlaganje.

Kosovne odpadke se v slovenskem prostoru zajema v glavnem po sistemu spomladanskega in jesenskega čiščenja in se jih presortira pred odlaganjem.

Med komunalnimi odpadki iz naselij so zlasti problematični gospodinjski odpadki, ki vsebujejo nevarne snovi (čistila, zdravila, pesticidi, odpadna olja, itd.), saj z redkimi izjemami večina tovrstnih odpadkov konča na odlagališču komunalnih odpadkov in pomenijo potencialno nevarnost za okolje. Zbiranje in odstranjevanje nevarnih odpadkov, ki izvirajo iz industrijskih procesov, je boljše organizirano in evidentirano. Glavno breme okolju povzročajo predvsem posledice neustreznega ravnanja s to vrsto odpadkov v preteklosti (neustrezno skladiščenje, odlaganje na komunalnih in črnih odlagališčih, itd.).

Zbiranje nevarnih frakcij komunalnih odpadkov iz gospodinjstev ni utečeno, izvaja pa se največkrat enkrat ali dvakrat letno s pomočjo mobilne zbiralnice, kamor prebivalci prinašajo baterije, akumulatorje, zdravila, ostanke barv in lakov, pralna in kozmetična sredstva, odpadna olja in mast, ostanke kemikalij in pesticidov. Zbrani odpadki se predajo specializiranim podjetjem za ravnanje s temi nevarnimi odpadki.

### **2.2.2. Blato komunalnih čistilnih naprav**

Blato nastaja ob čiščenju komunalnih odpadnih vod na čistilnih napravah. Vsebuje 40 - 50% organske snovi in je bogato s hranili, zato je primerno gnojilo za kmetijska zemljišča, če ne

vsebuje ostalih nevarnih in škodljivih snovi. Do sedaj se je blato najpogosteje odlagalo na odlagališča komunalnih odpadkov, v manjši meri se je vnašalo na kmetijska zemljišča oziroma kompostiralo. Blato lahko vsebuje nevarne snovi, predvsem težke kovine, zato se lahko uporablja v kmetijstvu le s posebnim dovoljenjem. V letu 2001 je v Sloveniji nastalo približno 8.200 ton suhe snovi blata. Na odlagališča je bilo odloženih 83%, na kmetijska zemljišča vnesenih 6% in kompostiranih 11% suhe snovi blata. V evropskih državah vedno manj odlagajo to blato na odlagališča zaradi prevelike prostornine in vsebnosti vode v blatu ter zaradi zahtev direktive EU o odlaganju odpadkov, ki predvideva postopno zmanjšanje količine odloženih biorazgradljivih odpadkov (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

Po Uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006 se je v Sloveniji blato iz komunalnih čistilnih naprav lahko odlagalo na odlagališčih le še v prehodnem obdobju do 31. decembra 2008. Zaradi strogih zahtev je manjše tudi vnašanje na kmetijska zemljišča, vse bolj pa se uveljavlja sosežig v industrijskih napravah, pa tudi sežig.

### **2.2.3 Odpadki iz industrije, energetike in rudarstva**

Po ocenah iz leta 1996 je iz industrije približno 0,85 milijona ton odpadkov na leto in iz energetike približno 1,2 milijona ton odpadkov na leto (pepel, žindra,..), po ocenah iz leta 2002 pa je teh odpadkov skupaj ca. 4 milijone ton.

Pretežno uveljavljeni način ravnanja z odpadki iz industrije in iz energetike je odlaganje na monodeponijah in skladiščenje na območju podjetij, kjer so nastali. Pri oskrbi nekaterih vrst nevarnih odpadkov so tudi že dobro uveljavljeni načini recikliranja. Del odpadkov iz proizvodnih procesov konča tudi na komunalnih odlagališčih. Za koristno snovno izrabo nekaterih vrst odpadkov obstajajo ali se gradijo predelovalne zmogljivosti, ki zadoščajo za količine, nastale v slovenskem prostoru. Pri nekaterih bo ekonomičnost zaradi premajhnih količin odvisna tudi od uvoza in izvoza (Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki, 1996).

Rudarski odpadki nastanejo pri izvajanju rudarskih del. Ločimo dve vrsti rudarskih odpadkov: jalovino in odpadek, ki nastane v procesih obogatitve in skladiščenja surovine. Povzročitelj

odpadkov mora zagotavljati monitoring njihovega vpliva na okolje. Količine rudarskih odpadkov, ki danes nastajajo v Sloveniji, niso znane (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

V 25-ih državah EU je v industriji in energetiki v letu 2003 nastalo 555 milijonov ton odpadkov, v rudarstvu pa 301 milijon (Waste generated and treated in Europe, 2005).

#### **2.2.4 Odpadki iz gradbeništva**

Glede na razmeroma intenzivno gradnjo v slovenskem prostoru je bilo leta 2002 ocenjeno, da je letna količina gradbenih odpadkov 2 milijona ton na leto, čeprav je bilo zbranih le ca.62.000 ton, leta 1996 pa je bilo ocenjeno, da količine gradbenih odpadkov v slovenskem prostoru dosegajo količino 2,3 milijona ton na leto. Z nadaljnjo gradnjo avtocest, z gradnjo železnice, obnovo magistralnih cest in izvedbo ostalih investicij se bo količina gradbenih odpadkov večala (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

Gradbeništvo lahko snovno izrabi del odpadkov iz lastne dejavnosti, uporabni gradbeni material pa so lahko tudi nekatere vrste odpadkov iz energetike in metalurgije (Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki, 1996).

Slovenija je v letu 2003 sprejela Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih, vendar zaradi neurejenega načina ravnanja ti odpadki po nepotrebnem zapolnjujejo že tako premajhne kapacitete komunalnih odlagališč ter se odlagajo tudi na neurejena in črna odlagališča, namesto da bi se v večji meri predelali, saj se ocenjuje, da je njihov potencial za predelavo najmanj 75%. Organizirana predelava gradbenih odpadkov lahko reši dva družbena problema, in sicer se preneha nesmotrno zapolnjevanje komunalnih odlagališč s tem materialom in hkrati zmanjša izkopavanje primarnih surovin iz kamnolomov, gramoznic in peskokopov. Gradbeni odpadki predstavljajo enega od največjih tokov v vsaki dinamični družbi, hkrati pa so tudi eni izmed najbolj reciklabilnih odpadkov (Kralj, Grilc, 2003).

Glede na Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki naj bi do leta 2010 ponovno uporabili 70 - 80% nastalih gradbenih odpadkov. Področje ravnanja z gradbenimi odpadki je dokaj neurejeno.

V 25-ih državah EU je v gradbeništvu v letu 2003 nastalo 510 milijonov ton odpadkov (Waste generated and treated in Europe, 2005).

### **2.2.5 Odpadki iz kmetijstva in gozdarstva**

Odpadna biomasa iz kmetijstva, gozdarstva in živilske predelave, katere je po ocenah iz leta 1996 3,5 milijona ton na leto, po ocenah iz leta 2002 pa je zbranih ca. 806.000 ton, je problematična zlasti zaradi tekočih odpadkov iz živinoreje, ki se uporabljajo za gnojenje njivskih površin. Ker so njivske površine premajhne, velikokrat pa je neprimeren tudi letni čas gnojenja, se tako ogroža zlasti kakovost podtalnice (Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki, 1996).

V kmetijstvu je definirano le ravnanje z mesno-kostno moko, perno-kostno moko in klavničnimi odpadki. V gozdarstvu so odpadki predvsem lesna biomasa, ki je primerna le za kompostiranje ali za termično izrabo. Ti odpadki niso nevarni za okolje (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

V 25-ih državah EU je v kmetijstvu in gozdarstvu v letu 2003 nastalo 29 milijonov ton odpadkov (Waste generated and treated in Europe, 2005).

### **2.2.6 Nevarni odpadki**

Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008 zajema tudi klasifikacijski seznam nevarnih odpadkov ter obvezna ravnanja z njimi. Nevarni odpadki vsebujejo nevarne snovi, ki lahko povzročajo eksplozivnost, so lahko vnetljive in gorljive, so lahko reaktivne, strupene, zdravju škodljive, jedke in dražljive, pa tudi radioaktivne in infektivne, rakotvorne ter mutagene. Nevarni odpadki, ki se zbirajo ali skladiščijo ali njihova embalaža ali zabojniki, morajo biti označeni skladno s predpisi o označevanju nevarnih snovi, njihov prevoz pa se mora opravljati skladno s predpisi, ki urejajo prevoz nevarnih snovi.

Slovenija je leta 1993 sprejela Zakon o ratifikaciji Baselske konvencije, ki je mednarodni dokument o nadzoru uvoza in izvoza nevarnih odpadkov in njihovem odstranjevanju. Za



Slovenijo je Baselska konvencija izredno pomemben dokument, če želi hitreje reševati vprašanja nevarnih odpadkov. Glavni cilji Baselske konvencije so, da se v največji meri omeji nastajanje za okolje nevarnih odpadkov, da se zagotovi predelava in odstranjevanje nevarnih odpadkov na okolju varen način čim bližje kraju njihovega izvora in da se omeji prehode nevarnih odpadkov preko meja na minimum.

V državah Evropske unije so dolžni zagotoviti, da skupnost kot celota in tudi vsaka posamezna država poskrbi, da bo v primeru odstranjevanja odpadkov postala samozadostna, da se odpadki predelujejo oziroma odstranjujejo čim bližje mesta nastanka in da je zagotovljeno varno ravnanje z nevarnimi odpadki ter preprečen ilegalni prevoz odpadkov. To bo morala čimprej urediti tudi Slovenija (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

V 25-ih državah EU je v letu 2003 nastalo 58 milijonov ton nevarnih odpadkov, oziroma 4% vseh odpadkov (Waste generated and treated in Europe, 2005), v Sloveniji pa je v letu 2000 po ocenah v Poročilu o stanju okolja v Sloveniji (2003) nastalo skupaj 213.000 ton nevarnih odpadkov oziroma 3% vseh odpadkov. Po podatkih, ki so jih posredovali povzročitelji odpadkov, je v Sloveniji leta 2000 nastalo 35.400 ton nevarnih odpadkov, leta 2003 pa 67.100 ton nevarnih odpadkov. Nastajanje nevarnih odpadkov je leta 2003 prijavilo 1.814 zavezancev (Rejec Brancelj, Kušar, 2006).

### **2.3 Gospodarjenje in ravnanje z odpadki**

V Sloveniji ločimo pojma »gospodarjenje« in »ravljanje« z odpadki, medtem ko se v svetu uporablja pojem »waste management«, ki sicer pomeni to, kar smo v Sloveniji poimenovali gospodarjenje z odpadki, vendar pa se waste management v glavnem prevaja kot ravnanje z odpadki.

Po Pravilniku o ravnanju z odpadki iz leta 1998 gospodarjenje z odpadki zajema:

- preprečevanje in zmanjševanje nastajanja odpadkov ter njihovih škodljivih vplivov na okolje
- ravnanje z odpadki, ki predstavlja postopke zbiranja, prevažanja, predelave in odstranjevanja odpadkov. Ravnanje z odpadki zajema tudi kontrolo teh postopkov in

okoljevarstvene ukrepe po zaključku delovanja objekta ali naprave za predelavo ali odstranjevanje odpadkov.

Nova Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008, ki je nadomestila navedeni Pravilnik, več ne zajema pojma gospodarjenje z odpadki, ampak samo ravnanje z odpadki, kamor je namesto okoljevarstvenih ukrepov po zaključku delovanja objektov uvrstila nadzor odlagališč po zaprtju.

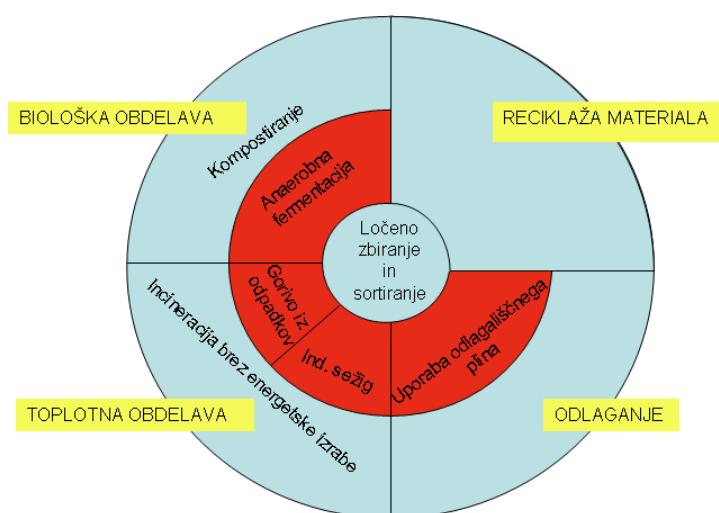
Glavna problematika sodobnega gospodarjenja z odpadki izhaja iz odnosa do odpadkov. Gospodarjenje z odpadki ni samo inženirski problem; pravilen odnos do odpadkov lahko izoblikujemo le z upoštevanjem naravoslovnih ved, sociologije, ekonomije in prava ter politike. Odpadki so torej tipična problematika sestavljene vede, ki se imenuje ekonomika okolja (Bisson, Proops, 2002)

Ravnanje z odpadki postaja ena izmed glavnih skrbi današnjega časa. Povsod po svetu nastajajo velikanske količine odpadnih snovi, ki jih je potrebno obdelati na ekonomičen način, hkrati pa zagotoviti, da je pri tem čim manjši vpliv na okolje in zdravje ljudi. Danes že obstajajo dosegljive tehnologije za ravnanje z odpadki na ekonomičen in varen način (Barata, 2002).

Razvoj ravnanja s komunalnimi odpadki je potekal v različnih državah z različno hitrostjo. Zaskrbljujoče je, da se v nekaterih razvitih državah ravnanje z odpadki danes zelo malo razlikuje od tistega, ki so ga imeli že stari Rimljani pred 6.000 leti, to je odlaganje odpadkov na odprta smetišča. Pred desetletji je večina držav po vsem svetu reševala problem odpadkov tako, da jih je sežigala ali zakopavala. Zadnjih dvajset let so države začele z resnejšim načrtovanjem reševanja ravnanja z odpadki, saj ni bilo več sprejemljivo, da bi se znebili odpadkov, ne da bi pri tem upoštevali njihov vpliv na onesnaženje okolja. V relativno kratkem času se je ravnanje s komunalnimi odpadki korenito spremenilo, iz mišljenja »izkoplji luknjo, jo napolni z odpadki in zasiplji nazaj« v idejo »integriranega ravnanja s komunalnimi odpadki« (Barata, 2002).

Integrirano ravnanje s komunalnimi odpadki pomeni razvoj in izvajanje sistema za ravnanje s komunalnimi odpadki, ki z visoko stopnjo učinkovitosti in sprejemljivimi stroški zmanjšuje stopnjo tveganja povzročenih odpadkov, povečuje racionalno rabo surovin in ponovno uporabo odpadkov ob smotrni zaščiti okolja in človeškega zdravja. Z vidika integriranega ravnanja s komunalnimi odpadki je pri odločitvi o načinu ravnanja s komunalnimi odpadki potrebno vzeti v račun ekonomske, okoljske, družbene in zakonske dimenzije (Barata, 2002).

Na sliki 3 so prikazani elementi integriranega sistema ravnanja z odpadki (Warmer Bulletin 49, 1996; McDougall et al., 2001, cit. po Williams, 2005).



Slika 3: Elementi integriranega sistema ravnanja z odpadki

Figure 3: The elements of the integrated waste treatment

Ekonomski vidik je zelo pomemben pri katerem koli izbranem načinu ravnanja s komunalnimi odpadki. Vsebuje stroške in koristi izvedbe in tudi eventualna razpoložljiva sredstva iz proračuna. Okoljski vidik je sestavljen iz ocen lokalne problematike (povečana nevarnost epidemij, onesnaženje podtalnice), regionalne problematike (izčrpanje naravnih virov, kisli dež) in globalne problematike (toplogredni efekt, ozonske luknje). Družbeni vidik vsebuje vpliv na zaposlovanje, vpliv na človekovo zdravje in mnenje lokalnih prebivalcev. Pri zakonskem vidiku mora biti dan poseben poudarek aktivnemu sodelovanju povzročiteljev odpadkov, predelovalcev odpadkov in vladnih institucij, ki se ukvarjajo z ravnanjem s komunalnimi odpadki (Barata, 2002).

Zaradi navedenega ne obstaja nobena univerzalna rešitev, ki bi nam lahko odgovorila na vprašanje, kaj narediti z našimi odpadki. Vsaka skupnost, občina ali regija ima svoje lastne poglede na odpadke in naj bi razvila svoje lastno »integrirano ravnanje s komunalnimi odpadki«<sup>2</sup> glede na svoje lokalne želje in potrebe ter glede na to, kakšne rešitve so najbolj ugodne za njih, sedaj in v prihodnosti. Vseeno pa v večini držav na svetu, predvsem industrijsko razvitih državah, temelji razvoj ravnanja s komunalnimi odpadki na usmeritvi, ki temelji na točno predpisanem vrstnem redu ravnanja s komunalnimi odpadki, na hierarhiji. Na prvem mestu je zmanjšanje odpadkov na izvoru oziroma preprečevanje nastajanja odpadkov s ponovno uporabo izdelkov ali posameznih delov izdelkov. Na drugem mestu je reciklaža materiala in energije, in ko so izrabljeni vsi ti postopki, sledi odstranitev odpadkov s kompostiranjem, sežiganjem in odlaganjem, ki mora potekati na varen način (Barata, 2002).

### **2.3.1 Zmanjšanje komunalnih odpadkov na izvoru**

Strokovnjaki v vedno večji meri ugotavljajo, da predstavlja zmanjšanje odpadkov na izvoru velik potencial pri razrešitvi problematike komunalnih odpadkov. Zmanjšanje odpadkov na izvoru predstavlja prihranek na ekonomskem in okoljskem področju, saj se s tem, ko odpadki ne nastanejo, izognemo finančnim stroškom za ravnanje z njimi, ohranjajo se naravna bogastva in zmanjša onesnaževanje okolja. V zmanjšanje odpadkov na izvoru štejemo preprečevanje nastajanja odpadkov (*reduction*), lahko pa štejemo tudi ponovno uporabo odpadkov (*re-use*), saj odpadni material ne vstopi v tok odpadkov, ni del posebnega ravnanja in se ga obravnava na kraju nastanka (Barata, 2002) .

### **2.4 Analiza ravnanja z odpadki**

Kot smo navedli že v uvodu poglavja 2.3, zajema ravnanje z odpadki postopke zbiranja, prevažanja, predelave in odstranjevanja odpadkov ter tudi nadzorovanje teh postopkov in nadzor odlagališč po zaprtju.

V nadaljevanju bomo analizirali nekatere vrste ravnanja z odpadki, predvsem ravnanja s komunalnimi odpadki, s tem da smo se pod pojmom ravnanje z odpadki osredotočili le na odstranjevanje in predelavo odpadkov.

Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008 določa, da predstavljajo predelavo postopki, ki so namenjeni koristni uporabi odpadkov ali njihovih sestavin. Predelava odpadkov je tudi njihova priprava na ponovno uporabo, recikliranje snovi v odpadkih, sežig ali sosežig odpadkov z namenom energetske izrabe in predelava odpadkov v gorivo.

Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008 zahteva, da je potrebno odpadke predelati, če za predelavo obstajajo tehnične rešitve in možnosti nadaljnje uporabe predelanih odpadkov ali njihovih sestavin. Predelati jih ni potrebno, če so stroški predelave nesorazmerno višji od stroškov njihove odstranitve ali če njihovo odstranjevanje manj obremenjuje okolje kot njihova predelava, predvsem glede na emisije snovi in energije, porabo naravnih virov in vsebnosti nevarnih snovi. Prav tako ima uporaba odpadkov za gorivo prednost pred drugimi načini predelave, seveda samo v primeru, če manj od drugih obremenjuje okolje.

Odstranjevanje odpadkov je namenjeno končni oskrbi odpadkov, ki jih ni mogoče predelati in zajema predvsem obdelavo odpadkov z biološkimi, termičnimi ali kemično-fizikalnimi metodami in odlaganje odpadkov, oziroma drugače povedano, odstranjevanje odpadkov pomeni predvsem kompostiranje, sežiganje in odlaganje odpadkov.

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališča iz leta 2006 in njene spremembe in dopolnitve opredelijo tudi pojem obdelava odpadkov. Obdelava odpadkov je vsak fizikalni, termični, kemični ali biološki postopek, v okviru postopkov predelave oziroma odstranjevanja odpadkov, s katerim se spremenijo lastnosti odpadkov. Lastnosti odpadkov se spremenijo z namenom zmanjšanja njihove prostornine ali teže, zmanjšanja količine biološko razgradljivih snovi v njih ali zmanjšanja njihovih nevarnih lastnosti. Izločevanje frakcij z ločenim zbiranjem komunalnih odpadkov in sežiganje ali sosežiganje odpadkov ni obdelava odpadkov, sortiranje odpadkov pa je. Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008 pa definira obdelavo odpadkov kot predelavo ali odstranjevanje odpadkov v skladu z navedeno Uredbo.

### 2.4.1 Reciklaža

Reciklažo lahko v ožjem smislu razumemo kot reciklažo materiala, kot postopek snovne izrabe odpadkov, ki ima več pomenov, kot so prihranek na primarnih virih, prihranek na odlagalnem prostoru in tudi vzpostavitev nove dejavnosti v okviru neke ekonomije. Gre za postopek, kjer iz odpadnega materiala s predelavo ustvarimo nove vire, tako imenovane sekundarne surovine. Sekundarne surovine se vračajo nazaj v snovni krogotok. Organizacijsko je najlažje izpeljati vračanje odpadkov znotraj industrijske proizvodnje, težje v obrti in najtežje in najmanj dosledno v komunalni sferi (Vuk, 1997).

Na komunalnem področju so se razvili različni pristopi, ki se v glavnem delijo v dve skupini. V prvi skupini je sortiranje organizirano pri občanih, porabnikih, v drugi skupini pa se sortiranje izvaja v strojnih sortirnicah. Kvalitetni rezultati se kažejo pri kombinaciji obeh (Vuk, 1997).

Recikliramo naslednje surovine: papir (karton, revije, votla embalaža), plastiko (polietilen, polivinilklorid, bakelit, guma,...), steklo (belo, zeleno, rjavo, mešano), kovine (železne in neželezne, barvne), tekstil (naravni, sintetični), biološko frakcijo in anorgansko frakcijo (kamenje, pepel, drobni gradbeni odpadki). Pri nas so še kar dobro razviti zajem papirja, stekla in kovin, zajem biološke frakcije pa je v začetni fazi. Število možnih reciklov je bistveno višje pri reciklaži stekla ali kovine kot pa pri papirju (Vuk, 1997).

Obstaja zgornja meja količine sekundarne surovine, ki jo še lahko vsebuje končni izdelek, višjih procentov pa končni izdelek ne prenese zaradi snovnih ali produkcijskih zahtev. Ta odstotek se glede na vrsto sekundarne surovine in glede na vrsto in namembnost končnega izdelka giblje od nekaj procentov do preko 50%. Za izdelke, ki vsebujejo preko 50% sekundarnih surovin, je na tržišču značilno, da dosega spodnje cenovne razrede, zato so s komercialnega stališča manj zanimivi, vendar pa postajajo bolj moderni predvsem zaradi zavedanja okolja (Vuk, 1997).

Reciklaža je področje ravnanja z odpadki, ki bo v bodoče še pridobivalo na pomenu. Razvite države se sistematično ukvarjajo s področjem reciklaže, saj se zavedajo učinkov, ki ga

neizrabljeni potenciali iz odpadkov lahko povzročijo našemu okolju. Bistveni preobrat bo recikliranje doseglo z naraščanjem cen primarnih virov surovin oziroma pomanjkanjem primarnih virov (Vuk, 1997).

V EU je bilo leta 2003 recikliranih 82,4 milijonov ton komunalnih odpadkov ali 33,9% vseh komunalnih odpadkov, kar pomeni okoli 177 kg/prebivalca, v Sloveniji pa je bilo leta 2003 recikliranih 21.238 ton ali 2,7% vseh komunalnih odpadkov, kar pomeni okoli 11 kg/prebivalca (Waste generated and treated in Europe, 2005).

#### **2.4.2 Sežiganje in sosežiganje odpadkov**

Sežiganje odpadkov se je kot ravnanje s komunalnimi odpadki pojavilo v 19. stoletju in je pomenilo rešitev za izboljšanje higienskih razmer v nastajajočih industrijskih mestih in zmanjšanje volumna odpadkov, bilo je alternativa smetiščem na prostem (Barata, 2002). Razvoj sežigalnic ustreza trenutnemu stanju tehnike. Danes je sežigalnica kompleksen sistem, sežig poteka v strogo kontroliranih pogojih in je podprt z izrabo toplotne energije in s čiščenjem dimnih plinov.

Sežigalnica odpadkov je vsaka namensko zgrajena naprava za toplotno obdelavo odpadkov, če v njej poteka oksidacija odpadkov s kisikom ali drugi postopki toplotne obdelave, če se produkti te obdelave naknadno sežgejo. Kurilna vrednost odpadkov običajno ne zadošča za vzdrževanje potrebne temperature zgorevanja, zato imajo te naprave dodatni energetski vir, nafto ali plin. Peč mora zagotavljati popolno zgorevanje odpadkov, pri zgorevanju pa nastanejo plinasti in trdni ostanki. Plinske emisije se regulirajo s pogoji pri zgorevanju ter s čiščenjem dimnih plinov, pepel se glede na sestavo dodatno obdela in odlaga. Fini delci pepela v dimnih plinih se izločijo z ustreznimi filtri, odpadna voda iz naprav za čiščenje dimnih plinov se očisti na čistilni napravi. Osnovni cilj sežigalnice je odstranitev odpadkov in ne pridobivanje energije ali izdelkov, zato sežiganje odpadkov pomeni odstranitev odpadkov (Pravilnik o ravnanju z odpadki, 1998).

Za sežiganje odpadkov pridejo v poštev praviloma organski odpadki v tekočem ali trdnem agregatnem stanju: odpadki iz uporabe organskih topil, iz proizvodnje in uporabe premaznih

sredstev, odpadki polimerov in gume, komunalni in njim podobni odpadki iz industrije, obrti in storitvenih dejavnosti, odpadki farmacevtske industrije, itd..

Sežigalnico odpadkov imenujemo tudi incinerator. V incineratorjih poteka dvostopenjski sežig odpadkov. V prvi stopnji poteka pirolitično zgoretje in uplinitev odpadkov pri temperaturi 800 °C, v drugi stopnji, pa pri temperaturi 1000 do 1200°C in zadostni količini kisika, poteka dokončna razgraditev plinastega stanja, par.

Po Pravilniku o ravnanju z odpadki iz leta 1998 je uporaba odpadkov kot gorivo dovoljena v primeru, da imajo odpadki kurilno vrednost enako ali večjo kot 11.000 kJ/kg brez mešanja z drugimi snovmi, da so toplotne izgube z dimnimi plini manjše od 25%, da je nastajajočo toplotno energijo možno porabiti, in sicer direktno kot uporabo toplote ali s pretvorbo v električno energijo, in da je za odpadke, ki nastanejo pri sosežigu, zagotovljeno enako ravnanje kot za odpadke iz industrijskih peči ali kotlovnice. Nova Uredba o ravnanju z odpadki iz leta 2008, ki je nadomestila Pravilnik, navedb v tem odstavku več ne opredeljuje.

Pri sosežigu odpadkov gre za energetske izdelave odpadkov, torej je to predelava odpadkov. V napravah za sosežig se odpadki uporabljajo kot običajno ali kot dodatno gorivo. Odpadek se najprej pripravi, tako da se obdelata ali homogenizira ali briketira ali zmelje itd. Naprava za sosežig je lahko namensko zgrajen objekt, kjer so odpadki edino gorivo, ali pa je običajna industrijska naprava, kot je rotacijska peč v cementarni ali kotlovnica, kjer so odpadki le delni energetski vir.

Kot gorivo se največ uporabljajo odpadna olja, odpadki iz uporabe organskih topil, odpadki pri predelavi in čiščenju zemeljskega plina in nafte, odpadki iz proizvodnje in uporabe premaznih sredstev, odpadki umetnih mas in gume, komunalni in njim podobni odpadki iz industrije, obrti in storitvenih dejavnosti, itd.

Najpomembnejše pri sežigu in sosežigu odpadkov je preprečevanje emisij v zrak. Ob učinkovitem zgorevanju brez saj, ogljikovega monoksida, prehlapelih sestavin, je potrebno pozornost posvetiti predvsem žveplovim in dušikovim oksidom, amoniaku, spojinam halogenov (klorovodik, dioksini, furani) ter hlapnim kovinam (živo srebro). Sežigalnice



morajo imeti možnost odlaganja žlindre oziroma pepela in odpadkov iz čiščenja dimnih plinov.

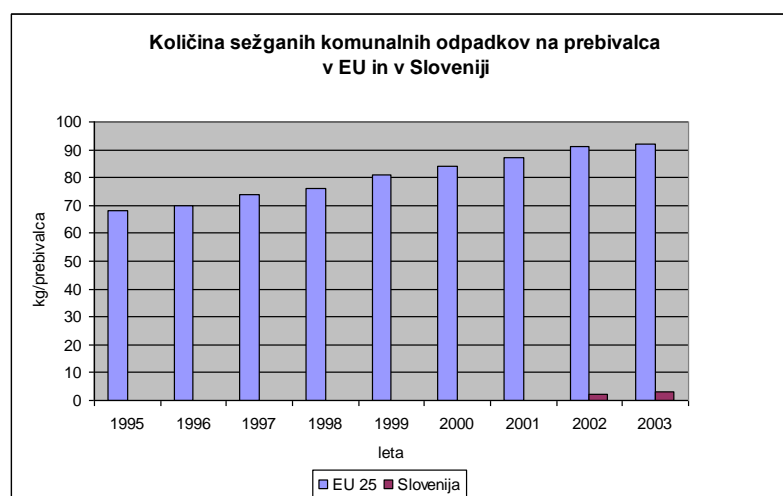
Moderna sežigalnica za sosežig je učinkovit sežigalni sistem z visoko razvitim čiščenjem dimnih plinov, ki proizvaja energijo in zmanjšuje odpadke na inertne ostanke, ki imajo minimalen vpliv na okolje. Sežigalnice se lahko delijo po različnih kriterijih; na primer po njihovi kapaciteti, po vrstah odpadkov, ki se sežigajo v njih, po tipih itd. Splošno jih delimo na velike sežigalnice, »*mass burn incineration*«, za veliko količino predvsem komunalnih odpadkov, kapacitete med 10 in 50 ton na uro, ter na ostale tipe sežigalnic s kapaciteto med 1 in 2 tonama na uro, predvsem medicinskih odpadkov, blata čistilnih naprav ali nevarnih odpadkov (Williams, 2005).

Za sežig komunalnih odpadkov se največ uporabljajo kurišča z gibljivo rešetko in etažne peči, v cementni peči se sežigajo gume, odpadno olje in kostna moka, v kurišču na fluidiziran sloj se sežiga blato čistilnih naprav, v opekarski peči galvanski mulji, tekoči odpadki pa se sežejo s sežigom na šobi.

V Sloveniji je bilo leta 2001 sežganih 14.000 ton odpadkov, kot gorivo pa je bilo uporabljenih 17.000 ton odpadkov (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003). Sežigalnice komunalnih odpadkov v Sloveniji nimamo.

V 25-ih državah članicah EU je bilo leta 2002 sežganih 41,1 milijonov ton komunalnih odpadkov oziroma 91 kg/prebivalca, v letu 2003 pa je bilo sežganih 92 kg komunalnih odpadkov/prebivalca.

Na grafikonu 9 je prikazana količina sežganih komunalnih odpadkov na prebivalca v EU od leta 1995 do 2003 iz katerega je razvidno, da je količina v nenehnem porastu. V Sloveniji je bilo leta 2002 in 2003 5.000 ton komunalnih odpadkov energetskega izvora, torej sežganih kot gorivo, kar je 2 oziroma 3 kg/prebivalca. (Waste generated and treated in Europe, 2005).



Grafikon 9: Količina sežganih komunalnih odpadkov na prebivalca v EU in v Sloveniji od leta 1995 do leta 2003

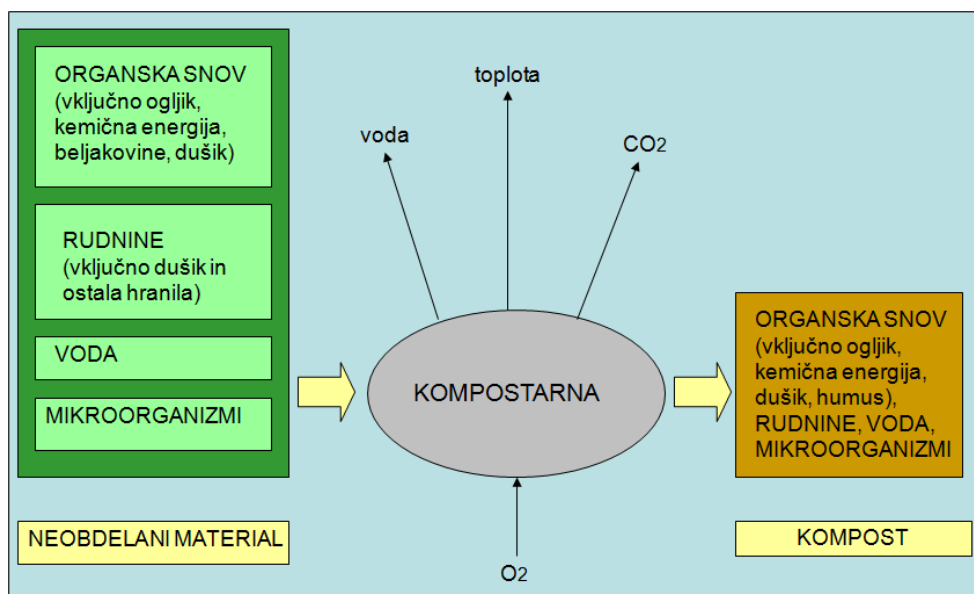
Graph 9: The amount of incinerated municipal waste per inhabitant in EU and in Slovenia in the period 1995-2003

### 2.4.3 Kompostiranje odpadkov

Kompostiranje je ena izmed najbolj okoljevarstvenih dejavnosti moderne družbe. Do 39% odpadkov, ki jih zavrže povprečno gospodinjstvo, bi lahko mirne duše vrgli na kompostni kup. Zmanjšana količina odpadkov pa pomeni daljšo življenjsko dobo odlagališč in primernejše gospodarjenje z okoljem celotne skupnosti (Kompostirajmo doma, 2003).

Kompostiranje je aerobna biološka razgradnja biološko razgradljivih organskih odpadkov, kot so kuhinjski odpadki in odpadki z vrtov. Kompostiranje je relativno hiter biološko razgradljiv proces. Da se doseže stabiliziran produkt, traja okoli 4 do 6 tednov. Kompostiranje se izvaja s kompostiranjem manjših količin odpadkov, to je tako imenovano »kompostiranje lastnih odpadkov na lastnem vrtu«, in s kompostiranjem zbranih večjih količin bioloških odpadkov v kompostarni. Produkt kompostiranja je stabilizirani kompost, ki se dodaja zemlji za izboljšanje njenih lastnosti, posebno glineni zemljini, uporablja se kot gnojilo in podobno (Williams, 2005).

Na sliki 4 je prikaz proces kompostiranja. Ogljika, kemične energije, beljakovin in vode v kompostu je manj kot v surovem, neobdelanem materialu, kompost vsebuje več humusa. Volumen komposta je 50 ali manj procentov volumna surovega materiala (Decision-Makers Guide...,1995).



Slika 4: Proces kompostiranja

Figure 4: The process of composting

Kompostiranje pomeni izločitev velike količine organskih biološko razgradljivih odpadkov iz komunalnih odpadkov, ki končajo na odlagališčih. Po zahtevah Direktive o odlaganju odpadkov iz leta 1999 naj bi se količina odloženih biološko razgradljivih odpadkov zmanjšala do leta 2006 na 75%, do leta 2009 na 50% in do leta 2016 na 35% količine, ki je bila odložena leta 1995. Z manjšo količino odloženih biološko razgradljivih odpadkov se bo zmanjšala biološka razgradnja na odlagališčih in nastalo bo manj odlagališčnega plina ter ogljikovega dioksida in metana, ki sta toplogredna plina (Williams, 2005).

Sprejemljivost komposta na trgu je odvisna od cene, kvalitete komposta in garancij, da kompost ne vsebuje težkih kovin, stekla in ostalih inertnih materialov, prav tako pa tudi ne rastlinskih in živalskih patogenih organizmov (Williams, 2005).

V komunalnih odpadkih je v evropskih državah od 66% do več kot 90% odpadkov, ki jih lahko okarakteriziramo kot biološko razgradljive odpadke. Sem štejemo hrano, odpadke z vrtov, papir, karton, les, tekstil in ostalo, ker ima potencial za kompostiranje. Kompostiranje v

kompostarnah postaja alternativa odlaganju in sežiganju komunalnih odpadkov (Williams, 2005).

Zbiranje biološko razgradljivih odpadkov zajema zbiranje ločenih bioloških odpadkov iz gospodinjstev in zbiranje odpadkov iz parkov. Odpadki iz gospodinjstev zahtevajo pred kompostiranjem izločitev slabo ločenih odpadkov, odpadke iz vrtov pa je potrebno le zmleti. Mešane komunalne odpadke je potrebno pred kompostiranjem presortirati, odstraniti odpadke, ki jih je možno reciklirati v drugih napravah, odstraniti inertni material kot so: steklo, kovine, nekovine itd. in jih zmleti, zdrobiti z drobilnikom ter homogenizirati (Williams, 2005).

Ker je kompostiranje aerobni postopek, je povezano z obilno preskrbo s kisikom. Pravilno zračenje zahteva vzdrževanje aerobnih pogojev. Kompostiranje lahko razdelimo na tri stabilizacijske faze:

- V prvi fazi, ki traja od 2 do 5 tednov, poteka razkroj ogljikovih hidratov in aminokislin, zato se v tej fazi volumen zmanjša do 50%. Ob sproščanju toplote naraste temperatura od 32 do 65°C, kar pomeni higienizacijo kompostirajoče mase, propad semena rastlin in bolezenskih klic. Po koncu te faze, ki jo imenujemo termofilna faza, dobimo surovi kompost.
- Druga faza predstavlja fazo presnove in traja od 4 do 17 tednov. V tej fazi, ki se imenuje mezofilna faza, temperatura pada in se ustali med 40 do 45°C. Začne se glavni razkroj, kjer je v ospredju razgradnja težko presnovljivih komponent, kot sta celuloza in beljakovine. Po tej fazi dobimo sveži kompost.
- V tretji fazi, to je fazi ohlajanja in zorenja, je temperatura 10°C in traja od 10 do celo 50 tednov. Ta faza predstavlja sintezo novih huminskih snovi. V kompost se naselijo deževniki in druga mikrofavna, ki ga obrača. Po koncu te faze dobimo zreli kompost (Vuk, 1998).

Glavni faktorji, ki vplivajo na kompostiranje, so:

- ustrezen kisik, za vzdrževanje aerobnih pogojev: v kompostu je priporočen minimalni kisik 18%

- temperatura: največ aktivnosti mikroorganizmov se opaža pri temperaturi 30 do 35°C
- vsebnost vlage: če je vlaga pod 40%, se bio razgradnja zelo zmanjša, visoka vlažnost pa lahko povzroči anaerobne pogoje
- pH vrednost odpadkov: pri optimalnem kompostiranju je pH vrednost med 5,5 in 8, saj bakterijam odgovarja pH okoli nevtralnega
- razmerje med ogljikom in dušikom, C:N, v odpadkih: optimalno razmerje v odpadkih na začetku kompostiranja je 25. Nižje razmerje zmanjša stopnjo razgradnje, višje pa povzroči izgubo dušika. Organska frakcija komunalnih odpadkov ima razmerje med 26 in 45, blato čistilnih naprav pa med 7 in 12
- velikost odpadkov: mletje, drobljenje odpadkov na začetku poveča njihovo površino in s tem stopnjo kompostiranja (Williams, 2005).

Na sliki 5 je prikazan primer kompostiranja v trikotnih kupih na prostem, na sliki 6 pa primer kompostiranja v zaprtem prostoru, tunelu, kjer se kontrolirajo pogoji kompostiranja.



Slika 5: Kompostiranje v kupih na prostem  
Figure 5: The composting in piles (outdoors)



Slika 6: Tunelski kompostirnik  
Figure 6: The tunnel composter

Ločimo kompostiranje v trikotnih kupih (piramidah) oziroma vrstah na prostem, kjer traja proces do nastanka komposta od 12 do 14 tednov, in kompostiranje v napravah: kontejnerski, bobnasti, stolpni, tunelski kompostirnik in ostali. Pri kompostiranju v kontejnerjih traja proces razgradnje 7 do 14 dni, pri kompostiranju v horizontalnem bobnu, ki se stalno ali občasno vrti, pa le 24 do 36 ur. Pri stolpnem kompostirniku, ki je sestavljen iz več etažnih celic, traja proces 1 do 2 dni. Poznamo tudi postopek brikollare, kjer se kompostni material komprimira v

stiskance, postopek pa traja 3 do 4 tedne. Uveljavljata se tudi orgaver postopek, kjer vertikalni polž zagotavlja mešanje po vertikali in kompostiranje v obliki blazine, kjer se izmenično vnašajo plasti biološke in zelene biomase (Panjan, 2005).

V EU je bilo leta 2002 kompostiranih 30,4 milijonov ton komunalnih odpadkov oziroma okoli 67 kg/prebivalca, v Sloveniji pa 11.000 ton oziroma okoli 6 kg/prebivalca (Waste generated and treated in Europe, 2005).

#### **2.4.4 Odlaganje odpadkov**

Odlagališče odpadkov je naprava ali več naprav za trajno odlaganje odpadkov na površino tal ali pod njo, odlagališče pa je tudi naprava, kjer se odpadki skladiščijo več kot eno leto pred oddajo v odstranjevanje ali več kot tri leta pred oddajo v predelavo. Glede na vrsto odpadkov ločimo odlagališča za nevarne, nenevarne in inertne odpadke (Uredba o odlaganju ..., 2006). Odlagališče nenevarnih odpadkov prispeva k onesnaževanju okolja in lahko vpliva na okolje prvenstveno na dva načina: z emisijo toplogrednih plinov v zrak in z emisijo izcednih vod z odlagališča v podzemne vode. Emisija toplogrednih plinov, še posebej metana, z odlagališč odpadkov je glavni izvor onesnaženja zraka s področja ravnanja z odpadki. Ena tona biorazgradljivih odpadkov proizvede med 200 in 400 Nm<sup>3</sup> toplogrednih plinov, od tega je ena polovica metana. V splošnem je v toplogrednih plinih 6% metana (Grilc, 2004).

Varno odložitev na urejenih odlagališčih naj bi v Sloveniji zagotovilo sprejetje Pravilnika o odlaganju odpadkov leta 2000, ki določa obvezna ravnanja in druge pogoje za odlaganje odpadkov ter pogoje in ukrepe v zvezi z načrtovanjem, gradnjo, obratovanjem in zapiranjem odlagališč odpadkov ter po njihovem zaprtju. Leta 2006 je ta pravilnik prenehal veljati, nadomestila pa ga je Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih, ki skupaj z Direktivo sveta o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 1999 določa tudi mejne vrednosti emisij v okolje zaradi odlaganja odpadkov. Namen vseh ravnanj po tej Uredbi je, da se v celotnem trajanju odlagališča zmanjšajo učinki škodljivih snovi na okolje, zlasti na površinske in podzemne vode, tla in zraka ter da se zmanjšajo emisije toplogrednih plinov in preprečijo tveganja za zdravje ljudi.

Pregled stanja na področju ravnanja z odpadki kaže, da je odlaganje odpadkov na bolj ali manj urejena odlagališča splošno uveljavljen način ravnanja z odpadki v Sloveniji. V letu 2001 je bilo v Sloveniji evidentiranih 51 aktivnih odlagališč komunalnih oziroma nenevarnih odpadkov, do konca leta 2003 pa naj bi se jih zaprlo 21. Predvideva se, da bo po koncu leta 2008 aktivnih 17 odlagališč komunalnih odpadkov (Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002, 2003).

Na sliki 7 je prikazana odlagalna površina, pripravljena za odlaganje na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani, ki je bila zgrajena leta 2002 v skladu s Pravilnikom o odlaganju odpadkov iz leta 2000, na sliki 8 pa stroj kompaktor, ki razgrinja in komprimira pripeljane in odložene odpadke na tem odlagališču.



Slika 7: Nova odlagalna površina  
Figure 7: The new landfilling area



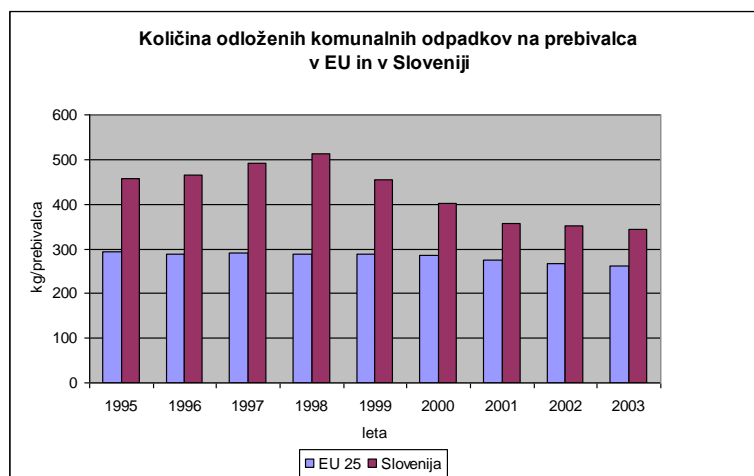
Slika 8: Kompaktor  
Figure 8: The compactor

V 25-ih državah članicah EU je bilo leta 2002 odloženih 120,8 milijonov ton komunalnih odpadkov oziroma 267 kg/prebivalca, v letu 2003 pa je bilo odloženih 261 kg komunalnih odpadkov/prebivalca. Na grafikonu 9 je prikazana količina odloženih komunalnih odpadkov na prebivalca v EU od leta 1995 do leta 2003, iz katerega je razvidno, da količina rahlo upada. V Sloveniji je bilo leta 2002 699.000 ton komunalnih odpadkov odloženih na odlagališča, kar je 351 kg/prebivalca, za leto 2003 pa je ocenjeno, da je odloženih 344 kg/prebivalca. Iz grafikona 10 je razvidno, da se je trend zmanjševanja odlaganja komunalnih odpadkov v

Sloveniji začel po letu 1998, torej po sprejetju Pravilnika o ravnanju z odpadki (Waste generated and treated in Europe, 2005).

Na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani je bilo v letu 2003 odloženih 167.889 ton nenevarnih odpadkov, od tega 167.889 ton komunalnih odpadkov, kar je 372 kg/prebivalca.

Količina odloženih odpadkov naj bi se do leta 2010 zmanjšala za 60% glede na količino odloženo leta 1995. V Sloveniji naj bi se dosegel največji učinek zmanjševanja količine odloženih komunalnih odpadkov z izločanjem biorazgradljivih odpadkov in z njihovo predelavo. V letu 1995 je bilo v komunalnih odpadkih 47% biorazgradljivih odpadkov, cilj pa je postopno zmanjševanje njihovega deleža po približno 5% na leto, tako da bi jih v obdobju od leta 2013 do leta 2015 ostalo v skupni količini komunalnih odpadkov le še 16%.



Grafikon 10: Količina odloženih komunalnih odpadkov v EU in v Sloveniji

Graph 10: The amount of landfilled municipal waste in Eu and in Slovenia

#### 2.4.5 Mehansko-biološka obdelava odpadkov

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališča iz leta 2006 je mehansko-biološko obdelavo odpadkov definirala kot obdelavo mešanih komunalnih odpadkov s kombinacijo mehanskih in bioloških postopkov obdelave. Namen mehanskih postopkov ravnanja z odpadki je izločiti iz odpadkov izbrane snovi, ki so neprimerne za nadaljnjo biološko obdelavo (a potencialno



uporabne), ter izboljšanje biološke razgradljivosti preostalih odpadkov s povečanjem njihove primernosti za biološko razgradnjo in homogenosti. Namen bioloških postopkov ravnanja z odpadki je razgraditi organske snovi v odpadkih z aerobnimi (kompostiranje) in anaerobnimi metodami z naknadno aerobno obdelavo. Mehansko-biološka obdelava odpadkov povzroči znatno zmanjšanje biološko razgradljivih snovi v odpadkih, prostornine odpadkov, vsebnost vode v njih, zmožnost nastajanja odlagališčnih plinov ter bistveno izboljša lastnosti izlužka in stabilnost odloženih odpadkov.

Mehansko-biološka obdelava kot obdelava odpadkov s kombinacijo mehanskih in bioloških postopkov obdelave bo natančneje opisana v poglavju 6 tega magistrskega dela, zato je na tem mestu ne opisujemo bolj natančno. Prav tako bo v poglavju 6 natančneje opisana anaerobna fermentacija kot metoda biološke obdelave PMKO (preostali mešani komunalni odpadki).

### **3 STRATEŠKE USMERITVE IN CILJI RAVNANJA Z ODPADKI**

#### **3.1 Načela trajnostnega razvoja**

Ekonomskega in družbenega razvoja ne more biti brez okoljskega premisleka. Slednji je tisti, ki postavlja omejitve, ki jih razvoj ne sme preseči, ker bi bil ogrožen naš razvoj. Medsebojna odvisnost in pogojenost se kažeta v trajnostnem razvoju, ki zahteva enakopravno obravnavanje okolja z ekonomsko in socialno dimenzijo. Če želimo resnično slediti uresničevanju TR (trajnostnega razvoja), mora biti v komunikacijski proces in proces odločanja vključena tudi javnost, ki je bila v času nastanka največjih okoljskih problemov iz tega procesa izključena. Le široka participacija javnosti zagotavlja, da so predstavljene potrebe vseh segmentov družbe, prihodnjih generacij in žive ter nežive narave (Bahor, 2005).

TR lahko definiramo tudi kot razvoj, ki uravnoteženo upošteva ekonomsko, socialno in okoljsko sestavino razvoja in je namenjen doseganju dialoga s civilno družbo o vseh temeljnih razvojnih vprašanjih (Svet za trajnostni razvoj RS, 2008).

V šestdesetih letih dvajsetega stoletja, ko so se kot posledica povečanega onesnaževanja okolja na političnem redu pojavila okoljska vprašanja, so vlade večinoma prevzele tehnokratski pogled nanje. Okoljska vprašanja so bila obravnavana kot neizogibni stranski produkt ekonomske rasti. Poudarjeno je bilo reševanje posledic namesto vzrokov. Tak pogled na reševanje okoljskih vprašanj je tradicionalni politični pogled. Okolje je bilo obravnavano enako kot druga politična področja, v okolju ni bila prepoznana medsebojna odvisnost v odnosu med političnimi, ekonomskimi, družbenimi in kulturnimi sistemi. Namesto takega prepoznanja so bila ustanovljena okoljska ministrstva, agencije in druge institucije, ki so se ukvarjale samo z okoljskimi vprašanji. Okolje se je obravnavalo kot nepovezano, ločeno politično področje. Največkrat uporabljeni politični mehanizem so bile administrativne uredbe. Vedno je bilo vprašanje varstvo okolja ali ekonomska rast in ekonomska rast je praviloma imela prednost. Takšen pristop ne omogoča učinkovitega dolgoročnega reševanja okoljskih problemov, zato se je v osemdesetih letih dvajsetega stoletja s premišljevanjem o razvoju in napredku pojavil trajnostni razvoj kot izziv obstoječemu tradicionalnemu

političnemu pogledu, ki pa še vedno ostaja močno zasidran in se upira spremembam (Carter, 2001, cit. po Bahor, 2005).

Termin TR je prvič prišel v ospredje leta 1980 v Strategiji ohranitve sveta (World Conservation Strategy). V tej strategiji je koncept TR utemeljen na prepričanju, da sta ohranitev in razvoj medsebojno odvisna in si ne stojita nasproti, še vedno pa je prisotna moralna drža okoljskega premišljevanja šestdesetih let (Reid, 1995, cit. po Bahor, 2005).

TR je dobil širši družbeni in politični pomen šele leta 1987 s poročilom Naša skupna prihodnost (Our common Future), bolj znanim kot Brundtlandino poročilo. Najpogosteje uporabljena in najširše sprejeta definicija trajnostnega razvoja je zapisana prav v Brundtlandinem poročilu in pravi, da je »TR razvoj, ki zadošča današnjim potrebam, ne da bi pri tem ogrožal možnost prihodnjih generacij, da zadostijo svojim potrebam« (WCED, 1987, cit. po Bahor, 2005).

Leta 1991 je bil izdan drugi večji politični dokument z naslovom Skrb za zemljo (Caring for the Earth), ki je preusmeril pozornost od ohranjanja k življenju po načelu trajnosti. Izboljšanje kvalitete življenja je več kot zgolj materialna blaginja in se meri z nekaterimi drugimi cilji, kot so: dolgo, zdravo življenje, izobrazba, dostop do virov za spodoben življenjski standard, politična svoboda, zajamčene človekove pravice in nenasilje. Ko je to zagotovljeno, lahko rečemo, da je razvoj izboljšal naša življenja (Reid, 1995, cit. po Bahor, 2005).

Načela TR-a so dobila zelo pomembno podporo na srečanju na vrhu v Riu de Janeiru leta 1992, ki je potekalo med Konferenco Združenih narodov o okolju in razvoju. TR je na tem srečanju dobil potrditev v akcijskem načrtu za TR, dokumentu Agenda 21, ki odseva močno partnerstvo za TR. Dokument zajema širok spekter okoljskih in razvojnih tematik z namenom pripraviti strategijo za implementacijo trajnostnega razvoja povsod po svetu. Agenda 21 je najbolj aktualen dokument za doseganje trajnostnega razvoja na svetu (Hempel, 1996, cit. po Bahor, 2002).

V devetdesetih letih dvajsetega stoletja je večina industrijsko razvitih držav objavila nacionalne strategije trajnostnega razvoja. Slovenija še ni izdala posebne strategije za

trajnostni razvoj, vendar v letu 2005 sprejeta Strategija razvoja Slovenije ustreza merilom strategije trajnostnega razvoja.

Posameznik kot del javnosti se pojavlja v treh nasprotujočih si vlogah, in sicer kot skrbnik kakovosti okolja, zdravja in kakovosti življenja prihodnjih generacij, kot neposredni onesnaževalec in proizvajalec odpadkov in kot potrošnik dobrin in storitev. Odgovornost za nastale odpadke je porazdeljena, takšna pa je tudi zavezanost k pokrivanju stroškov.

### **3.2 Strateške usmeritve in cilji trajnostnega ravnanja z odpadki v Evropski uniji**

Evropska unija ima svoje poreklo v evropski gospodarski skupnosti, ki je bila ustanovljena leta 1958. Vodstvo Evropske unije predstavljajo štiri institucije in sicer Evropska komisija (The European Commission), Svet Evropske unije (The Council of the European Union), Evropski parlament (The European Parliament) in Evropsko sodišče (The European Court of Justice). V zakonodaji EU ločimo primarno in sekundarno zakonodajo ter sodbe Evropskega sodišča. V primarno zakonodajo spadajo glavne listine in pogodbe, ki so dosežene z direktnimi pogajanjimi vlad članic EU, na primer Maastrichtska pogodba. Sekundarno zakonodajo, ki ima osnovo v primarni zakonodaji, predstavljajo direktive, uredbe in sklepi. Deli zakonodaje se nanašajo tudi na zaščito in izboljšanje kakovosti okolja, bolj natančna politična stališča v odnosu do okolja pa izhajajo iz okoljskih akcijskih programov. Do sedaj jih je bilo šest. Prvi okoljski akcijski program od leta 1973 do 1976 je opredelil odpadke kot popravljiv problem, ki ga je možno zmanjšati s kontrolo na lokalni ravni. Drugi okoljski akcijski program od leta 1977 do 1981 in tretji okoljski program od leta 1982 do 1986 sta poudarjala potrebo po preprečevanju nastajanja odpadkov, reciklaži, ponovni uporabi in končnem odstranjevanju na okolju varen način. Četrty okoljski akcijski program od leta 1987 do 1992 je poudarjal potrebo po uvajanju aktivnosti za zmanjšanje odpadkov in čiste tehnologije proizvodnje. Prav tako je ta program poudarjal hierarhično ravnanje z odpadki, ki so ga navajali že prvi trije programi. V času trajanja četrtega akcijskega programa je bila sprejeta Strategija ravnanja z odpadki v EU (*The Community Strategy for Waste Management, SEC (89) 934 Final*), ki je točno določila vrstni red ravnanja z odpadki in ga določila kot dolgoročno strategijo za EU. Peti program od leta 1993 do 2000 in šesti program od leta 2001

do 2010 sta poudarila trajnostni razvoj, šesti še posebej trajnostno ravnanje z naravnimi viri in odpadki (Williams, 2005).

Izvajanje leta 1989 sprejete strategije ravnanja z odpadki je EU torej okrepila s petim okoljskim akcijskim programom z naslovom »Korak k trajnosti (*Towards Sustainability*)« in leta 2001 s šestim akcijskim okoljskim programom z naslovom »Naša prihodnost, naša izbira (*Our Future, Our Choice*)«.

Strategija ravnanja z odpadki in peti okoljski akcijski program sta bila v Evropski uniji osnova za sprejem dveh okvirnih direktiv: Direktive o odpadkih in Direktive o nevarnih odpadkih. Potem je Evropska unija sprejemala direktive, s katerimi je poskusila urediti posebne vrste odpadkov in načine odstranjevanja odpadkov. Direktive se sprejemajo s soglasjem vseh članic Evropske unije, tako da so vse direktive ravnanja z odpadki dejansko minimalni standard. Vsaka članica ima možnost, da glede na lastna pričakovanja, ocene in odločitve sprejme ostrejšje predpise ali standarde (Keuc, 2002a).

Strategija je določila hierarhijo ravnanja oziroma gospodarjenja z odpadki, in sicer od preprečevanja odpadkov s čisto in preizkušeno tehnologijo do ponovne uporabe in reciklaže odpadkov in do optimalnega odstranjevanja odpadkov. Predlagala je tudi, da se odpadki predelajo ali odstranijo čim bližje njihovem nastanku.

Vrstni red ravnanja z odpadki, določen s Strategijo ravnanja z odpadki v EU iz leta 1989, je:

1. Zmanjšanje oziroma preprečevanje nastajanja odpadkov
2. Ponovna uporaba odpadka
3. Recikliranje, ki ga pojmuje kot snovno izrabo odpadkov
4. Energetska izraba odpadkov
5. Odlaganje, ki mora biti kontrolirano in na tak način, da ni ogroženo zdravje ljudi in da ni ogrožena varnost okolja (Williams, 2005).

Evropska unija si je leta 1993 v petem okoljskem akcijskem programu z naslovom »Korak k trajnosti« do leta 2000 zastavila naslednje konkretne cilje:

- izdelava programov ravnanja z odpadki v vseh državah članicah

- ustalitev količine odpadkov na povprečju 300 kg/prebivalca na leto, recikliranje papirja, stekla, plastike do vsaj 50%
- ureditev infrastrukture za varno zbiranje, ločevanje in končno oskrbo odpadkov
- recikliranje oziroma vnovična uporaba izrabljenih izdelkov
- ureditev evropskega trga reciklabilnih materialov ter
- zmanjšanje emisij dioksinov za 90% do leta 2005 v primerjavi z letom 1985 (Keuc, 2002a).

V letu 2001 je bil v šestem okoljskem programu z naslovom »Naša prihodnost, naša izbira« dan poseben poudarek predvsem na preprečevanje nastajanja odpadkov, zato sta bila zastavljena dva konkretna cilja:

- zmanjšanje količin odpadkov, namenjenih na odlagališče za 20% do leta 2010, v primerjavi z letom 2000, s perspektivo 50% zmanjšanja do leta 2050
- zmanjšanje količin nastalih nevarnih odpadkov za 20% do leta 2010, v primerjavi z letom 2000, in za 50% do leta 2020.

Cilj nove politike je predvsem pretrgati povezavo med gospodarsko rastjo in rastjo odpadkov (Keuc, 2002a).

S šestim okoljskim programom so bile postavljene zahteve Evropski komisiji, da do leta 2012 pripravi tematske strategije, ki bodo pokrivala sedem različnih področij. V letu 2005 so bile sprejete štiri tematske strategije, ki se nanašajo na onesnaževanja zraka, preprečevanje in recikliranje odpadkov, zaščito morskega okolja in trajnostno rabo naravnih virov. V letu 2006 so bile sprejete še preostale tri strategije, ki se nanašajo na zemljo, trajnostno rabo pesticidov in urbano okolje.

Osnovna naloga, ki izhaja iz strateških ciljev in predvidenih aktivnosti v Evropski uniji, je ustavitev naraščanja količine odpadkov kot tudi zmanjševanje tveganja za okolje. Izraba snovne in energetske vrednosti odpadkov dobivata v zadnjem obdobju enako veljavo, zlasti zaradi zahtevne organizacije in visokih stroškov zbiranja in ločevanja odpadkov ter problema zagotavljanja trga za reciklirane izdelke.

### 3.3 Strateške usmeritve in cilji ravnanja z odpadki v Sloveniji

Prednostne naloge okoljske politike Slovenije, med katere je uvrščena tudi uveljavitev sodobnih oblik ravnanja z odpadki, so opredeljene v Državnem programu za prevzem pravnega reda Evropske unije in v Nacionalnem programu varstva okolja, ki je bil sprejet v državnem zboru oktobra leta 1999. Nacionalni program varstva okolja povzema Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki, ki so bile pripravljene že v avgustu leta 1996 in se naslanja na Zakon o varstvu okolja iz leta 1993.

Z začetkom približevanja Evropski uniji smo tudi v Sloveniji začeli prevzemati evropski pravni red na področju odpadkov. Vlada in Ministrstvo za okolje in prostor sta se odločila za prevzemanje pravnih rešitev iz Evropske unije in prilagajanje naše zakonodaje. Splošna predpisa o ravnanju z odpadki sta Zakon o varstvu okolja in Uredba o ravnanju z odpadki, potem pa sledijo predpisi o posameznih vrstah odpadkov, predpisi o odstranjevanju odpadkov in predpisi o monitoringu emisij iz posameznih načinov odstranjevanja odpadkov.

Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki iz leta 1996 so bile pripravljene z upoštevanjem Strategije ravnanja z odpadki v EU in petega okoljskega akcijskega programa. Spodaj opisana temeljna načela iz Strateških usmeritev Republike Slovenije za ravnanje z odpadki pomenijo prenos temeljnih strateških načel Evropske unije v slovenski prostor:

- Načelo reševanja problematike odpadkov na izvoru opredeljuje odgovornost imetnika odpadkov, da zbira in evidentira količine posameznih vrst odpadkov in da odpadke oskrbi na predpisan način. Imetnik odpadka je zanj odgovoren ves njegov življenjski cikel.
- Načelo preventive pomeni uvajanje ukrepov za preprečevanje nastajanja odpadkov v proizvodnji in potrošnji.
- Ločen zajem snovnih tokov odpadkov pomeni ločevanje nastalih odpadkov na izvoru, kar omogoča izbiro in gradnjo lastnega sistema za vsako vrsto odpadka ter spodbuja dojetanje odpadkov kot problem vsakega posameznika, samoiniciativnost za zmanjšanje količine odpadkov in uvajanje urejenega ravnanja.
- Načelo vračanja naravi pomeni vračanje nepredelane ali delno predelane odpadne

biomase v tla kot prednostni način oskrbe odpadkov iz kmetijstva, gozdarstva, pa tudi komunalnih odpadkov. Del odpadne biomase, ki je ni mogoče uporabiti v biološkem ciklusu kmetijske proizvodnje, pri rekultivaciji razvrednotenih tal, brežin avtocest ali pri rekultivaciji odlagališč, se izrabi za pridobivanje energije.

- Racionalnost mreže objektov in naprav za ravnanje z odpadki zagotavlja potrebne faze ravnanja z odpadki ob upoštevanju ekonomičnosti obdelave, načel bližine in samozadostnosti ter visokih okoljevarstvenih standardov.
- Racionalnost gospodarjenja s prostorom in varovanje naravne in kulturne dediščine: majhen slovenski prostor je nacionalna vrednota in temelj družbenega razvoja, zato so za ravnanje z odpadki smiselne samo rešitve, ki na celotnem prostoru čim manj posegajo v naravni in življenjski prostor, ohranjajo in varujejo naravno in kulturno dediščino ter kultivirana zemljišča in gozdove in upoštevajo slovenski prostor kot celoto, kar bo tudi izoblikovalo njegovo realno ceno. Za postavitev objektov in naprav za vse stopnje ravnanja z odpadki je potrebno izkoristiti dolgoročno perspektivne lokacije ob upoštevanju omejitev nacionalnega in lokalnega pomena in pa lokacije, kjer že danes poteka takšna ali sorodna dejavnost.
- Inertizacija odloženih odpadkov ter saniranje neurejenih odlagališč in starih bremen pomeni, da je potrebno odpadke, katerih snovne ali energetske vrednosti ni mogoče več izrabiti, pred odlaganjem obdelati tako, da zasedejo čim manjšo odlagalno prostornino, da so škodljive in nevarne snovi čim manj mobilne in da pomenijo odloženi odpadki čim manjše okoljsko breme za prihodnje generacije. Neurejena odlagališča in druga stara bremena so hipoteka preteklosti, njihovo saniranje pa znatno prispeva k zmanjšanju vplivov na okolje.

Nacionalni program varstva okolja iz leta 1999 je zgoraj opisana načela samo potrdil.

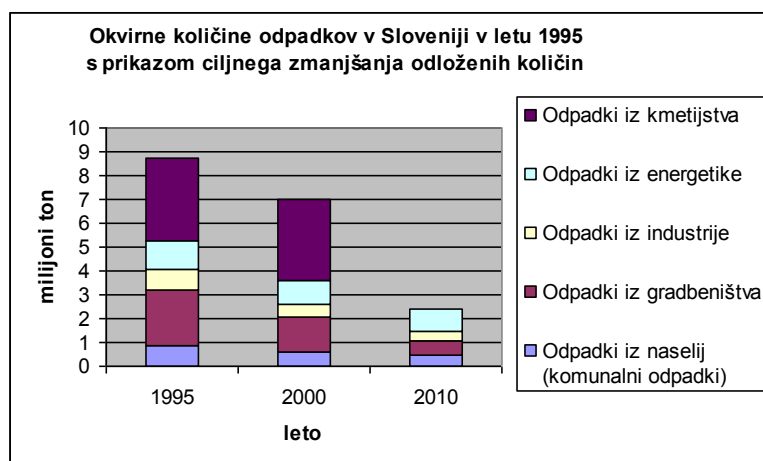
V Strateških usmeritvah Republike Slovenije za ravnanje z odpadki so bili zastavljeni globalni cilji pri ravnanju z odpadki, ki jih je povzel tudi Nacionalni program varstva okolja iz leta 1999:

- zmanjšanje nastajanja odpadkov in njihovega nevarnostnega potenciala na izvoru



- povečanje snovne in energetske izrabe odpadkov ter zmanjševanje emisij toplogrednih plinov
- ureditev učinkovitega sistema ravnanja z odpadki
- postopna odprava starih bremen.

V Strateških usmeritvah Republike Slovenije za ravnanje z odpadki so bili zastavljeni tudi kvantitativni cilji pri ravnanju z odpadki do leta 2000 in do leta 2010, in sicer so bile postavljene okvirne ciljne vrednosti zmanjševanja količin odpadkov iz naselij, iz industrije in energetike, iz gradbeništva ter iz kmetijstva glede na leto 1995, ki so razvidne iz grafikona 11.



Grafikon 11: Okvirne količine odpadkov v letu 1995 in okvirne ciljne vrednosti

Graph 11: The skeleton amounts of waste in 1995 and skeleton final values

Do leta 2000 naj bi dosegli zmanjšanje odloženih količin odpadkov za 30 - 45%, kar je bil eden izmed glavnih ciljev. K temu naj bi po predvidevanjih Strateških usmeritev Republike Slovenije za ravnanje z odpadki največ pripomogli:

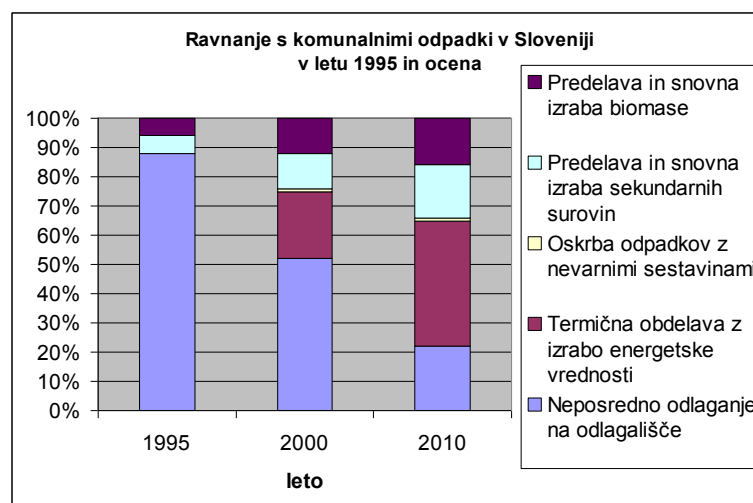
- ločen zajem bioloških in zelenih odpadkov in njihova predelava: zmanjšanje celotne količine trdnih odpadkov iz naselij in njim podobnih iz gospodarstva in obrti za 10 - 15%
- ločen zajem odpadnega papirja in njegova snovna izraba v predelovalnih zmogljivostih: zmanjšanje celotne količine trdnih odpadkov iz naselij in njim podobnih iz gospodarstva in obrti za 5 - 7%

- ločen zajem odpadnega stekla in njegova snovna izraba: zmanjšanje celotne količine trdnih odpadkov iz naselij in njim podobnih iz gospodarstva in obrti za 3 - 5%
- povečana uporaba vračljive steklene embalaže
- ločen zajem plastične embalaže, zlasti za pijače
- ločen zajem, prehodno skladiščenje in v začetni stopnji vsaj delna demontaža kosovnih odpadkov in odpadnih avtomobilov
- ponovna uporaba gradbenih odpadkov na mestu nastanka - zmanjšanje celotne količine gradbenih odpadkov za 30 - 40%
- zmanjšanje odpadkov iz industrije s prestrukturiranjem snovno potratnejše proizvodnje: zmanjšanje celotne količine teh odpadkov za 40 - 50%
- zmanjšanje količin gnojevke in gnojnice iz velikih farm in časovno urejanje njihove uporabe na kmetijskih površinah
- dograditev enega objekta za toplotno obdelavo odpadkov z izrabo odpadne toplote (toplotno bi se obdelala ena tretjina preostalih mešanih odpadkov iz naselij, ki ostanejo po ločenem zajemu in po pripravi sekundarnih surovin, ter ustrezni delež blata komunalnih čistilnih naprav) skupaj s postopki snovne izrabe – zmanjšanje celotne količine odpadkov iz naselij v Sloveniji, ki jih treba odložiti, za 40 do 50% (Strateške usmeritve RS za ravnanje z odpadki, 1996).

Vsi zastavljeni cilji izražajo potrebo po učinkovitem zmanjšanju odloženih količin vseh nastalih odpadkov in nižanju njihovega nevarnostnega potenciala.

V Nacionalnem programu ravnanja z odpadki iz leta 1999 so bili iz Strateških usmeritev Republike Slovenije za ravnanje z odpadki povzeti načini ravnanja z odpadki v letu 1995 in podana ocena načinov ravnanja do leta 2000 in do leta 2010, kar je razvidno iz grafikona 12.

Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki navajajo kot pogoj za uspešno uresničevanje in doseganje ciljev politike ravnanja z odpadki, ki v znatni meri obsega tudi gospodarjenje z odpadki, zagotavljanje ustrezne zakonodaje, ekonomskih ukrepov, ukrepov urejanja prostora ter varovanja naravne in kulturne dediščine, organizacijskih ukrepov in ukrepov lokalne samouprave, socialnih ukrepov ter raziskovalno razvojne dejavnosti.



Grafikon 12: Ravnanje s komunalnimi odpadki v Sloveniji v letu 1995 in ocena  
Graph 12: The municipal waste treatment in Slovenia in 1995 and an estimation

NPVO (nacionalni program varstva okolja) je leta 1999 kot najpomembnejše ukrepe predvidel naslednje:

- sprejem posodobljene zakonodaje z vsemi pripadajočimi podzakonskimi predpisi, ki bodo zagotavljali z EU primerljive pogoje ravnanja z odpadki
- izdelavo programov in odlokov za ravnanje z odpadki na ravni lokalnih skupnosti, izdelavo predinvesticijskih programov, prostorskih aktov ipd.
- dosledno izvajanje obveznosti iz mednarodnih in bilateralnih pogodb
- vzpostavitev informacijskega sistema za odpadke ter za objekte in naprave za obdelavo in končno oskrbo odpadkov
- zagotovitev ustreznih ekonomskih instrumentov, ki bodo spodbujali minimaliziranje odpadkov na izvoru
- povezovanje povzročiteljev in odstranjevalcev odpadkov
- posebna pozornost mora biti dana trajnemu informiranju, izobraževanju in razvoju s ciljem postopnega spreminjanja zavesti vseh prebivalcev.

Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki so opredelile tudi odgovorne nosilce dejavnosti. Na podlagi sprejetih strateških usmeritev izdela država okvirne operative programe, vzpostavlja zakonodajo in mehanizme za gospodarjenje z odpadki ter vzpostavlja informacijski in nadzorni sistem, zagotavlja namensko vračanje sredstev pri izvajanju

programov ravnanja z odpadki in zagotavlja dodatne finančne vire ter hkrati spodbuja povezovanje lokalnih skupnosti pri reševanju problematike odpadkov.

Zaradi celovitosti in širine problematike odpadkov zagotavlja država medresorsko usklajevanje, potem pa gospodarstvo in gospodarska združenja povezano in usklajeno rešujejo problematiko gospodarjenja z odpadki.

Lokalne skupnosti sprejmejo operativne programe za ravnanje z odpadki za svoje območje v skladu s strateškimi usmeritvami in operativnim programom države za ravnanje z odpadki. Lokalne skupnosti organizirajo v imenu svojih prebivalcev zajem, odvoz in končno oskrbo komunalnih odpadkov iz naselij, odpadkov iz čiščenja komunalnih odpadnih vod in grezničnih gošč.

Po navedbah v Strateških usmeritvah Republike Slovenije za ravnanje z odpadki naj bi Slovenija reševala problematiko odpadkov po razvojnem scenariju, ki je kompromis med možnimi ukrepi za relativno hitro in učinkovito reševanje nakopičenih problemov, zadanimi usmeritvami in cilji v skladu s trendi v evropskih državah, okoljevarstvenimi posledicami in ekonomsko zmožnostjo.

Iz pretežno javnih sredstev naj bi bil vzpostavljen sistem zbiranja, predelave, obdelave in končne oskrbe odpadkov iz naselij ter izvedena rekonstrukcija in sanacija nekaterih odlagališč. Posebna pozornost naj bi bila namenjena ločenemu zbiranju odpadkov z nevarnimi sestavinami iz naselij in njihova oskrba, pa tudi splošnemu zmanjševanju količine odpadkov. Koncept ravnanja z odpadki navaja kot perspektivne cilje: zmanjševanje količine odpadkov z ukrepi minimizacije, z izrabo snovne in/ali energetske vrednosti odpadkov in tako posledično zmanjševanje količine odloženih odpadkov ter z doslednim izločanjem odpadkov z nevarnimi sestavinami zniževanje nevarnostnega potenciala odpadkov samih. Dodatno pa so poudarjene še potrebe po izrabi razpoložljive odlagalne prostornine obstoječih komunalnih odlagališč oziroma odlagališč za nenevarne odpadke, ki jih bo treba rekonstruirati, prilagoditi evropskim standardom in tako znižati njihov nevarnostni potencial ter zgraditi nekaj novih odlagališč.

Leta 2004 je začel veljati novi Zakon o varstvu okolja, ki je predvidel tudi sprejem novega nacionalnega programa varstva okolja. Tako je bila leta 2005 sprejeta Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja od leta 2005 do 2012. Osnovna usmeritev politike varstva okolja je usmerjena v zagotavljanje trajnostnega razvoja in ne v reševanje okoljskih problemov z uporabo tehničnih rešitev omejevanja onesnaževanja. Trajnostni razvoj poleg skrbi za preprečevanje in zmanjševanje onesnaženja na viru poudarja tudi manjšo in bolj smotrno porabo naravnih virov ter ohranjanje biotske raznovrstnosti.

V ReNPVO (Resoluciji o nacionalnem programu varstva okolja) je na področju odpadkov poudarjena usmeritev k čim večji ponovni uporabi in predelavi odpadkov, na kar se navezuje integralno upravljanje s snovnimi tokovi in viri. Izražene so potrebe po upravljanju z življenjskimi cikli, ki zamenjuje reševanje problema takrat, ko dobrina ali izdelek postane odpadek. Operativni programi in programi izvajanja s skupnimi izhodišči in usmeritvami tvorijo celoto na področju ravnanja z odpadki, ki se vsebinsko navezuje na nacionalni program varstva okolja in je njen sestavni del. Generalna cilja sta:

- zapiranje krožnih snovnih tokov v smislu definiranja in obravnave življenjskih ciklusov virov in dobrin z opredelitvijo optimalnih deležev uporabe in predelave odpadkov na osnovi cost-benefit analiz
- zmanjševanje količin odpadkov z integracijo proizvodnih in porabniških vzorcev in navad, življenjskih navad, tehnoloških izboljšav, ekonomskih aktivnosti in ukrepov ter demografskih sprememb.

V obdobju do leta 2008 je sestavni del ReNPVO za področje odpadkov 12 operativnih programov oziroma programov, od katerih je za naše delo najpomembnejši Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov za obdobje do leta 2008, marca 2008 pa je bil sprejet tudi že Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov za obdobje od leta 2009 do 2013.

### **3.4 Strateške usmeritve in cilji ravnanja z odpadki v ljubljanski regiji**

V letu 1997 je podjetje IBE d.d. Ljubljana izdelalo Strategijo ravnanja z odpadki v ljubljanski regiji, ki je bila zavrnjena na Mestnem svetu. Sprejeta je bila le kot izhodišče oziroma kot delovna verzija. Na osnovi navedene strategije in njenih dopolnitev je ljubljanski občinski Zavod za varstvo okolja v letu 1999 izdelal Strateške usmeritve MOL (mestne občine Ljubljana) za ravnanje z odpadki, ki jih je Mestni svet sprejel junija 1999.

Strateške usmeritve MOL zajemajo časovno obdobje do leta 2008 in predstavljajo glavne usmeritve, stanje in naloge na področju ravnanja z odpadki. V njih je navedeno, da status Ljubljane in zakonodajne osnove omogočajo MOL, da sama pripravi strateške usmeritve za ravnanje z odpadki na obravnavanem območju in ostale občine povabi k sodelovanju. Obravnavano območje je območje, kjer je že vzpostavljen skupen zajem preostalih mešanih komunalnih odpadkov in je v letu 1997 vključeval 350.000 prebivalcev, od katerih je MOL predstavljala 76%.

V Strateških usmeritvah se ugotavlja, da obstoječe stanje le delno ustreza zahtevam EU, glavne značilnosti obstoječega stanja pa so:

- zbiranje in odlaganje mešanih in neprocesiranih odpadkov
- ločeno zbiranje je minimalno in temelji le na osveščenosti prebivalcev
- snovna in energetska izraba odpadkov je omejena in brez ustreznih gospodarskih spodbud
- cena za odvoz in odlaganje odpadkov je neustrezna in temelji na površini objekta, kar je povsem v nasprotju z direktivami EU
- zaradi neizgrajenega sistema za ravnanje z gradbenimi odpadki in razlik v pokritosti z odvozom nastajajo divja odlagališča odpadkov
- zelo hitro polnjenje odlagališča, ki že zaradi svoje lokacije zahteva posebno pozornost.

Temeljna načela ravnanja z odpadki, določena s strateškimi usmeritvami MOL, so: načelo reševanja problematike na izvoru, načelo preventive, načelo okoljske in ekonomične upravičenosti, načelo racionalnosti razporeditve objektov v prostoru, načelo deljene odgovornosti in načelo povzročitelj plača ter pomenijo prenos strateških načel EU in

Slovenije v ljubljanski prostor. Načela so v slovenski prostor vnesle Strateške usmeritve RS na področju ravnanja z odpadki in so tam tudi opisana.

Glavni cilji MOL pri ravnanju z odpadki so pogojeni z obstoječim stanjem in so:

- uskladitev vseh občinskih aktov s Strateškimi usmeritvami MOL pri ravnanju z odpadki
- postopna vzpostavitev primerne organizacijske strukture, ki ne dopušča sektorskega pristopa in zahteva sodelovanje vseh povzročiteljev odpadkov in nosilcev izvajanja strateških usmeritev
- zmanjšanje količin odpadkov na izvoru z uvedbo državne takse za embalažo in spodbujanjem lastnega kompostiranja
- povečanje stopnje vključitve primestnih območij v sistem gospodarjenja z odpadki, saj je v mestu vključenih 95%, v primestnih območjih pa 75 do 80% prebivalcev
- povečanje snovne in energetske izrabe odpadkov, ki je povezana s trgom sekundarnih surovin
- postopna sanacija starih okoljskih bremen, to so predvsem divja odlagališča vseh vrst odpadkov
- zmanjšanje nevarnostnega potenciala v odpadkih
- povečanje motiviranosti in osveščenosti vseh povzročiteljev odpadkov z ustreznimi spodbudami in medijskimi akcijami
- varna in okoljsko sprejemljiva končna dispozicija preostanka odpadkov
- priprava in uveljavitev stališč MOL na državni ravni
- stalno preverjanje in dopolnjevanje Strateških usmeritev MOL.

V Strateških usmeritvah je navedena okvirna količina odpadkov v ljubljanski regiji v letu 1997. V tem letu je bilo na odlagališče Barje odloženih 286.000 ton odpadkov.

V ljubljanski regiji je bilo po podatkih iz Strateških usmeritev MOL v letu 1997 skupaj 363.000 ton odpadkov, od tega se jih je 79% odložilo in 21% ločeno zbralo kot sekundarne surovine.

V Strateških usmeritvah MOL so bili navedeni tudi normativni in ekonomski ukrepi, ukrepi na področju prostorske politike, vključevanja javnosti, organizacijski ukrepi in ostali ukrepi ter nakazane možnosti, s katerimi bi se stanje na področju ravnanja z odpadki izboljšalo do leta 2008 ter jih predstavljamo v nadaljevanju.

Gradbeni odpadki, odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti, kosovni odpadki in zeleni odrez predstavljajo v letu 1997 od 50 do 60% vseh odloženih odpadkov, zato mora biti njihovo reševanje prednostno. Z izgradnjo centra za ravnanje z gradbenimi odpadki, kjer bi se lahko procesiralo okoli 99.000 ton/leto, z vzpostavitvijo sortiranja odpadkov iz obrti in kosovnih odpadkov, kjer bi se presortiralo okoli 20.000 ton/leto in z izgradnjo kompostarne, kjer bi se kompostiralo 10.000 ton zelenega odreza na leto, bi zelo hitro zmanjšali količine odpadkov, ki se odlagajo na odlagališče iz 286.000 ton na okoli 150.000 ton/leto.

V obdobju 10-ih let bi bilo možno povečati snovno izrabo odpadkov za 30%, zato je potrebno vzporedno z izgradnjo centra za ravnanje z gradbenimi odpadki, sortirnice in kompostarne, dograjevanje eko otokov (zbiralnic) in reciklažnih dvorišč (zbirnih centrov). S tem bi se lahko povečala količina ločeno zajetih frakcij iz 77.000 ton na okoli 100.000 do 130.000 ton/leto. S tem povečanim zajemom bi dodatno zmanjšali količino odpadkov, ki se odlaga, za okoli 30 do 50.000 ton/leto, torej bi za odlaganje ostalo še okoli 100.000 do 120.000 ton/leto.

Ustrezna predobdelava pred končnim procesiranjem bi lahko znižala količino za odlaganje preostanka odpadkov za 10 do 20% oziroma za okoli 30.000 ton/leto, tako da bi za končno procesiranje ostalo letno okoli 100.000 ton preostanka odpadkov.

Potrebna bi bila izgradnja demontažnega centra za stare avtomobile s kapaciteto 15.000 odpadnih avtomobilov letno. V njem bi se izvajala demontaža rezervnih delov, preostanek pa naj bi se obdelal v centralni republiški enoti za drobljenje ostankov starih avtomobilov.

Po izgradnji Centralne čistilne naprave v Zalogu naj bi bilo potrebno poskrbeti še za 30.000 do 40.000 ton mulja.



V letu 1999 so Strateške usmeritve MOL določile, da se mora najkasneje v dveh letih, ob sodelovanju MOP in primestnih občin, izvesti strokovna odločitev o izboru tehnologije za končno procesiranje 100.000 ton preostanka komunalnih odpadkov letno in od 30 do 40.000 ton muljev čistilnih naprav letno. V dvoletnem obdobju naj bi potekala vzpostavitev ustrezne interdisciplinarne strukture, ki bo sposobna dialoga in pogajanj z izurjenimi in visoko usposobljenimi kadri iz zahodnoevropskih držav.

V prilogi Strateških usmeritev MOL sta bila podana tudi programa aktivnosti za obdobje od leta 1999 do 2001 in za obdobje od 2002 do 2008, ki sta določala konkretne aktivnosti (priprava in izgradnja informacijskega sistema, izgradnja zbiralnic in zbirnih centrov, zagon kompostarne, zagon centra za ravnanje z gradbenimi odpadki, izgradnja demontažnega centra za stare avtomobile, izgradnja čistilne naprave za izcedne vode, izbor lokacije in tehnologije ter izgradnja objekta za procesiranje mulja in odpadkov,...), termine za izvedbo in nosilce teh aktivnosti.

S Strateškimi usmeritvami MOL je bil predviden koncept ravnanja z odpadki, ki poudarja ločeno zbiranje sekundarnih surovin povsod tam, kjer je to ekonomsko in okoljsko sprejemljivo. Zbiranje sekundarnih surovin naj bi potekalo na več mestih in naj bi bilo različno organizirano. Zbiranje naj bi potekalo na razširjenem sistemu eko otokov (zbiralnic) in v štirih do petih reciklažnih dvoriščih (zbirnih centrih), v sortirnici kosovnih odpadkov, v centru za ravnanje z gradbenimi odpadki, v kompostarni in v demontažnih centrih za stare avtomobile. Preostanek odpadkov po ločenem zbiranju naj bi se v skladu z državno zakonodajo primerno obdelal (toplotno ali mehansko-biološko), da bi zadostil predpisom o procentih TOC, ki se v obliki ostanka odpadkov še lahko odlagajo.

Leta 2001 je bil pripravljen Operativni program gospodarjenja z odpadki, ki podaja organizacijske pristope ter sistem ravnanja s komunalnimi in njim podobnimi odpadki iz proizvodne, obrtne in storitvene dejavnosti od leta 2001 do 2005 v mestni občini Ljubljana in devetih primestnih občinah: Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Medvode, Škofljica, Velike Lašče in Vodice. Glede na to, da sta na odlagališču Barje odlagali svoje odpadke tudi občini Kamnik in Komenda, je Operativni program zajemal tudi njuno količino odpadkov.

Program podrobneje obravnava rešitve na področju zbiranja in prevoza komunalnih odpadkov s poudarkom na zbiranju ločenih frakcij. Med ločene frakcije so vključeni tudi kosovni odpadki, nevarni odpadki in biološko razgradljivi odpadki. V poglavju o predelavi in obdelavi odpadkov po letu 2004 je program navedel kot možnost samo mehansko-biološko obdelavo komunalnih odpadkov pred odlaganjem.

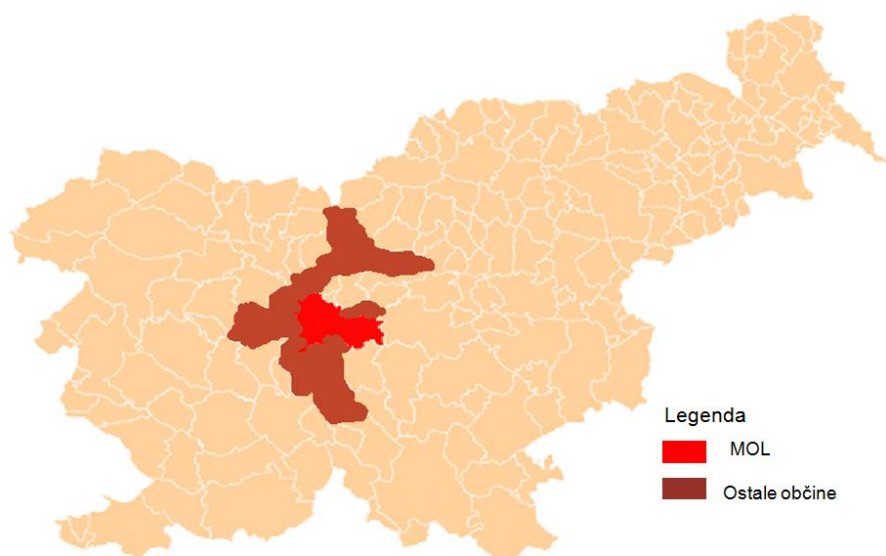
V letu 2008 in 2009 potekajo aktivnosti za novelacijo Operativnega programa gospodarjenja z odpadki, ki naj bi ga Mestni svet sprejel poleti 2009.

### **3.4.1 Predstavitev ljubljanske interesne regije za ravnanje z odpadki**

Snaga (Snaga Javno podjetje d.o.o. Ljubljana) je izvajala v drugi polovici leta 2006 in tudi v letu 2007 in 2008 javno službo zbiranja in prevoza komunalnih odpadkov v MOL (mestna občina Ljubljana) in v devetih primestnih občinah: Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Medvode, Škofljica, Velike Lašče in Vodice. Navedene občine, razen Vodice, so družbenice Javnega holdinga Ljubljana in so v letu 2006 sklenile dogovor, da pristopijo k nadgradnji RCERO (regijskega centra za ravnanje z odpadki) Ljubljana, ki zajema izgradnjo objektov za predelavo odpadkov, izgradnjo čistilne naprave za izcedne vode in izgradnjo odlagalne površine na 3. fazi enotnega IV. in V. odlagalnega polja. V letu 2007 in 2008 so svoje odpadke na odlagališče nenevarnih odpadkov Barje odlagali tudi občini Kamnik in Komenda, zato smo se v magistrskem delu odločili, da Vodice in navedeni občini vključimo v ljubljansko interesno regijo za skupno načrtovanje obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki jo v nadaljevanju imenujemo kar ljubljanska regija.

Iz slike 9 je razvidna lega MOL in ostalih občin v ljubljanski regiji v slovenskem prostoru.

V preglednici 1 so prikazani nekateri osnovni podatki za ljubljansko regijo. Od prevzetih količin odpadkov, prikazanih v preglednici 1, niso bili odloženi odpadki za kompostiranje (zeleni odrez) in sekundarne surovine izločene na odlagališču.



Slika 9: Lega MOL in ostalih občin v ljubljanski regiji

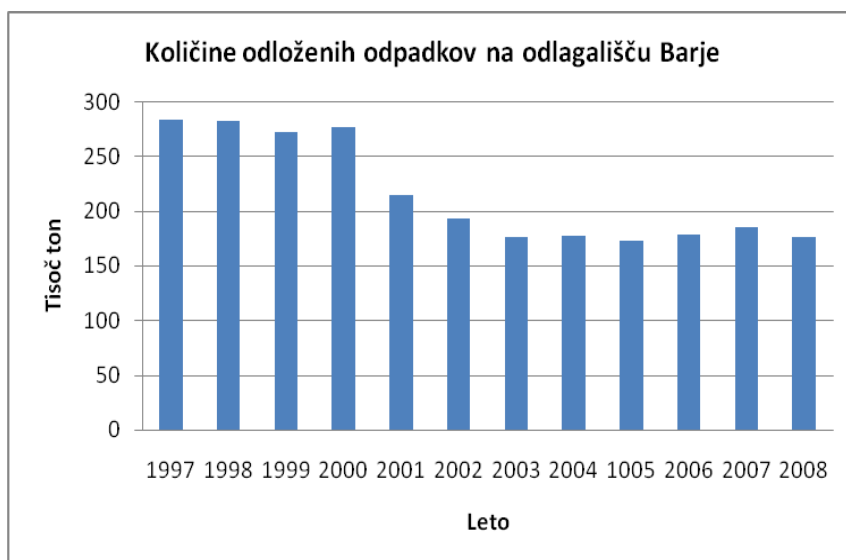
Figure 9: The position of CML and other municipalities in Ljubljana region

Preglednica 1: Nekateri osnovni podatki o ljubljanski regiji

Table 1: Some basic information on Ljubljana region

Podatki	
Površina (km <sup>2</sup> )	1362,1
Število prebivalcev (30. 06. 2006)	359.596
Gostota poselitve (št. preb/km <sup>2</sup> )	264
Število naselij	476
Vključenost prebivalcev v odvoz	96,79
Prevzete količine odpadkov na odlagališče Barje leta 2007 (t)	191.902
Prevzete količine MKOG na odlagališče Barje leta 2007 (t)	108.033
Prevzete količine MKO iz POSD na odlagališče Barje leta 2007 (t)	23.559
Prevzete količine PMKO na odlagališče Barje leta 2007 (t)	131.592
Količina zbranih PMKO na prebivalca v letu 2007 (kg/preb)	366
Odložene količine odpadkov na odlagališču Barje leta 2007 (t)	185.483
Količina odloženih odpadkov na prebivalca v letu 2007 (kg/preb)	515

Od leta 1997 do 2000 je bila letna količina odloženih odpadkov na odlagališče Barje približno enaka, po tem letu pa je količina upadla na račun zmanjšanja odlaganja predvsem gradbenih odpadkov. Iz grafikona 13 vidimo, da se je količina odloženih odpadkov po letu 2000 ustalila na okoli 175 tisoč ton (Deponija Barje - letno poročilo 2004, 2005, 2006, 2007).



Grafikon 13: Količine odloženih odpadkov na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje

Graph 13: The amounts of landfilled waste at the non-hazardous waste landfill Barje

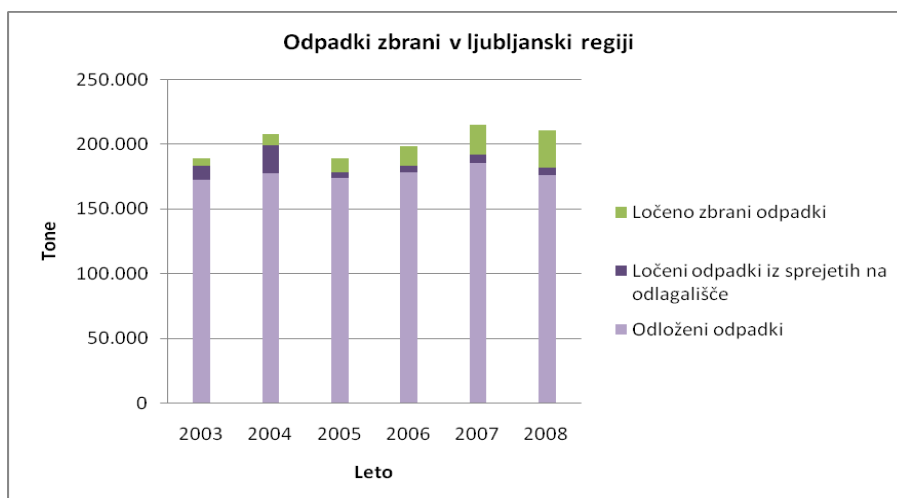
Sestava odloženih odpadkov v letu 2007 je razvidna iz grafikona 14 (Letno poročilo..., 2008).



Grafikon 14: Sestava odloženih odpadkov v letu 2007

Graph 14: The composition of landfilled waste in 2007

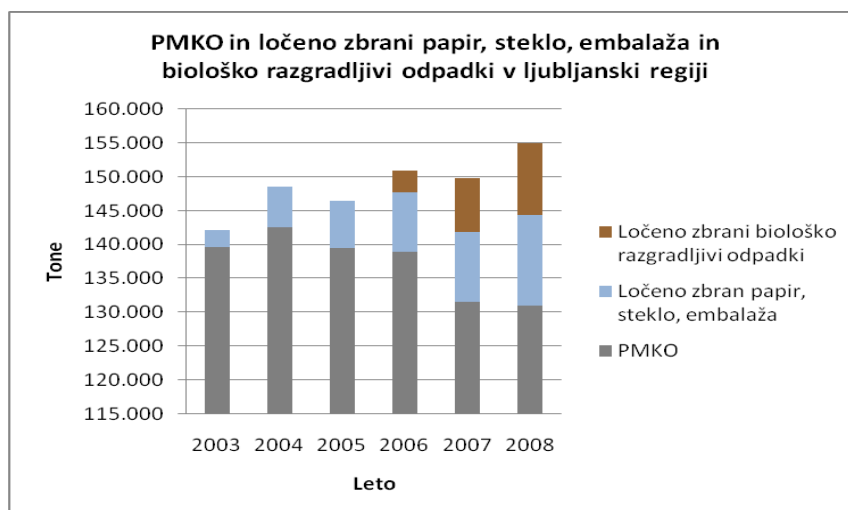
Iz grafikona 15 so razvidne zbrane količine komunalnih odpadkov, ki so sestavljene iz ločeno zbranih odpadkov in ostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki so razdeljeni na izločene odpadke na odlagališču in odložene odpadke (Letno poročilo..., 2008).



Grafikon 15: Zbrane količine komunalnih odpadkov v ljubljanski regiji

Graph 15: The collected amounts of municipal waste in Ljubljana region

Na grafikonu 16 so prikazane količine PMKO, skupna količina ločeno zbrane plastike, stekla in embalaže na zbiralnicah in ločeno zbrana količina biološko razgradljivih odpadkov iz gospodinjstev. Ločeno zbiranje na zbiralnicah se je uvajalo v letu 2003, ločeno zbiranje biološko razgradljivih odpadkov pa v letu 2006, zato sta količini manjši (Letno poročilo..., 2008).



Grafikon 16: Količine PMKO in ločeno zbranih frakcij v ljubljanski regiji

Graph 16: The amounts of RMMW and separately collected fractions in Ljubljana region

Analiza sestave in lastnosti mešanih komunalnih odpadkov v ljubljanski regiji je obdelana v poglavju 5.

## 4 DOSEGANJE STRATEŠKIH CILJEV

V tem poglavju bomo prikazali doseganje ciljev iz strateških usmeritev in programov tako, da bomo ocenili izvajanje ukrepov in aktivnosti za doseganje ciljev, kar je odličen pokazatelj stanja in uspešnosti.

### 4.1 Ocena doseganja strateških ciljev v Sloveniji

Strateške usmeritve ravnanja z odpadki so leta 1996 za dosego zastavljenih ciljev predvidele ukrepe na številnih področjih, kako pa so se ti ukrepi izvajali v RS (Republiki Sloveniji), je razvidno iz preglednice 2 (Keuc, 2002b).

Preglednica 2: Ocena izvajanja ukrepov iz Strateških usmeritev RS za ravnanje z odpadki

Table 2: The evaluation of execution of measures stated in the Strategy of RS for waste treatment

Področja ukrepanja	ocena do leta 2000	ocena po letu 2000
1. Informacijski sistem	☹	☺
2. Predpisi	☹	☺
3. Razvojni programi, plani, koncepti	☹	☹
4. Stiki z javnostjo	☹	☹
5. Zbirni sistemi	☹	☹
6. Predelava in obdelava odpadkov iz naselij	☹	☹
7. Odlagališča	☹	☹
8. Koncepti, programi, izvajanje v proizvodnem sektorju	☹	☹
9. Raziskave – razvoj	☹	☹

Legenda:  
☺ Izvajanje v polnem teku    ☹ Bolje kot nič, nekaj se dogaja    ☹ Slabo

Tudi NPVO je leta 1999 predvidel številne ukrepe za doseganje zastavljenih ciljev, kako pa so se ti ukrepi izvajali, je razvidno iz preglednice 3 (Keuc, 2002b).

Preglednica 3: Ocena izvajanja ukrepov iz Nacionalnega programa varstva okolja iz leta 1999

Table 3: The evaluation of execution of measures stated in the National programme for environmental protection (1999)

Ukrepi iz NPVO (1999)	Rok izvedbe	Ocena izvajanja
1. Revizija Strateških usmeritev	/	☹
2. Analiza izvajanja Strategije ravnanja z odpadki	1999	☹
3. Izdelava načrtov za ravnanje s posameznimi vrstami odpadkov na ravni države, lokalnih skupnosti in gospodarskih dejavnosti	2003	☹
4. Sprejem osnovnega sistema predpisov na področju ravnanja z odpadki v skladu z ureditvijo EU	1999	☺
5. Kadrovska okrepitev za izvajanje programskih, upravnih in inšpekcijskih nalog na področju ravnanja z odpadki	1999	☹
6. Vzpostavitev baze podatkov o: a) izvoru, količini in načinu ravnanja z odpadki, b) objektih in napravah za ravnanje z odpadki, c) izvajalcih dejavnosti s področja ravnanja z odpadki	2000	☺
7. Vzpostavitev sistemov za zbiranje, sortiranje, pretovarjanje, predobdelavo in predpripravo odpadkov	2010	☹
8. Sanacija in rekonstrukcija sedanjih ter izgradnja novih odlagališč odpadkov	2015	☹
9. Izgradnja objektov in naprav za toplotno obdelavo odpadkov	2010	☹
10. Priprava in izvedba programov ravnanja z odpadki v industriji, energetiki, kmetijstvu, gozdarstvu in gradbeništvu	2010	☹
11. Preučitev ekonomskih ukrepov za spodbujanje rasti snovne in energetske učinkovitosti družbe (javni sektor in gospodarstvo)	1999	☹
12. Uveljavljanje specializiranih programov za minimaliziranje in recikliranje odpadkov (brošure, članki, TV-oddaje, plakati ipd.)	trajna naloga	☹

Legenda:  
 ☺ Izvajanje v polnem teku    ☹ Bolje kot nič, nekaj se dogaja    ☹ Slabo

Na osnovi opisanega stanja na področju gospodarjenja z odpadki v Sloveniji in ocen izvajanja ukrepov za doseganje ciljev lahko ugotovimo, da Republika Slovenija ni izpolnila ciljev do leta 2000, ki si jih je zastavila v Strateških usmeritvah ravnanja z odpadki leta 1996, prav tako pa lahko ugotovimo, da se stanje izboljšuje.

Večje spremembe so se zgodile v letu 2004, saj je bil aprila sprejet novi Zakon o varstvu okolja in Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov, ki zajema tudi ravnanje s komunalnimi odpadki, saj leta 2001 pripravljen Operativni program ravnanja s komunalnimi odpadki ni vlada nikoli sprejela. S

tem, ko je vlada sprejela Operativni program odstranjevanja odpadkov, je potrdila njegovo temeljno strategijo, da je preprečevanje nastajanja odpadkov ter visoka stopnja snovne izrabe ter recikliranje odpadnih materialov osnovni način za doseganje obveznosti zakonodaje EU na področju odlaganja odpadkov. V tem letu se je začela tudi izdelava novelacije NPVO in leta 2005 je Državni zbor RS sprejel ReNPVO 2005 – 2012.

Dejstvo je, da je večina dejavnosti vlade usmerjenih na reševanje problema odpadkov na koncu, to je k njihovem odstranjevanju z odlaganjem, predelavo in sežiganjem, ni pa še nobenega programa za preprečevanje in zmanjševanje odpadkov na izvoru, niti na lokalni niti na nacionalni ravni.

Vlada in Ministrstvo za okolje, prostor in energijo do leta 1998 nista imela v rokah mehanizmov za uveljavljanje ukrepov na tisti ravni, ki dejansko ravna z odpadki, saj je bil Pravilnik o ravnanju z odpadki sprejet šele decembra leta 1998, Pravilnik o odlaganju odpadkov pa januarja 2000. Šele s tema dvema pravilnikoma smo v Sloveniji dobili ustrezno, a še vedno zgolj okvirno podlago za izvajanje ukrepov iz Strateških usmeritev Republike Slovenije za ravnanje z odpadki. Po letu 2000 je bilo sprejetih okoli 15 pravilnikov za ravnanje s posameznimi vrstami odpadkov in okoli 23 uredb o ravnanju s posameznimi vrstami odpadkov, ustanovitvi javnih služb za njihovo ravnanje in plačilu okoljske dajatve zaradi njihovega vpliva.

Leta 2006 je Pravilnik o odlaganju odpadkov nadomestila Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališča. Stanje se izboljšuje, k dosegu ciljev pa naj bi doprineslo sprejetje ReNPVO in operativnih programov in programov, ki so sestavni del ReNPVO.

#### **4.2 Ocena doseganja strateških ciljev v ljubljanski regiji, ugotovitev slabosti**

Strateške usmeritve MOL za ravnanje z odpadki so leta 1999 za doseganje zastavljenih ciljev predvidele številne ukrepe. V kolikšni meri so bili cilji doseženi, nam lepo prikaže ocena izvajanja ukrepov. Iz naše ocene trenutnega stanja, ki je prikazana v preglednici 4, je dobro razvidno, kako so se ukrepi izvajali v preteklih sedmih letih.



Tudi Operativni program gospodarjenja z odpadki je leta 2001 predvidel številne ukrepe za doseganje ciljev iz Strateških usmeritev in ciljev samega Operativnega programa. V preglednici 5 je prikazana naša ocena izvajanja ukrepov glede na zastavljene roke izvedbe in naša ocena trenutnega stanja.

Preglednica 4: Ocena izvajanja ukrepov iz Strateških usmeritev MOL za ravnanje z odpadki

Table 4: The evaluation of execution of measures stated in the Strategy of CML for waste treatment

	Ukrepi iz Strateških usmeritev MOL za ravnanje z odpadki	Ocena stanja decembra 2008
1.	Noveliranje občinske zakonodaje na področju ravnanja z odpadki	☹
2.	Vzpostavitev centra za ravnanje z gradbenimi odpadki	☹
3.	Sortiranje kosovnih odpadkov in dela odpadkov iz obrti in ustanov	☹
4.	Kompostiranje zelenega odreza, ki nastane pri urejanju grobov, javnih površin ali rednemu obrezovanju dreves in grmičevja v mestu	☹
5.	Spodbujanje individualnega kompostiranja	☹
6.	Vzpostavitev sodelovanja vseh nosilcev dejavnosti in uporabnikov storitev	☹
7.	Vzpostavitev 2 do 5 zbirno reciklažnih centrov na različnih lokacijah	☹
8.	Razširitev zbiranja in dopolnitev zbiranja uporabnih snovi v zbiralnicah (na eko otokih) glede na obliko poselitve	☺
9.	Postopna sanacija obstoječe deponije Barje in zmanjšanje obremenitev okolja	☺
10.	Vzpostavitev enega ali več demontažnih centrov za stare avtomobile	☹
11.	Izobraževanje vseh sodelujočih v procesih ravnanja z odpadki	☹
12.	Povečanje stopnje pokritosti primestnih občin z odvozom	☺
13.	Vzpostavitev informacijskega sistema za ravnanje z odpadki	☹
14.	Spremljanje in natančna proučitev tehnologij za predobdelavo in termično obdelavo preostanka odpadkov in muljev	☹
15.	Preprečevanje nastajanja odpadkov na samem izvoru	☹
16.	Iskanje najboljših tehnologij za obdelavo preostanka odpadkov	☺
17.	Iskanje najboljših lokacij za odlaganje preostanka odpadkov	☺

Legenda:

☺ Izvedeno ali izvajanje v polnem teku ☹ Bolje kot nič, nekaj se dogaja ☹ Slabo

Če pogledamo uspešnost izvajanja ukrepov za doseganje ciljev iz Strateških usmeritev MOL in ciljev iz Operativnega programa gospodarjenja z odpadki ter opis stanja na področju odpadkov v ljubljanski regiji, lahko ugotovimo, da cilji niso bili izpolnjeni pravočasno in v zadanih rokih. Stanje se po letu 2005 bistveno izboljšuje, saj so skoraj vsi ukrepi v izvajanju

ali pa so že izvedeni. Najslabše stanje je na področju vzpostavitve centra za ravnanje z gradbenimi odpadki in demontažnega centra za stare avtomobile ter vzpostavitvi informacijskega sistema.

Preglednica 5: Ocena izvajanja ukrepov iz Operativnega programa gospodarjenja z odpadki  
Table 5: The evaluation of execution of measures stated in the Operational programme for waste treatment

	Ukrepi iz Operativnega programa MOL za gospodarjenja z odpadki	Rok izvedbe	Ocena stanja glede na rok	Ocena stanja decembra 2008
1.	Postavitev dveh novih zbirnih centrov (Šiška, Zadvor), dodatno k obstoječemu na odlagališču Barje	Do 2002	☹	☹
2.	Postavitev še dveh novih zbirnih centrov	Do 2004	☹	☹
3.	Postavitev 800 zbiralnic, ena na 400 oseb	Do sredi 2003	☺	☺
4.	Postavitev 400 zbiralnic, ena na 250 oseb	Do sredi 2004	☺	☺
5.	Uvajanje novih posod in označenih vrečk za prevzem odpadkov, prostornina odpadkov kot merilo za obračun storitve	Do sredi 2003	☺	☺
6.	Ločen prevzem organsko razgradljivih odpadkov	Od 2005	☹	☺
7.	Začetek aktivnosti za predelavo in obdelavo komunalnih odpadkov	2002	☹	☺
8.	Začasno skladiščenje ločenih frakcij za kasnejšo predelavo	Od sredi 2002	☹	☹
9.	Začetek sovlaganja v izvajanje regijskega pristopa ravnanja in odstranjevanja komunalnih odpadkov	Od 2004	☹	☹
10.	Prevzem kosovnih odpadkov v zbirnih centrih	Od 2001	☺	☺
11.	Predelava in obdelava kosovnih odpadkov	Od 2003	☹	☹
12.	Sprejem nevarnih gospodinjskih odpadkov in obveščanje javnosti o zbiranju	Od 2001	☺	☺
13.	Informacijska služba	Od sredi 2001	☹	☹
14.	Oblikovanje regijskega pristopa gospodarjenja z odpadki	Od sredi 2001	☹	☹

Legenda:

☺ Izvedeno ali izvajanje v polnem teku ☹ Bolje kot nič, nekaj se dogaja ☹ Slabo

Največja posledica tega, da izvajanje skoraj vseh v Strateških usmeritvah predvidenih aktivnosti in ukrepov zamuja za okoli 5 let, je v tem, da se odlagališče nenevarnih odpadkov Barje še vedno zelo hitro polni in bo zapolnjeno prej, preden bodo zgrajeni objekti za predelavo komunalnih odpadkov, ki bodo bistveno zmanjšali količine odloženih odpadkov. Trenutno se odpadki odlagajo na drugi izmed treh faz enotnega IV. in V. odlagalnega polja, ki bo zapolnjena sredi leta 2009. Do tedaj bo zgrajena zadnja, 3. faza s prostornino za odlaganje 884.000 m<sup>3</sup>, ki bo zapolnjena leta 2014. Decembra 2008 je bilo predvideno, da bodo objekti za predelavo odpadkov začeli poskusno obratovati poleti leta 2014, s tem pa se bo zmanjšala količina odloženih odpadkov iz 185 tisoč ton leta 2007 na okoli 47 tisoč ton odpadkov. V letu 2014 bo potrebno imeti pripravljeno novo odlagališče za odlaganje nereaktivnih ostankov predelave odpadkov in inertnih odpadkov, ki se direktno odlagajo. Če bi bili objekti za predelavo odpadkov zgrajeni v skladu z rokom iz strategije, bi morali biti zgrajeni v letu 2007, kar bi pomenilo, da bi bilo možno na enotnem IV. in V. odlagalnem polju na odlagališču Barje odlagati nekje do leta 2030.

## **5 ANALIZA TOKOV IN ANALIZE KOLIČINE, SESTAVE TER LASTNOSTI PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV V LJUBLJANSKI REGIJI**

### **5.1 Prispevek posameznih sociourbanih struktur k skupni količini**

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006 zahteva vzorčenje mešanih komunalnih odpadkov v štirih območjih poselitve oziroma sociourbanih strukturah, in sicer: ruralna območja, urbana območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbana območja s prevladujočo blokovsko poselitvijo, urbana območja z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora. To so karakteristična območja na celotnem območju, kjer se preostali mešani komunalni odpadki prevzemajo zaradi odlaganja na odlagališču.

PMKO (preostali mešani komunalni odpadki) so v našem primeru sestavljeni iz PMGO (preostali mešani gospodinjski odpadki) in POSD (preostali mešani komunalni odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti) in za njih bomo v tem magistrskem delu določili prednostni način obdelave.

Za izračun povprečnih deležev frakcij v PMKO po Uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališčih je potreben podatek o masi mešanih komunalnih odpadkov na vsakem izmed karakterističnih območjih, za katere velja posamezni vzorec, za obdobje 6 mesecev.

Glede na to, da Uredba o odlaganju odpadkov zahteva vzorčenje v štirih različnih poselitvenih območjih, smo v tem magistrskem delu prevzeli ta območja, čeprav je podjetje Snaga v mesecu marcu 2006 izvedla sejnalno-sortirno analizo PMGO za zimo 2005/06 v petih različnih poselitvenih območjih, enako je izvedla tudi analize v letu 2007, in sicer je ločila urbana območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami v mestu in izven mesta.

Snaga je v letu 2006 prevzemala PMKO iz mestne občine Ljubljane in še naslednjih občin: Borovnica, Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Kamnik, Komenda, Medvode, Škofljica, Velike Lašče, Vodice in Vrhnika. To področje smo razdelili na štiri poselitvena območja oziroma sociourbane strukture s številom prebivalcev 381.694

ljudi. Z letom 2007 se na odlagališču Barje niso več odlagali odpadki iz Borovnice in Vrhnike, tako da je potem predlog obdelave PMKO pripravljen za občine, ki so odlagale na odlagališču leta 2007 s skupnim številom prebivalcev 359.596.

Prevzeti odpadki se pri dovozu na odlagališče tehtajo na dovozni tehtnici, tako da ima Snaga podatke o količini vseh sprejetih preostalih mešanih komunalnih odpadkov iz gospodinjstev po občinah, posebej pa ima podatke tudi o količini POSD, to je o količini preostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki ne nastanejo v gospodinjstvih.

Zaradi zelo velikega območja in s tem velikega števila rajonov pobiranja odpadkov s tem, da posamezni rajon zajema več območij poselitve, Snaga trenutno ne razpolaga s podatki o količini PMKO po posameznih štirih območjih poselitve. V bodočnosti, ko bo vsak zabojnik označen s čipom in se bo njegova količina stehtala pred iztresanjem na smetarsko vozilo, bo lahko na razpolago tudi podatek o količini zbranih odpadkov po posameznih poselitvenih območjih, saj bo zabojnik označen tudi s pripadnostjo posameznemu poselitvenemu območju.

Zaradi navedenega v zgornjem odstavku je bilo potrebno določiti deleže odpadkov posameznih območij poselitve v skupni količini PMKO oziroma prispevek posameznih sociourbanih struktur k skupni količini PMKO. Glede na to, da je bila ena sejalno-sortirna analiza izvedena v mesecu marcu 2006 in druga sortirna analiza v mesecu oktobru 2006 smo se odločili, da določimo deleže v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006 in v obdobju od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006.

Deleže smo določili na osnovi:

- izračunanih količin povzročenih odpadkov na prebivalca v ožjih območjih posameznih poselitvenih območij
- predpostavke, da količine povzročenih odpadkov na prebivalca v ožjih območjih veljajo za celotno poselitveno območje
- števila prebivalcev v vsakem izmed štirih območij poselitve.

### 5.1.1 Določitev enačbe za izračun deleža odpadkov posamezne sociourbane strukture v skupni količini odpadkov

Ožja območja smo poimenovali območja znotraj karakterističnih štirih območij poselitve, kjer so bili zajeti vzorci za sejhalno-sortirno analizo, ki jo je izvedla Snaga marca 2006. Velikosti ožjih območij so bile določene tako, da je bil zajeti vzorec odpadkov iz njih volumna okoli 10 m<sup>3</sup> z maso od 1.000 do 1.600 kg. V mesecu oktobru 2006 je sortirno analizo za jesen 2006 izvedel KI (Kemijski inštitut) iz Ljubljane, ki je v skladu z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih želel sortirati vzorce z maso 500 kg, da ne bi bila analiza preobsežna. Snaga je zaradi navedenega za sortirno analizo v mesecu oktobru 2006 zbrala vzorce mase od 500 do 650 kg na delu posameznih ožjih območij določenih v mesecu marcu. Vzoredno so bili za potrebe določitve prispevka posameznih sociourbanih struktur v oktobru zbrani vzorci odpadkov s celotnih ožjih območij in stehani na dovozni tehtnici. Ožja območja so bila enoznačno določena s popisom odvezemnih mest mešanih komunalnih odpadkov in so bila torej enaka v mesecu marcu in v mesecu oktobru 2006.

Deleže mas odpadkov posameznih območij poselitve v skupni masi PMKO oziroma prispevke posameznih sociourbanih struktur k skupni količini PMKO v določenih obdobjih smo izračunali po naslednjih enačbah:

$$D_a = \sum_{b=1-2} M_{a,b} \times 100 \% / \sum_{b=1-2} \sum_{a=1-4} M_{a,b} \quad (1)$$

$$D_{a,b} = M_{a,b} \times 100 \% / \sum_{a=1-4} M_{a,b} \quad (2)$$

$$M_{a,b} = M_{p_{a,b}} \times P_a + M_{POSD,a=4,b} \quad (3)$$

$$M_{p_{a,b}} = m_{a,b} / p_a \times t_b / t_a \quad (4)$$

$$p_a = p_{MOL} / d_{MOL} \times d_a \quad (5)$$

$$P_a = P_{MOL,a} + P_{OST,a} \quad (6)$$

$$P_{MOL,a} = p_{MOL} / d_{MOL} \times d_{MOL,a} \quad (7)$$

$$P_{OST,a} = \sum_{k=1-13} p_{a,k} \quad (8)$$

$$p_{a,k} = p_k \times o_{a,k} / 100 \quad (9)$$

$$o_{a,k} = p_{2002,a,k} \times 100 / p_{2002,k} \quad (10)$$

pri čemer je:

- $D_a$     poprečni delež mase odpadkov a-te sociourbane strukture v skupni masi PMKO v obdobju enega leta izražen v %
- a        zaporedna številka posamezne sociourbane strukture oziroma poselitvenega območja (od 1 do 4), in sicer v našem primeru:
1. ruralno območje
  2. urbano območje s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami
  3. urbano območje s prevladujočo blokovsko poselitvijo
  4. urbano območje z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora
- $D_{a,b}$     poprečni delež mase odpadkov a-te sociourbane strukture v skupni masi PMKO v b-tem obdobju izražen v %
- b        zaporedna številka posameznega obdobja (od 1 do 2), in sicer v našem primeru:
1. obdobje od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006 (182 dni)
  2. obdobje od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 (183 dni)
- $M_{a,b}$     masa povzročenih odpadkov v a-ti sociourbani strukturi v b-tem obdobju
- $M_{p,a,b}$     masa povzročenih odpadkov na prebivalca v a-ti sociourbani strukturi v b-tem obdobju ob predpostavki, da je enaka masi povzročenih odpadkov na prebivalca v ožjem območju a-te sociourbane strukture v b-tem obdobju
- $M_{POSD,a=4,b}$     masa povzročenih POSD v b-tem obdobju, ki se prišteje k masi odpadkov iz območja  $a=4$
- $m_{a,b}$     masa vzorca, zajetega na ožjem območju a-te sociourbane strukture v b-tem obdobju
- $P_a$         število prebivalcev v a-ti sociourbani strukturi na dan 31. 12. 2005
- $P_{MOL,a}$     število prebivalcev a-te sociourbane strukture na območju MOL na dan 31. 12. 2005
- $P_{OST,a}$     število prebivalcev a-te sociourbane strukture na območju ostalih občin: Borovnica, Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Kamnik, Komenda, Medvode, Škofljica, Velike Lašče, Vodice in Vrhnika na dan 31. 12. 2005
- $p_{MOL}$     število prebivalcev na območju MOL na dan 31. 12. 2005
- $p_k$         število prebivalcev v k-ti občini na dan 31. 12. 2005
- k        zaporedna številka posamezne občine na območju ostalih občin (od 1 do 13) v našem primeru: 1. Borovnica, 2. Brezovica, 3. Dobrova-Polhov Gradec, 4. Dol pri Ljubljani, 5. Horjul, 6. Ig, 7. Kamnik, 8. Komenda, 9. Medvode, 10. Škofljica, 11. Velike Lašče, 12. Vodice in 13. Vrhnika
- $p_{a,k}$     število prebivalcev a-te sociourbane strukture v k-ti občini na dan 31. 12. 2005

- $p_{2002,k}$  število prebivalcev v k-ti občini po popisu leta 2002
- $p_{2002,a,k}$  število prebivalcev a-te sociourbane strukture v k-ti občini po popisu leta 2002
- $p_a$  število prebivalcev na ožjem območju a-te sociourbane strukture, kjer je bil zajet vzorec z maso  $m_{a,b}$ , na dan 31. 12. 2005
- $d_{MOL,a}$  število državljanov RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, a-te sociourbane strukture na območju MOL na dan 31. 12. 2005
- $d_{MOL}$  število državljanov RS brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, na območju MOL na dan 31. 12. 2005
- $d_a$  število državljanov RS brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, na ožjem območju a-te sociourbane strukture, kjer je bil zajet vzorec z maso  $m_{a,b}$ , na dan 31. 12. 2005
- $t_b$  trajanja b-tega obdobja v dnevih
- $t_a$  trajanje povzročanja mase vzorca odpadkov v a-ti sociourbani strukturi v dnevih (čas od zadnjega rednega odvoza do odvoza vzorca)
- $o_{a,k}$  odstotek prebivalcev a-te sociourbane strukture v k-ti občini po popisu leta 2002.

### 5.1.2 Način določitve podatkov

Pri sortirni analizi v mesecu marcu in v mesecu oktobru 2006 so bili vzorci, ki so bili odvzeti na ožjih območjih v dnevih rednega odvoza odpadkov s tega območja, stehtani. Vsak vzorec je bil stehtan na kamionu na dovozni tehtnici na vhodu na odlagališče Barje in predstavlja podatek  $m_{a,b}$ .

Iz evidence Snage smo pridobili podatke o dnevih rednega odvoza MKO s posameznih ožjih območij, tako smo določili čas  $t_a$ , v katerem so prebivalci povzročili stehtano količino vzorca  $m_{a,b}$ , saj so redni odvozi vedno na isti dan v tednu, pa tudi vzorce smo odvzeli na dan rednega odvoza.

Ožja območja so bila določena s popisom odvezemnih mest PMKO in so bila enaka v mesecu marcu in v mesecu oktobru 2006. Za določitev števila prebivalcev na ožjih območjih smo iz evidence Snage sestavili popis naslovov hiš oziroma blokov, katerih prebivalci prinašajo odpadke na odvezemna mesta zajeta v ožjih območjih.



Za nadaljevanje dela smo potrebovali pomoč SURS (Statistični urad Republike Slovenije). Posredovali smo jim popise naslovov hiš oziroma blokov po posameznih ožjih območjih znotraj štirih poselitvenih območij z nalogo, da SURS za vsako ožje območje poda število prebivalcev na dan 31. 12. 2005.

SURS nam v tem primeru ni mogel podati podatkov o številu prebivalcev, ker podatki o številu prebivalcev niso na voljo za teritorialne ravni nižje od občine, saj administrativni vir SURS še ne zagotavlja podatkov o tujcih s prijavljenim stalnim in začasnim prebivališčem v RS (republika Slovenija) za teritorialne ravni nižje od občine. Lahko nam je podal število državljanov RS  $d_a$  na ožjih območjih, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini. To je pomenilo, da v danem številu niso zajeti tujci s stalnim ali začasnim prebivališčem v RS ter osebe s statusom begunca v RS, oboji pa skupaj z državljani RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, predstavljajo prebivalce.

Na osnovi prejetega števila državljanov  $d_a$  po posameznih ožjih območjih na dan 31. 12. 2005, na osnovi števila državljanov na območju MOL na dan 31. 12. 2005  $d_{MOL}$  in na osnovi števila prebivalcev na območju MOL na dan 31. 12. 2005  $p_{MOL}$  smo po enačbi številka 5 izračunali število prebivalcev po posameznih ožjih območjih na dan 31. 12. 2005  $p_a$ , saj smo predpostavili, da velja na ožjih območjih enako razmerje med številom državljanov in številom prebivalcev kot velja v občini Ljubljana.

Podatki o  $p_{MOL}$  so dostopni na spletni strani SURS, podatke o  $d_a$  nam je posredoval SURS, pridobitev podatkov o  $d_{MOL}$  pa je obrazložena v nadaljevanju.

Sedaj smo razpolagali s podatkom o količini odpadkov in s podatkom o številu prebivalcev na ožjih območjih, kjer smo zajeli vzorce za sejalno-sortirne analize, fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti, tako da smo lahko izračunali količino povzročenih odpadkov na prebivalca v ožjem območju in jo prevzeli za celotno območje posamezne poselitve po enačbi številka 4.

Število prebivalcev posamezne a-te sociourbane strukture  $P_a$  oziroma poselitvenega območja smo izračunali po enačbi številka 6.

Skupno število prebivalcev posameznega poselitvenega območja v MOL  $P_{MOL,a}$  smo določili na osnovi grafične določitve poselitvenih območij oziroma na osnovi določitve tipa poselitve in pridobitve podatkov o številu prebivalcev za poselitvena območja od SURS.

Grafično določitev poselitvenih območij je izvedel LGB, d.d. Ljubljana po naših navodilih, saj mi nismo razpolagali s potrebno programsko opremo in znanjem za uporabo te opreme.

Dogovorili smo se, da se območje MOL razdeli na šest območij in sicer poleg štirih območij poselitve po Uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališčih, še na nepozidano območje in industrijsko cono.

Projekt se je izdelal v GIS (geografski informacijski sistem) okolju s programsko opremo SDMS, ki omogoča prikaz rastrskih in vektorskih podatkov, uporabljeni pa so bili ortofoto načrti v merilu 1:1.000 znotraj avtocestnega obroča Ljubljane in v merilu 1:5.000 zunaj avtocestnega obroča ter upoštevane meje občin iz leta 1994.

Na ortofoto načrtih je bilo že v merilu 1:1.000 praviloma možno nedvoumno določiti tip poselitve, saj programska oprema omogoča veliko povečavo ortofoto načrta na ekranu računalnika, tako da je bila v primeru dileme možna nedvoumna ugotovitev tipa poselitve.

Na osnovi interpretacije ortofoto načrtov je bila izdelana podatkovna plast »sociourbane strukture«. Podatki so v vektorski obliki in topološko pravilni. Atributni podatek sociourbane strukture je dejansko podatek o tipu pozidave, ki smo ga mi na LGB, d.d. pregledali in potrdili.

Za vseh 6 območij skupaj je bilo pripravljenih 118 poligonov, ki jih je LGB, d.d. izvozil v standardni ESRI-jev format SHP in ga posredoval SURS, ki je bil naslednji pomočnik pri našem delu.

Iz priloge A (A1, A2, A3, A4, A5, A6) je razviden tip posamezne poselitve, podatki so se zajemali iz kart v merilu 1:1.000. Priloga B predstavlja prikaz tipov poselitve oziroma načina poselitve v MOL.

SURS je prejel standardni ESRI-jev format SHP s poligoni in na osnovi svoje digitalne baze podatkov o številu državljanov RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, povezanih na koordinate hišnih števil (centroide stavb), določil število državljanov po posameznih 6 območjih na dan 31. 12. 2005 in skupno število državljanov v MOL. Število prebivalcev iz nepozidanega območja smo vključili v ruralno območje, za prebivalce v industrijski coni pa smo predpostavili, da povzročajo odpadke, ki se zajamejo v PMKO iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnostih. Tako smo dobili podatke o številu državljanov po štirih poselitvenih območjih, ki jih obravnavamo.

SURS nam tudi v tem primeru ni mogel podati podatkov o številu prebivalcev, ker podatki o številu prebivalcev niso na voljo za teritorialne ravni nižje od občine, saj administrativni vir SURS še ne zagotavlja podatkov o tujcih s prijavljenim stalnim in začasnim prebivališčem v RS za teritorialne ravni nižje od občine.

Na osnovi prejetega števila državljanov po posameznih poselitvenih območjih na dan 31. 12. 2005  $d_{MOL,a}$ , na osnovi prejetega števila državljanov na območju MOL na dan 31. 12. 2005  $d_{MOL}$  in na osnovi števila prebivalcev na območju MOL na dan 31. 12. 2005  $p_{MOL}$  smo po enačbi številka 7 izračunali število prebivalcev po posameznih poselitvenih območjih znotraj MOL na dan 31. 12. 2005, saj smo predpostavili, da velja na poselitvenih območjih enako razmerje med številom državljanov in številom prebivalcev kot velja v MOL.

Skupno število prebivalcev za posamezno poselitveno območje izven MOL, na območju ostalih občin  $P_{OST,a}$ , smo izračunali na osnovi podatkov SURS iz popisa prebivalstva leta 2002, ki je zajemal tudi podatke o številu prebivalcev v blokih in hišah, na osnovi števila prebivalcev leta 2005 ter ogleda krajev v občinah.

Območje ostalih občin: Borovnica, Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Kamnik, Komenda, Medvode, Škofljica, Velike Lašče, Vodice in Vrhnika nismo grafično razdelili na posamezne tipe poselitve tako kakor MOL, zaradi stroškov grafične razdelitve in stroškov pridobitve podatkov od SURS. Ocenili smo, da lahko na osnovi razpoložljivih statističnih podatkov in ogleda krajev na ortofoto načrtih in na terenu dokaj točno določimo število prebivalcev na ruralnem območju, na urbanem območju s pretežno

enodružinskimi hišami in urbanem območju s pretežno blokovno poselitvijo ter predpostavili, da v teh občinah ni urbanega območja z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora podobnega kot ga predstavlja center mesta Ljubljane.

SURS nam je posredoval podatke o številu prebivalcev po posameznih občinah in praviloma tudi po krajih znotraj teh občin, in sicer ločeno za prebivalce v hišah in prebivalce v blokih. Izjema so bili le manjši kraji, kjer bi bilo s posredovanjem teh podatkov kršeno varstvo osebnih podatkov. Število prebivalcev je bilo zajeto s popisom leta 2002.

Na osnovi ogleda krajev na ortofoto načrtih in na terenu smo razdelili število prebivalcev v hišah na prebivalce ruralnega območja in prebivalce urbanega območja s poselitvijo z enodružinskimi hišami. S tem smo dobili število prebivalcev v treh sociourbanih strukturah: ruralnem območju, urbanem območju s poselitvijo z enodružinskimi hišami in urbanem območju s poselitvijo z bloki.

V nadaljevanju smo določili deleže prebivalcev posamezne sociourbane strukture v posamezni občini po popisu leta 2002.

Na spletni strani SURS so na razpolago podatki o številu prebivalcev po posameznih občinah na dan 31. 12. 2005  $p_k$  in za popis leta 2002  $p_{2002,k}$ , posredoval pa nam jih je tudi SURS direktno. Ti podatki so bili osnova za preračun podatkov iz popisa 2002 na stanje na dan 31. 12. 2005, saj smo predpostavili, da je znotraj posameznih občin decembra 2005 enako razmerje  $o_{a,k}$  med številom prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s poselitvijo z enodružinskimi hišami in z bloki, kot je bilo leta 2002. Razmerje smo določili z enačbo številka 10, število prebivalcev posamezne sociourbane strukture v posamezni občini  $p_{a,k}$  pa z enačbo številka 9.

S seštevanjem prebivalcev po posameznih tipih poselitve po posameznih ostalih občinah  $p_{a,k}$  smo z enačbo številka 8 dobili podatke o številu prebivalcev v štirih poselitvenih območjih  $P_{OST,a}$ , s tem da je za četrto poselitveno območje število prebivalcev 0.

Ker se POSD zbirajo ločeno, Snaga razpolaga s podatki o njihovi količini v b-tem obdobju  $M_{\text{POSD},a=4,b}$ , prav tako pa tudi s podatki o količini zbranih PMGO za obravnavana obdobja v b-tem obdobju in so razvidni iz preglednice 11.

V prilogi C so prikazani podatki o številu prebivalcev, in sicer so v prilogi C1 prikazani podatki, ki nam jih je posredoval SURS o številu prebivalcev v hišah in blokih po popisu leta 2002.

Na osnovi ogleda krajev na ortofoto načrtih in na terenu smo razdelili število prebivalcev v hišah na prebivalce ruralnega območja in prebivalce urbanega območja s poselitvijo z enodružinskimi hišami. S tem smo dobili število prebivalcev v treh sociourbanih strukturah: ruralnem območju, urbanem območju s poselitvijo z enodružinskimi hišami in urbanem območju s poselitvijo z bloki kot je razvidno iz priloge C2.

V nadaljevanju smo po enačbi številka 10 določili deleže prebivalcev posameznih sociourbanih struktur po posameznih ostalih občinah leta 2002, kot je razvidno iz priloge C3, ter po enačbi številka 9 - število prebivalcev na dan 31. 12. 2005, kot je prikazano iz priloge C4.

Po enačbi številka 8 je v preglednici 6 prikazan izračun skupnega števila prebivalcev v štirih sociourbanih strukturah v ostalih 13-ih občinah.

Preglednica 6: Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture na skupnem območju ostalih 13 občin na dan 31. 12. 2005

Table 6: The number of inhabitants of an individual sociourban structure in the common area of other 13 municipalities on 31. 12. 2005

Poselitvena območja (a)	prebivalcev ( $P_{\text{OST},a}$ )
1. ruralno območje	66.114
2. urbano območje-en. hiše	32.491
3. urbano območje-bloki	16.148
4. urbano območje-mešano	0
SKUPAJ $P_{\text{OST}}$	114.753

V nadaljevanju je prikazana določitev števila prebivalcev po posameznih območjih v MOL. LGB, d.d. je grafično prikazal šest območij poselitve v MOL in posredoval podatke SURS v formatu SHP. SURS nam je posredoval podatke o številu državljanov v šestih sociourbanih strukturah v MOL na dan 31. 12. 2005. Podatki so prikazani v prilogi C5.

Število državljanov RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, povezanih na koordinate hišnih števil oziroma centroide stavb znotraj MOL je 253.569, v izbrane sociourbane strukture pa jih je razporejenih 2.213 več. Do razlike je prišlo zaradi dvojnega štetja centroidov stavb, ki se nahajajo na meji poligonov sociourbanih struktur. To dvojno štetje smo zanemarili in upoštevali skupno število državljanov 255.782.

V nadaljevanju smo število državljanov na nepozidanem območju vključili k številu prebivalcev na ruralnem območju, št. prebivalcev v industrijski coni pa k številu prebivalcev v urbanem območju z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora. Tako je v prilogi C6 prikazano število državljanov po posameznih štirih sociourbanih strukturah v MOL na dan 31. 12. 2005.

Na osnovi razmerja med številom državljanov in številom prebivalcev v MOL na dan 31. 12. 2005 smo po enačbi 7 izračunali še število prebivalcev po posameznih štirih sociourbanih strukturah z upoštevanjem, da je razmerje med prebivalci enako razmerju med državljani, kar je prikazano v preglednici 7. Število prebivalcev MOL na dan 31. 12. 2005 je  $p_{MOL} = 266.941$ , podatek pa je na razpolago na spletni strani SURS.

Preglednica 7: Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture na območju MOL na dan 31. 12. 2005

Table 7: The number of inhabitants of an individual sociourban structure in the CML on 31. 12. 2005

Poselitvena območja (a)	Št. prebivalcev ( $P_{MOL,a}$ )
1. ruralno območje	3.811
2. urbano območje-en. hiše	130.850
3. urbano območje-bloki	107.801
4. urbano območje-mešano	24.479
SKUPAJ ( $p_{MOL}$ )	266.941

Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture v ljubljanski regiji smo izračunali po enačbi 6. Izračun je prikazan v preglednici 8.

Preglednica 8: Število prebivalcev posamezne sociourbane strukture na območju ljubljanske regije na dan 31. 12. 2005

Table 8: The number of inhabitants of an individual sociourban structure in the Ljubljana region on 31. 12. 2005

Poselitvena območja (a)	Št. preb. v ostalih občinah ( $P_{OST,a}$ )	Št. preb. v MOL ( $P_{MOL,a}$ )	Št. preb. v ljubljanski regiji ( $P_a$ )
1. ruralno območje	66.114	3.811	69.925
2. urbano območje-en. hiše	32.491	130.850	163.341
3. urbano območje-bloki	16.148	107.801	123.949
4. urbano območje-mešano	0	24.479	24.479
SKUPAJ	114.753	266.941	381.694

V nadaljevanju smo na osnovi evidenc Snage pripravili popise naslovov hiš oziroma blokov, katerih prebivalci prinašajo odpadke na odzemna mesta, zajeta v ožjih območjih posameznih poselitvenih območij in so povzročili odpadke, zajete v posameznem vzorcu.

Tako opredeljena štiri ožja območja smo posredovali SURS, ki nam je podal število državljanov RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, na teh štirih območjih, kar je razvidno iz priloge D1.

Po enačbi 5 smo izračunali število prebivalcev po posameznih ožjih območjih ob predpostavki, da je razmerje med številom državljanov in številom prebivalcev enako v MOL in v ožjih območjih, saj so ožja območja locirana v MOL. Izračun je prikazan v prilogi D2.

V prilogi E so prikazane mase vzorcev odpadkov in trajanje povzročanja te mase ter mase na prebivalca po posameznih poselitvenih območjih. V prilogi E1 so prikazane mase vzorcev odpadkov, povzročene na ožjih območjih posameznih poselitvenih območij in stehane na dovozni tehtnici na odlagališču Barje.

Iz evidence Snage smo pridobili podatke o dnevih rednega odvoza PMKO s posameznih ožjih območij. Tako smo določili, v kolikšnem času so prebivalci povzročili stehano količino

vzorca, saj so redni odvozi vedno na isti dan v tednu, pa tudi vzorce so bili odvzeti na dan rednega odvoza. V prilogi E2 so prikazani dnevi rednih odvozov s štirih ožjih območij za 1. in 2. obdobje, poudarjeni pa so dnevi odvoza predmetnih vzorcev.

V nadaljevanju smo po enačbi 4 izračunali mase povzročenih odpadkov v dveh polletnih obdobjih na ožjih področjih posameznih poselitvenih območij na prebivalca. Vsota obeh polletnih količin je letna količina povzročenih odpadkov na prebivalca. Predpostavili smo, da količine veljajo tudi na celotnih poselitvenih območjih. Izračun je prikazan v prilogi E3.

PMKO, ki jih Snaga prevzema na odlagališču Barje, so sestavljeni iz PMGO in POSD, ki se na območju MOL zbirajo posebej.

V preglednici 9 je prikazan izračun mase PMGO po posameznih sociourbanih strukturah po enačbi 3 brez upoštevanja mase POSD.

Če primerjamo dejansko stehtane količine PMGO v vseh treh obdobjih iz preglednice 11 in količino PMGO, izračunano v preglednici 9, ugotovimo, da je razlika v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006 27%, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 5% in v skupnem obdobju od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006 10%. Smatramo, da je izračun v preglednici 9 v mejah sprejemljivega in ga lahko uporabimo za izračun deležev.

Preglednica 9: Mase PMGO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006

Table 9: The masses of RMHW in individual sociourban structures in the 1<sup>st</sup> December 2005 - 31<sup>st</sup> May 2006, 1<sup>st</sup> June 2006 - 30<sup>th</sup> November 2006 and 1<sup>st</sup> December 2005 - 30<sup>th</sup> November 2006 periods

Poselitvena obm. (a)	$M_{p_{a,b=1}}$ kg/preb	$M_{p_{a,b=2}}$ kg/preb	$\sum_{b=1-2} M_{p_{a,b}}$ kg/preb	$P_a$	$M_{a,b=1}$ kg	$M_{a,b=2}$ kg	$\sum_{b=1-2} M_{a,b}$ kg
1. ruralno območje	202,8808	216,7283	419,6092	69,925	14.186.440	15.154.730	29.341.170
2. urbano obm.-en. hiše	272,6784	155,1943	427,8728	163,341	44.539.563	25.349.600	69.889.162
3. urbano obm.-bloki	80,5199	100,1825	180,7024	123,949	9.980.361	12.417.518	22.397.880
4. urbano obm.-mešano	99,6251	136,4217	236,0469	24,479	2.438.723	3.339.467	5.778.190



Glede na to, da količina POSD nastaja predvsem v urbanem območju z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora, smo maso POSD prišteli k masi povzročenih odpadkov v gospodinjstvih v tem območju, tako da je v preglednici 10 prikazan izračun mase PMKO po posameznih sociourbanih strukturah po enačbi 3 z upoštevanjem mase PMGO in POSD.

Če primerjamo dejansko stehtane količine PMKO v vseh treh obdobjih iz preglednice 11 in količino PMKO, izračunano v preglednici 10, ugotovimo, da je razlika v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006 22%, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 4% in v skupnem obdobju od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006 8%. Smatramo, da je izračun v preglednici 10 v mejah sprejemljivega in ga lahko uporabimo za izračun deležev.

Preglednica 10: Mase povzročenih PMKO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006

Table 10: The masses of generated RMMW in individual sociourban structures in the 1<sup>st</sup> December 2005 - 31<sup>st</sup> May 2006, 1<sup>st</sup> June 2006 - 30<sup>th</sup> November 2006 and 1<sup>st</sup> December 2005 - 30<sup>th</sup> November 2006 periods

Poselitvena obm. (a)	$M_{p,a,b=1}$ kg/preb	$M_{p,a,b=2}$ kg/preb	$\sum_{b=1-2} M_{p,a,b}$ kg/preb	$P_a$	$M_{a,b=1}$ kg	$M_{a,b=2}$ kg	$\sum_{b=1-2} M_{a,b}$ kg
1. ruralno območje	202,8808	216,7283	419,6092	69.925	14.186.440	15.154.730	29.341.170
2. urbano obm.-en. hiše	272,6784	155,1943	427,8728	163.341	44.539.563	25.349.600	69.889.162
3. urbano obm.-bloki	80,5199	100,1825	180,7024	123.949	9.980.361	12.417.518	22.397.880
4. urbano obm.-mešano POSD	99,6251	136,4217	236,0469	24.479	14.403.023 11.964.300	15.450.667 12.111.200	29.853.690 24.075.500
SKUPAJ				381.694	83.109.386	68.372.515	151.481.902

Ker se POSD zbirajo posebej, Snaga razpolaga s podatki o njihovi količini v ljubljanski regiji, prav tako pa tudi s podatki o količini zbranih MKO iz gospodinjstev za obravnavana obdobja v ljubljanski regij, ki so razvidni iz preglednice 11 (Deponija..., 2007).

Preglednica 11: Mase PMGO in POSD v ljubljanski regiji v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006

Table 11: Masses of RMHW and MWPTS in Ljubljana region in the 1<sup>st</sup> December 2005 - 31<sup>st</sup> May 2006, 1<sup>st</sup> June 2006 - 30<sup>th</sup> November 2006 and 1<sup>st</sup> December 2005 - 30<sup>th</sup> November 2006 periods

Vrsta PMKO	1.12.05 do 31.5.06 - $t_{b=1}$	1.6.06 do 30.11.06 - $t_{b=2}$	1.12.05 do 30.11.06 - $\sum_{b=1-2} t_b$
PMGO ( $M_{PMGO,b}$ ) v kg	56.175.700	59.471.300	115.647.000
POSD ( $M_{POSD,a=4,b}$ ) v kg	11.964.300	12.111.200	24.075.500
Skupaj PMKO ( $M_{PMKO,b}$ ) v kg	68.140.000	71.582.500	139.722.500

### 5.1.3 Določitev deleža odpadkov posamezne sociourbane strukture v skupni količini odpadkov

Deleže mas odpadkov posameznih območij poselitve v skupni masi PMKO oziroma prispevke posameznih sociourbanih struktur k skupni količini PMKO v določenih polletnih obdobjih smo izračunali po enačbi 2, po enačbi 1 pa deleže v obdobju enega leta.

V preglednici 12 so prikazani izračunani deleži mas PMGO posameznih območij poselitve, v preglednici 13 pa so prikazani deleži mas PMKO, to je PMGO in POSD skupaj.

Preglednica 12: Deleži mas PMGO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006

Table 12: Mass portions of RMHW in individual sociourban structures in 1<sup>st</sup> December 2005 - 31<sup>st</sup> May 2006, 1<sup>st</sup> June 2006 - 30<sup>th</sup> November 2006 and 1<sup>st</sup> December 2005 - 30<sup>th</sup> November 2006 periods

Poselitvena območja (a)	$M_{a,b=1}$ kg	$M_{a,b=2}$ kg	$\sum_{b=1-2} M_{a,b}$ kg	$D_{a,b=1}$ %	$D_{a,b=2}$ %	$D_a$ %
<b>1. ruralno območje</b>	14.186.440	15.154.730	29.341.170	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>23</b>
<b>2. urbano območje-en. hiše</b>	44.539.563	25.349.600	69.889.162	<b>63</b>	<b>45</b>	<b>55</b>
<b>3. urbano območje-bloki</b>	9.980.361	12.417.518	22.397.880	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>18</b>
<b>4. urbano območje-mešano</b>	2.438.723	3.339.467	5.778.190	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>SKUPAJ</b>	71.145.086	56.261.315	127.406.402	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Preglednica 13: Deleži mas PMKO v posameznih sociourbanih strukturah v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006

Table 13: Mass portions of RMMW in individual sociourban structures in the 1<sup>st</sup> December 2005 - 31<sup>st</sup> May 2006, 1<sup>st</sup> June 2006 - 30<sup>th</sup> November 2006 and 1<sup>st</sup> December 2005 to 30<sup>th</sup> November 2006 periods

Poselitvena območja (a)	$M_{a,b=1}$ kg	$M_{a,b=2}$ kg	$\sum_{b=1-2} M_{a,b}$ kg	$D_{a,b=1}$ %	$D_{a,b=2}$ %	$D_a$ %
<b>1. ruralno območje</b>	14.186.440	15.154.730	29.341.170	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>19</b>
<b>2. urbano območje-en. hiše</b>	44.539.563	25.349.600	69.889.162	<b>54</b>	<b>37</b>	<b>46</b>
<b>3. urbano območje-bloki</b>	9.980.361	12.417.518	22.397.880	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>15</b>
<b>4. urbano območje-mešano</b>	14.403.023	15.450.667	29.853.690	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>20</b>
<b>SKUPAJ</b>	83.109.386	68.372.515	151.481.902	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Prispevek posameznih sociourbanih struktur k skupni količini odpadkov ljubljanske regije, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje organskih odpadkov, predstavlja v preglednicah 12 in 13 podatek  $D_{a,b=1}$ , to je prispevek v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, kajti v tem obdobju na teh območjih še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje organskih odpadkov.

Prispevek posameznih sociourbanih struktur k skupni količini odpadkov ljubljanske regije, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje organskih odpadkov, predstavlja v preglednicah 12 in 13 podatek  $D_{a,b=2}$ , to je prispevek v obdobju od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006, kajti v tem obdobju je na teh območjih že bilo uvedeno ločeno zbiranje organskih odpadkov.

## 5.2 Sejalno-sortirne analize

V mesecu marcu leta 2006 je Snaga sama izvedla sejalno-sortirne analize PMGO iz območja, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov in sejalno-sortirne analize PMGO in ločeno zbranih bioloških odpadkov s področja, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov. V mesecu oktobru 2006 je za Snago izvedel sortirne analize Kemijski inštitut iz Ljubljane, v letu 2007 pa je obsežne sejalno-sortirne analize izvedla Snaga predvsem za potrebe dimenzioniranja naprave za obdelavo PMKO.

### 5.2.1 Sejalno-sortirne analize za zimo 2005/06

Snaga je v novembru leta 2005 začela uvajati ločeno zbiranje bioloških odpadkov, tako da je bilo v mesecu marcu že uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov le na manjšem območju MOL.

V mesecu marcu 2006 je Snaga izvedla sejalno-sortirno analizo PMGO z odvzemom enega vzorca velikosti okoli 15 m<sup>3</sup> v vsakem izmed petih različnih poselitvenih območij, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov. Snaga je ločila urbana območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami v mestu in izven mesta, čeprav Uredba teh dveh območij ne ločuje in opredeljuje le štiri poselitvena območja navedena v poglavju 5.1.1 tega magistrskega dela.

V sejalno-sortirni analizi so bili zajeti tudi vzorci s področja, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO (biološko razgradljivi odpadki) in sicer vzorca PMGO in vzorca ločeno zbranih BIOO z območij s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami in s prevladujočo blokovsko poselitvijo ter vzorec PMGO z s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami s kompostiranjem na lastnem vrtu.

Vzorci odpadkov so bili presejani na sejalnem stroju v štiri velikostne frakcije, in sicer 0 - 10 mm, 10 - 40 mm, 40 - 100 mm ter več kot 100 mm. Velikostno frakcijo 0 - 10 mm je predstavljala zemlja in druga organska snov, velikostno frakcijo 10 - 40 mm so predstavljali vrtni in kuhinjski odpadki ter predvsem papir in plastika, velikostni frakciji 40 - 100 mm ter več kot 100 mm so predstavljali predvsem plastična folija, lepenka, karton (Mele, 2006).

Iz preglednice 14 je razviden seznam frakcij PMGO, ki jih v magistrskem delu obravnavamo kot rezultat sejalno-sortirne analize v mesecu marcu 2006 in tudi kasneje.

V prilogi F1 so prikazani rezultati sejalno-sortirne analize posameznih vzorcev za prva štiri poselitvena območja, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov (Mele, 2006).

Preglednica 14: Seznam in zaporedna številka frakcij PMGO

Table 14: The RMMW fractions list and their successive numbers

Z. št.	FRAKCIJE (f)
1	EMBALAŽNI PAPIR
2	NEEMBALAŽNI PAPIR
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK
6	PLASTIČNA FOLIJA
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA
8	TEKSTIL
9	HIGIENSKI TEKSTIL
10	USNJE, GUMA
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE, SLAMA, PLUTA
21	ODPADKI HRANE, KRUIH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI
22	OBDELAN LES
23	ČISTI ORGANSKI ODPADKI 10-40 mm
24	MEŠANICA SEST. 10-40 mm - brez čistih org. odp. 10-40 mm
25	DROBNE ORG. SEST. IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODP.-baterije, zdravila, čistila,...)

Za nadaljnje izračune, prikazane v prilogah F2, F3, F4 in F5, smo upoštevali prispevke oziroma deleže posameznih poselitvenih območij, izračunane v poglavju 5.1. tega magistrskega dela.

Če želimo določiti količino posamezne frakcije v celotni količini PMGO posamezne sociourbane strukture, uporabimo izračunane deleže sociourbanih struktur za 1. obdobje, to je za obdobje od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, ki smo jih izračunali v točki 5.1, in stehtano količino PMKO, pripeljanih na odlagališče Barje v tem obdobju. Stehtano količino razdelimo po izračunanih deležih na maso po štirih sociourbanih strukturah in le-to razdelimo na posamezne frakcije z upoštevanjem, da je razmerje frakcij v vzorcu iz posamezne sociourbane strukture enako razmerju frakcij v celotni količini odpadkov iz posamezne

sociourbane strukture. Količino posamezne frakcije v celotni količini PMKO za 1. obdobje, to je za obdobje od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, predstavlja vsota posamezne frakcije v štirih sociourbanih strukturah.

Delež posamezne frakcije v celotni količini PMKO v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, izračunamo po enačbi:

$$O_{f,b=1} = \sum_{f=1-26} \sum_{a=1-4} M_{f,a} \times 100 \% / M_{PMKO,b=1} \quad (11)$$

$$M_{f,a} = m_{f,a} / m_{VZ,a} \times M_{D,a} \quad (12)$$

$$M_{D,a} = D_{a,b=1} \times M_{PMKO,b=1} \quad (13)$$

$O_{f,b=1}$  delež f-te frakcije v celotni količini PMKO v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006

f zaporedna številka posamezne frakcije odpadkov (od 1 do 26), kot je razvidno iz preglednice 14

a zaporedna številka posamezne sociourbane strukture oziroma poselitvenega območja (od 1 do 4), in sicer v našem primeru:

1. ruralno območje
2. urbano območje s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami
3. urbano območje s prevladujočo blokovsko poselitvijo
4. urbano območje z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora

$M_{f,a}$  masa f-te frakcije v masi prevzetih odpadkov iz a-te sociourbane strukture v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006

$M_{PMKO,b=1}$  celotna masa prevzetih PMKO v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, razvidna iz preglednice 11

$m_{f,a}$  masa f-te frakcije v vzorcu iz a-te sociourbane strukture v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, razvidna iz priloge F1

$m_{VZ,a}$  masa vzorca iz a-te sociourbane strukture v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, razvidna iz priloge F1

$M_{D,a}$  masa prevzetih PMKO iz a-te sociourbane strukture v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006

$D_{a,b=1}$  delež a-te sociourbane strukture v skupni količini MKO v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, razviden iz preglednice 13.

Delež posamezne frakcije  $O_{f,a}$  v količini PMKO iz a-te sociourbane strukture v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, izračunamo po enačbi:

$$O_{f,a} = M_{f,a} \times 100 \% / M_{D,a} \quad (14)$$

Izračunane mase in deleži posameznih frakcij v masi PMKO iz posameznih poselitvenih območij v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, so razvidni iz priloge F2, izračunane mase in deleži posameznih frakcij v celotni količini PMKO prevzetih na odlagališču v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, pa so razvidni iz preglednice 15.

Če primerjamo mase frakcij PMKO, ki so določene kot rezultat sejnalno-sortirne analize za zimo 2005/06 (Mele, 2006) in mase frakcij, ki smo jo izračunali na osnovi deležev iz poglavja 5.1 tega magistrskega dela in so razvidne iz preglednice 15, ugotovimo, da je največja razlika pri masi organskih odpadkov velikosti od 10 do 40 mm, in sicer smo jih izračunali za 4,3% več. Izračunali smo še za 3,2% manj mešanice sestavin velikosti od 10 do 40 mm in 2,1% manj drobne organske frakcije z rodovitno zemljo. Razlike pri ostalih frakcijah se gibljejo v mejah od 0 do 1%.

V nadaljevanju bomo prikazali še rezultate sejnalno-sortirne analize treh vzorcev PMKO iz območja, kjer je bilo meseca marca 2006 že uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov.

Iz priloge F3 so razvidne mase in deleži frakcij vzorcev MKO iz urbanega območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami in s prevladujočo blokovsko poselitvijo, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO, in sicer ločeno za hiše z ločenim odvzedom BIOO in ločeno za hiše s kompostiranjem na lastnem vrtu.

Preglednica 15: Mase in deleži frakcij PMKO v celotni količini PMKO, prevzetih na odlagališče Barje v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, na območju, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO

Table 15: The masses and portions of RMMW fractions in total amount of RMMW, that were received in Barje landfill during the first period (ie. from 1<sup>st</sup> December 2005 to 31<sup>st</sup> November 2006) in the area, where separate collecting BLOW had not been introduced yet

Z.št.	FRAKCIJE (f)	SKUPAJ	
		$\sum M_{f,a=1-4}$ (kg)	$O_{f,b=1}$ (%)
1	EMBALAŽNI PAPIR	380.398	0,56
2	NEEMBALAŽNI PAPIR	6.308.552	9,26
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)	505.244	0,74
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN	1.507.078	2,21
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK	2.111.819	3,10
6	PLASTIČNA FOLIJA	4.645.417	6,82
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	2.362.456	3,47
8	TEKSTIL	2.639.909	3,88
9	HIGIENSKI TEKSTIL	2.510.337	3,68
10	USNJE, GUMA	389.273	0,57
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	1.138.693	1,67
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	2.012.120	2,95
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	815.300	1,20
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	228.656	0,34
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	35.607	0,05
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	823.364	1,21
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	248.018	0,36
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	655.792	0,96
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	80.950	0,12
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE, SLAMA, PLUTA	11.490.952	16,86
21	ODPADKI HRANE, KRUH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI	1.022.431	1,50
22	OBDELAN LES	629.696	0,92
23	ČISTI ORGANSKI ODPADKI 10-40 mm	13.858.988	20,34
24	MEŠANICA SEST. 10-40 mm -brez čistih org. odp. 10-40 mm	3.475.107	5,10
25	DROBNE ORG. SEST. IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	8.060.972	11,83
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODP.-baterije, zdravila, čistila,..)	202.869	0,30
Skupaj	$M_{PMKO,b=1}, \sum O_{f,b=1}$	68.140.000	100,00

Iz istih ožjih območij, kjer sta bila odvzeta vzorca PMKO, sta bila odvzeta tudi vzorca ločeno zbranih BIOO, vsi v času rednih odvozov na tistem območju. V prilogi F4 smo na osnovi podatkov o masi vzorcev, dnevih rednih odvozov in dnevih odvzema vzorcev (označeno poudarjeno) z obravnavanega območja izračunali dnevno količino in procente preostanka PMKO in ločeno zbranih BIOO.



Iz priloge F4 vidimo, da je pri enodružinskih hišah ločeno zbiranje BIOO dokaj uspešno, medtem ko je pri blokkih neuspešno. Vendar pa moramo upoštevati, da je bila analiza izvedena v času obrezovanja grmičevja in živih mej, tako da so pretežni del bioloških odpadkov predstavljali tovrstni in ne kuhinjski odpadki.

### **5.2.2 Sortirne analize za jesen 2006**

V mesecu oktobru 2006 so bile za jesen 2006 v skladu z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih izvedene sortirne analize PMGO z območja, s katerega se sprejemajo PMKO na odlagališče Barje. Snaga je zagotovila vzorce PMKO iz štirih sociourbanih struktur za samo sortirno analizo, ki jo je izvedel Kemijski inštitut iz Ljubljane.

Snaga je znotraj ožjih območij pobrala le od 505 do 657 kg PMKO, saj Uredba o odlaganju zahteva minimalni vzorec 500 kg. Zajeta so bila ista ožja območja kot pri sejhalno-sortirni analizi meseca marca 2006. Iz celih ožjih območij so bili hkrati odvzeti vzorci volumna ca. 15 m<sup>3</sup> oziroma 960 do 1.800 kg, ki so bili samo stehtani, podatke pa smo uporabili za izračun deležev posameznih sociourbanih struktur v obdobju od 1. junija do 30. novembra 2006, kot je razvidno iz poglavja 5.1, deleži pa so prikazani v preglednici 13.

Kemijski inštitut je vodil sortiranje vzorcev, ki so ga izvajali delavci Snage. Sortiranje se je izvajalo v 6 frakcij in ostanek, torej skupaj v 7 frakcij, ki so razvidne iz preglednice 16. Pri izračunu poprečnega deleža posamezne frakcije v PMKO je Kemijski inštitut uporabil podatke o polletni masi prevzetih PMKO iz karakterističnih območij poselitve, ki smo jih izračunali mi na osnovi skupne količine prevzetih PMKO na odlagališče Barje in izračunanih deležev, prikazanih v preglednici 13 za obdobje od 1. junija do 30. novembra 2006.

Izračunana masa posamezne frakcije v obdobju od 1. junija do 30. novembra 2006, upoštevajoč masne deleže posameznih frakcij iz sortirne analize KI in prevzeto količino odpadkov na odlagališče v tem obdobju, je prikazana v preglednici 16 (Grilc, Husić, 2006a).

Preglednica 16: Mase in deleži frakcij PMKO v celotni količini PMKO, prevzetih na odlagališče Barje v 2. obdobju, to je v obdobju od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 (Grilc, Husić, 2006a).

Table 16: The masses and portions of RMMW fractions in total amount of RMSW, that were received in Barje landfill during the second period (ie. from 1<sup>st</sup> June 2006 to 30<sup>th</sup> November 2006) (Grilc, Husić, 2006a).

Z.št.	FRAKCIJE	SKUPAJ	
		Masa (kg)	Delež (%)
1	PAPIR IN LEPENKA, VKLJUČNO Z EMBALAŽO IZ PAPIRJA IN LEPENKE	14.524.089	20,3
2	NARAVNI LES, LUBJE, SLAMA IN DRUGA ZELENA BIOMASA	9.921.335	13,9
3	KUHINJSKI ODPADKI	13.142.547	18,4
4	OBDELAN LES, VKLJUČNO Z EMBALAŽO IZ LESA	114.532	0,2
5	PLASTIKA IN SESTAVLJENI MATERIALI IZ PLASTIKE, TEKSTIL	21.324.427	29,8
6	STEKLO, KOVINE IN DRUGE NEGORLJIVE SNOVI, KAKOR SO: OEEO, BATERIJE IN PODOBNO	9.799.644	13,7
7	OSTANEK PO PREBIRANJU	2.741.610	3,8
Skupaj		71.582.500	100,0

Sortirni analizi, izvedeni v mesecu marcu in v mesecu oktobru 2006, ne moremo direktno primerjati, saj imamo v prvem primeru 26 frakcij, v drugem pa 7. Pri izračunu povprečnega letnega vzorca PMKO (hipotetični vzorec) smo izvedli primerjavo in določili povprečne deleže 26 frakcij v PMKO za obdobje od decembra 2005 do novembra 2006.

### 5.2.3 Priprava hipotetičnega vzorca

V nadaljevanju smo se odločili, da sestavimo povprečni modelni vzorec PMKO, ki upošteva rezultate sortirnih analiz, ki jih je izvedla Snaga meseca marca 2006 za zimo 2005/06 in KI meseca oktobra 2006 za jesen 2006. Modelni vzorec smo sestavili v začetku aprila 2007.

Podatke o deležih 26-ih frakcij odpadkov, iz sortirne analize marca 2006, ki so razvidni iz preglednice 15, smo združili v 7 enakih frakcij, kot so bile presortirane v sortirni analizi oktobra 2006 in so prikazane v preglednici 16. Določili smo deleže posameznih izmed 26 frakcij znotraj združenih 7 frakcij ter potem v enakem razmerju 7 frakcij odpadkov iz analize oktobra razdelili na 26 frakcij. V nadaljevanju smo na osnovi letne količine odpadkov

izračunali povprečne deleže vsake izmed 26 frakcij odpadkov v PMKO v obdobju od decembra 2005 do novembra 2006, tako da smo na osnovi deležev izračunali še maso vsake izmed frakcij v obdobju od junija do novembra 2006, sešteli masi obeh polletnih obdobj ter vsoto delili z letno količino odpadkov. Polletni in letna masa PMKO so prikazane v preglednici 11. Priloga F5 prikazuje navedeno v tem odstavku, v preglednici 17 pa so po vrstnem redu prikazani poprečni letni deleži 26 frakcij odpadkov v PMKO.

V dogovoru s KI, ki je izvajal fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti, smo se odločili, da pripravimo vzorec z maso 20 kg. Ta vzorec bi razdelili v vzorec z maso 5 kg, ki bi ga uporabili za sumarne analize in v vzorec z maso 15 kg, ki bi ga presortirali na lahko in težko frakcijo in ostanek. Zaradi bojazni, da zaradi majhnosti vzorca ne bomo mogli zagotoviti, da bosta tako razdeljena vzorca še povprečna, smo se odločili, da posebej sestavimo vzorec z maso 5 kg in posebej vzorec z maso 15 kg.

Obstajajo fotografije posameznih frakcij iz sortirne analize marca 2006 za zimo 2005/06, ki so nam bile v pomoč pri sestavi modelnega vzorca. Modelni vzorec smo sestavili iz 26 frakcij PMKO, ki smo jih odvzeli na samem odlagališču, v masnih deležih določenih v preglednici 17.

Smetarsko vozilo je pripeljalo PMKO iz gospodinjstev in jih je iztreslo na odlagališču, kar je razvidno iz slike 10. Odpadki so bili večinoma v vrečah, zato smo s priročnim orodjem raztrgali vreče in delno homogenizirali odpadke ter pričeli z ročnim zbiranjem posameznih frakcij. Vsako frakcijo smo shranjevali v svojo plastično vrečo.

Ko smo imeli približno potrebne količine posameznih 26 frakcij, smo le-te odnesli v prostor s tehtnico in pristopili k tehtanju posamezne frakcije za sestavo 5 kg in 15 kg vzorca. Frakcije smo tehtali z digitalno tehtnico z natančnostjo plus minus 1g. Stehtane potrebne mase vseh 26 frakcij bi morali homogenizirati in tako dobiti povprečni vzorec z maso 5 kg in povprečni vzorec z maso 15 kg. Vendar v dogovoru s KI tega nismo storili, saj bi na KI sledilo primarno sortiranje pripeljanega vzorca, čemur smo se izognili tako, da je bil 5 kg vzorec sestavljen iz petih vreč (številka vreč 1 do 5) in 15 kg vzorec, sestavljen prav tako iz petih vreč (številka vreč 6 do 10) z naslednjimi homogeniziranimi frakcijami:

- v vrečah št. 1 in 6 so bile frakcije št. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 24, razvidne iz preglednice 14
- v vrečah št. 2 in 7 so bile frakcije št. 10, 11, 22, 26, razvidne iz preglednice 14
- v vrečah št. 3 in 8 so bile frakcije št. 12, 13, 14, 15, razvidne iz preglednice 14
- v vrečah št. 4 in 9 so bile frakcije št. 16, 17, 18, 19, razvidne iz preglednice 14
- v vrečah št. 5 in 10 so bile frakcije št. 20, 21, 23, 25, razvidne iz preglednice 14.

Preglednica 17: Deleži frakcij v modelnem povprečnem vzorcu PMKO v obdobju od 1. december 2005 do 30. november 2006, prikazani po vrstnem redu

Table 17: The fraction portions in the model average sample of RMMW from 1<sup>st</sup> December 2005 to 31<sup>st</sup> November 2006 presented in order of precedence

Z.št.	FRAKCIJE (f)	$\sum_{b=1-2} O_{f,b}$ (%)
1	EMBALAŽNI PAPIR	0,64
2	NEEMBALAŽNI PAPIR	10,58
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)	0,85
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN	2,53
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK	3,54
6	PLASTIČNA FOLIJA	8,98
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	4,57
8	TEKSTIL	5,11
9	HIGIENSKI TEKSTIL	4,84
10	USNJE, GUMA	0,75
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	2,09
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	3,70
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	1,50
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	0,43
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	0,06
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	1,52
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0,45
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	1,20
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0,15
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE, SLAMA, PLUTA	15,32
21	ODPADKI HRANE, KRUIH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI	1,15
22	OBDELAN LES	0,53
23	ČISTI ORGANSKI (BIOGENI) ODPADKI 10-40 mm	15,60
24	MEŠANICA SEST.10-40 mm (brez čistih org. odpadkov 10-40 mm)	4,45
25	DROBNE ORG. SEST. IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	9,08
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODPADKI-baterije, zdravila, čistila,...)	0,38
Skupaj		100,00



Slika 10: Pripeljani odpadki za zajem različnih frakcij

Figure 10: The conveyed waste being ready for sorting



Slika 11: Vreče z vzorci za odvoz v analizo

Figure 11: The bags with samples ready to be transported into analysis

V vreče shranjene vzorce smo odpeljali v kemijsko analizo in analizo biorazgradljivosti na Kemijski inštitut. Pripravljene vreče so prikazane na sliki 11.

Vsako frakcijo PMKO, ki smo jo uporabili za sestavo modelnega vzorca, smo tudi fotografirali, fotografije pa so priložene v prilogi G.



Slika 12: Frakcija št. 1 iz sortirne analize

Figure 12: The fraction n. 1 from the sorting analysis



Slika 13: Frakcija št. 1 za modelni vzorec

Figure 13: The fraction n. 1 for the model sample



Slika 14: Frakcija št. 6 iz sortirne analize  
Figure 14: The fraction n. 6 from the sorting analysis



Slika 15: Frakcija št. 6 za modelni vzorec  
Figure 15: The fraction n. 6 for the model sample



Slika 16: Frakcija št. 24 iz sortirne analize  
Figure 16: The fraction n. 24 from the sorting analysis



Slika 17: Frakcija št. 24 za modelni vzorec  
Figure 17: The fraction n. 24 for the model sample

Za primerjavo so na slikah 12 do 17 prikazane fotografije frakcij pod zaporednimi številkami 1 (embalažni papir), 6 (plastična folija) in 24 (mešanica sestavin od 10 do 40 mm - brez čistih org. odpadkov od 10 do 40 mm), izsortirane v sejnalno-sortirni analizi marca 2006, in fotografije navedenih frakcij za pripravo modelnega povprečnega vzorca.

#### 5.2.4 Sejnalno-sortirne analize za pomlad, poletje, jesen 2007 in zimo 2007/08

V letu 2007 in pozimi leta 2008 je Snaga izvedla obsežne sejhalno-sortirne analize velikih vzorcev PMKO iz gospodinjstev (PMGO), PMKO iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti (POSD), ločeno zbranih BIOO, kosovnih odpadkov ter ločeno zbranega papirja, stekla in embalaže iz zbiralnic. Analize so potekale po letnih časih (pomlad, poletje, jesen, zima) in po petih prispevnih območjih, enako kot leta 2006.

Odpadki so se sejali v štiri velikostne frakcije (<10 mm, 10 - 40 mm, 40 - 100 mm, >100 mm) in sortirali tudi v 34 različnih frakcij. PMKO so bili presortirani v 33 oziroma 34 frakcij, zaradi boljše preglednosti pri prikazovanju rezultatov pa so bile potem frakcije združene v deset glavnih frakcij (Mele, 2008).

V letu 2007 je bilo na odlagališče prevzetih 108.033 ton PMGO in 23.559 ton POSD, kar skupaj pomeni 131.592 ton PMKO. Ločeno zbranih BIOO je bilo 7.969 ton, kosovnih odpadkov 8.166 ton ter ločeno zbranega papirja 6.398 ton, stekla 2.327 ton in embalaže 1.584 ton (Mele, 2008).

Ogledali smo si le rezultate analiz za PMGO in POSD, ki nas zanimajo zaradi nadaljnjega ravnanja z njimi, in jih združili, ker bomo združene uporabili za določitev masnih bilanc v postopkih mehansko-biološke obdelave ter jih prikazali v preglednicah 18, 19, 20 in 21. Z zvezdico so označene zaporedne številke frakcij, ki so se leta 2007 prvič izsortirale, za ostale frakcije pa smo ohranili isto zaporedno številko, kot so jo imele v prejšnjih analizah.

Za snovno izrabo uporabne sestavine papir, karton, lepenka, plastika, kovine in steklo predstavljajo skupno nad 39 masnih % oziroma blizu 71 prostorninskih %. Organske, biološko razgradljive sestavine pomenijo precejšnjo količino glede na masni delež, blizu 38 %, prostorninsko pa okoli 16 % (Mele, 2008).

Zelo pomembna je razporeditev frakcij po velikosti delcev, po velikostnih frakcijah, saj je od tega odvisna njihova izločitev v posameznih postopkih strojno-ročnega izločanja za snovno in/ali energetska izrabo odpadkov. V prilogi H so prikazane mase in deleži posameznih frakcij po posameznih velikostnih frakcijah, in sicer v prilogi H1 za PMGO in v prilogi H2 za POSD (Mele, 2009)

Preglednica 18: Mase in deleži frakcij PMKO v letu 2007 za vse velikostne frakcije, za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj (Mele, 2009)

Table 18: The masses and fraction portions of RMMW in the year 2007, for all fractions according to size, all populated areas and all seasons together (Mele, 2008)

Z.št.	FRAKCIJE (f)	SKUPAJ	
		Masa (kg)	Delež (%)
1	EMBALAŽNI PAPIR	1.180.254	0,90
2	NEEMBALAŽNI PAPIR	12.388.547	9,41
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)	2.005.886	1,52
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN	2.120.076	1,61
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK	5.314.677	4,04
6	PLASTIČNA FOLIJA	12.139.473	9,23
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	7.197.145	5,47
7*	NEEMBALAŽNA PLASTIKA	1.482.824	1,13
8	TEKSTIL	3.873.712	2,94
9	HIGIENSKI TEKSTIL	4.199.490	3,19
10	USNJE, GUMA	1.301.850	0,99
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	2.926.432	2,22
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	3.138.111	2,38
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	1.642.206	1,25
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	362.770	0,28
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	236.462	0,18
15*	NEEMBALAŽNO STEKLO	361.963	0,28
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	1.415.909	1,08
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	1.222.088	0,93
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	731.800	0,56
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	175.209	0,13
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE, SLAMA, PLUTA	12.843.041	9,76
21	ODPADKI HRANE, KRUH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI	1.626.430	1,24
21*	KUHINJSKI ODPADKI	1.999.795	1,52
22	OBDELAN LES	2.793.030	2,12
23	ČISTI ORGANSKI ODPADKI 10-40 mm	14.012.140	10,65
24	MEŠANICA SEST. 10-40 mm -brez čistih org. odp. 10-40 mm	14.465.397	10,99
25	DROBNE ORG. SEST. IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	13.161.035	10,00
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODP.-baterije, zdravila, čistila,...)	5.274.249	4,01
Skupaj		131.592.000	100,00



Preglednica 19: Mase in deleži glavnih frakcij PMKO v letu 2007 za vse velikostne frakcije, za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj (Mele, 2008)

Table 19: The masses and the portions of main fractions of RMMW in the year 2007, for all fractions according to size, all populated areas and all seasons together (Mele, 2008)

Z.št.	GLAVNE FRAKCIJE (f)	SKUPAJ	
		Masa (kg)	Delež (%)
1	PAPIR	14.122.438	10,73
2	KARTON, LEPENKA	9.347.783	7,10
3	PLASTIKA	21.358.943	16,23
4	TEKSTIL	3.912.786	2,97
5	MINERALNE SESTAVINE NAD 40 mm (KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI)	2.608.385	1,98
6	STEKLO	5.876.774	4,47
7	KOVINE	3.537.938	2,69
8	ORGANSKE, BIOLOŠKO RAZGRADLJIVE SESTAVINE VKLJUČNO U OBDELANIM LESOM IN RODOVITNO ZEMLJO	46.492.014	35,33
9	NEVARNE SESTAVINE	140.443	0,11
10	OSTALO OZ. MEŠANICA SESTAVIN	24.194.497	18,39
Skupaj		131.592.000	100,00

Preglednica 20: Mase in deleži PMKO v letu 2007 po velikosti delcev za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj (Mele, 2008)

Table 20: The masses and RMSW portions in the year 2007 according to particles size for all populated areas and all seasons together (Mele, 2008)

Velikost delcev	PMKO	SKUPAJ	
	Masa (t)	Delež (%)	
> 100 mm	52.369	39,80	
40 - 100 mm	37.538	28,53	
Skupaj > 40 mm	89.907	68,32	
10 - 40 mm	28.235	21,46	
< 10 mm	13.450	10,22	
Skupaj < 40 mm	41.685	31,68	
Skupaj	131.592	100,00	

Preglednica 21: Masi in deleža lahke in težke frakcije PMKO v letu 2007 za vse velikostne frakcije, za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj (Mele, 2009)

Table 21: The masses and portions of the light and heavy RMMW fractions in the year 2007 for all fractions according to size, for all populated areas and seasons together (Mele, 2009)

PMKO	SKUPAJ	
Frakcija	Masa (t)	Delež (%)
Lahka	47.706	36,25
Težka	83.886	63,75
Skupaj	131.592	100,00

Iz podatkov o razporeditvi sestavin po velikostnih frakcijah lahko ugotovimo naslednje:

- Papir, karton, lepenka, plastika, tekstil, mineralne sestavine, steklo in kovine predstavljajo okoli 46 masnih % in glavnino odpadkov, večjih od 40 mm.
- Organske, biološko razgradljive sestavine, vključno z rodovitno zemljo predstavljajo okoli 20 masnih % in glavnino odpadkov manjših od 10 mm ter polovico odpadkov velikosti od 10 do 40 mm.
- Ostali odpadki (higienski tekstil, usnje, guma, odpadna električna in elektronska oprema pri delcih, večjih od 40 mm, in mešanica papir, karton, lepenka, plastika, tekstil, steklo, kovine, drobne mineralne sestavine pri delcih od 10 do 40 mm) močno padajo z velikostjo frakcije in predstavljajo polovico odpadkov pri frakciji od 10 do 40 mm.

Glede na to, da Snaga ne razpolaga s podatki o dejanski količini odpadkov po posameznih sociourbanih strukturah, temveč le o sumarni količini in se količina po posameznih območjih vedno le ocenjuje, smo v poglavju 5.1 tega magistrskega dela izračunali prispevek posameznih sociourbanih struktur (štiri območja, saj so stanovanjske hiše v in izven mesta združene) k skupni količini mešanih komunalnih odpadkov na osnovi določitve posameznih območij sociourbanih struktur na ortofoto posnetku, števila prebivalcev ter količine povzročenih odpadkov na prebivalca v posameznem območju.

Če primerjamo prispevke posameznih območij, ki jih je Snaga upoštevala v svoji analizi, in prispevke, ki smo jih izračunali v poglavju 5.1, lahko ugotovimo, da sta prispevka ruralnega območja 5% oziroma 23%, urbanega območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskim

hišami 45% (upoštevaje vsa območja enodružinskih hiš) oziroma 55%, urbanega območja s prevladujočo blokovsko poselitvijo 30% oziroma 18% in urbanega območja z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo prostora 20% oziroma 5%. Izračunali smo deleže glavnih sestavin v celotni letni količini PMGO z upoštevanjem naših izračunanih prispevkov pri PMGO in jih v preglednici 22 primerjali z rezultati sejalno-sortirne analize za leto 2007 (Mele, 2008).

Preglednica 22: Primerjava deležev glavnih sestavin v PMGO leta 2007 glede na način določitve prispevkov sociourbanih struktur

Table 22: The comparison of main component portions in RMHW in 2007 according to the method of defining contributions of sociourban structures

Zaporedna številka	SESTAVINA	PMGO SKUPAJ 2007		PMGO SKUPAJ 2007	
		Glede na oceno prispevnih deležev soc. urbanih struktur v sejalno-sortirni analizi 2007		Glede na izračun prispevnih deležev soc. urbanih struktur v poglavju 5.1 tega mag. dela	
		Masa (t)	Masni delež (%)	Masa (t)	Masni delež (%)
1	PAPIR	10.155	9,40	8.463	7,83
2	KARTON, LEPENKA	7.350	6,80	7.113	6,58
3	PLASTIKA	16.737	15,49	16.658	15,42
4	TEKSTIL	3.566	3,30	3.542	3,28
5	MINERALNE SESTAVINE NAD 40 mm	1.980	1,83	2.080	1,92
6	STEKLO	5.050	4,67	5.000	4,63
7	KOVINE	3.058	2,83	3.423	3,17
8	ORGANSKE, BIOLOŠKO RAZGRADLJIVE (BIOGENE) SESTAVINE, VKLJUČNO Z OBDELANIM LESOM IN RODOVITNO ZEMLJO	40.848	37,81	42.980	39,78
9	NEVARNE SESTAVINE	143	0,13	159	0,15
10	OSTALO OZ. MEŠANICA SESTAVIN	19.144	17,72	18.616	17,23
	S K U P A J	108.033	100,00	108.033	100,00

Lahko ugotovimo, da razlika v prispevnih deležih sociourbanih struktur bistveno ne vpliva na razliko deležev glavnih sestavin v celotnih odpadkih v letu 2007, saj sta največji spremembi zmanjšanje papirja za 1,57% in povečanje organske, biološko razgradljive frakcije za 1,97%. Vse ostale razlike so pod 0,5%. V poglavju 6 tega magistrskega dela bomo za določitev masnih tokov naprav za obdelavo odpadkov prevzeli podatke o količini posameznih frakcij PMKO iz sejalno-sortirne analize leta 2007 brez korekcije deležev (Mele, 2009).

### 5.3 Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti

Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti je izvedel KI iz Ljubljane. Analize so se izvajale trikrat. Prvič so se izvajale analize vzorcev, ki smo jih odvzeli mi. Odvzeli smo jih iz odpadkov za sejhalno-sortirne analize z območja, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje bioloških odpadkov in jih je izvajala Snaga marca 2006. Analiziran je bil torej PMGO in ločeno zbrani BIOO. Drugič so se izvedle fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti našega modelnega vzorca PMKO, ki smo ga pripravili aprila 2007, tretjič pa so se izvedle zelo obsežne analize vzorcev iz sejhalno-sortirne analize za zimo 2007/08, ki jih je pripravila Snaga. Pri prvih in drugih analizah smo torej aktivno sodelovali tako, da smo odvzeli oziroma pripravili potrebne vzorce in jih odpeljali v analizo na KI, pri tretjih analizah pa nismo več aktivno sodelovali, temveč so to izvedli sodelavci iz Snage.

### **5.3.1 Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti PMGO in ločeno zbranih BIOO za zimo 2005/06**

Konec meseca marca 2006 smo na KI dostavili 15 vzorcev odpadkov, ki smo jih zbrali iz vzorcev, ki jih je Snaga pripravila za sejhalno-sortirne analize odpadkov treh karakterističnih območjih (bloki z ločenim zbiranjem BIOO, stanovanjske hiše z lastnim kompostiranjem, stanovanjske hiše z ločenim zbiranjem BIOO) in jih pripravili za analizo.

Količine naših vzorcev so znašale od 10 do 50 kg odpadkov, shranjenih v neprodušnih in neprosojnih plastičnih vrečah. Ločeno zbrani biorazgradljivi odpadki so bili zelo nestabilni, zato so jih na KI takoj po prevzemu shranili v hladni sobi pri 4°C.

Program analiz posameznih vzorcev odpadkov je KI določil skupaj z nami, upoštevajoč predvidene potrebe načrtovanja alternativnih postopkov ravnanja s temi odpadki (kompostiranje oziroma anaerobna fermentacija ločeno zbranih BIOO, mehansko biološka obdelava PMGO v smeri predelave lahke frakcije v trdno gorivo). Analize so bile poudarjeno usmerjene v ugotavljanje ciljanih grupnih parametrov (vlaga, žarozguba, kurilna vrednost, kompostibilnost) in posamičnih parametrov (klor, žveplo, izbrane težke kovine), ki so se določali v sestavljenih istovrstnih vzorcih odpadkov.

### Rezultati analiz:

- Analizirana je bila **vsebnost 13 težkih kovin** (As, Ba, Cd, Co, Cr<sub>cel</sub>, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn), žvepla (S) in klora (Cl<sub>cel</sub>). Glede na nemško zakonodajo o trdnem gorivu so bili preseženi le naslednji parametri: As, Cr<sub>cel</sub> in Mn pri ločeno zbranih BIOO, ki pa tako ali tako niso namenjeni za trdno gorivo (Grilc, Husić, 2006b).

Glede na slovensko Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz junija 2008 pa ugotavljamo, da bi lahko uvrstili PMGO glede na vsebnost S in Cd v 1. razred trdnega goriva, glede na vsebnost Cl<sub>cel</sub> v 3. razred in glede Hg najmanj v 4. razred trdnega goriva, za katerega je pogoj  $Hg \leq 0,15$  mg/MJ. Za vse nižje razrede bi potrebovali v analizah bolj natančno določen parameter kot le  $Hg < 1$  mg/kg, kar pomeni pri določenih kurilnih vrednostih  $Hg = 0,10$  ali pa  $0,11$  mg/MJ.

Trdni odpadki iz PMGO z zgornjimi lastnostmi se lahko uporabijo kot gorivo le v veliki kurilni napravi, če pa bi glede na vsebnost Hg in Cl<sub>cel</sub> trdno gorivo iz PMGO lahko uvrstili v 1. razred, bi jih lahko uporabili kot gorivo tudi v srednji kurilni napravi. Srednja kurilna naprava je naprava za proizvodnjo toplote za ogrevanje stavb ali naprava, ki proizvaja toploto za izvajanje tehnoloških procesov, proizvodnjo elektrike in njena toplotna moč ni večja od 50 MW.

Glede na slovensko Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov iz junija 2008 ugotavljamo, da bi bili:

- PMKO, uvrščeni v 1. razred okoljske kakovosti za kompost glede na vsebnost Cd, Cr<sub>cel</sub>, Hg, Ni, Pb in Zn ter v 2. razred glede na vsebnost Cu
- ločeno zbrani BIOO, uvrščeni v 1. razred okoljske kakovosti za kompost glede na vsebnost Cu in Hg in v 2. razred glede na vsebnost Cd, Cr<sub>cel</sub>, Ni, Pb, Zn.

Iz zgornjih navedb izhaja, da bi iz ločeno zbranih BIOO dobili kompost ali pregnito blato 2. razreda, iz organske frakcije PMGO pa kompost ali pregnito blato 1. razreda, čeprav v praksi pričakujemo ravno obratno. Vzrok za povišano vsebnost težkih kovin v ločeno zbranih BIOO ni jasen. V letu 2006 se je ločeno zbiranje BIOO šele uvajalo, kar je verjetno eden izmed razlogov za takšne rezultate, saj so ljudje še nepazljivo ločevali

(količinsko in strukturno). Rezultati iz leta 2008 so precej boljši, kar je razvidno iz točke 6.3.3 v poglavju 6.

- **Vlaga** v vzorcih PMGO in ločeno zbranih BIOO razmeroma precej variira. Za nadaljnjo obdelavo ločeno zbranih BIOO vlaga nima posebnega pomena in bo precej nihala tudi v odvisnosti od letnega časa in izvora odpadkov, tukaj je od 44 do 66%. Vlaga je pomembna pri lahkih frakcijah PMGO, ki se bodo predelale v trdno gorivo: tam vlaga moti, ker zmanjšuje kurilno vrednost. V vzorcih PMGO se vlaga giblje od 10 do 60%. Lahko ugotovimo, da imajo manjše velikostne frakcije tudi do 50% večjo vlago kot večje frakcije, kar je ugodno, saj lahko frakcijo, namenjeno za TG, sestavljajo predvsem večje frakcije.
- **Pepel oziroma žaroizguba** se je določila v vzorcih, iz katerih pa so bile predhodno izločene kovine. Parametra kažeta na vsebnost mineralnih oziroma termično razkrojljivih organskih snovi. Vsebnost mineralnih snovi v ločeno zbranih BIOO je kar velika in se giblje od 27 do 42%, kar negativno vpliva na potek kompostiranja (ali anaerobne fermentacije) ter slabša kvaliteto komposta. Vsebnost pepela oziroma žaroizguba v PMGO je odvisna od velikostne frakcije, in sicer se z večanjem frakcije vsebnost mineralnih snovi manjša, vsebnost gorljivih pa povečuje, kar je pomembno za kvaliteto trdnega goriva pridobljenega iz teh frakcij. Smotrno je izločanje fine frakcije iz predelave v trdno gorivo, saj ta vsebuje od 35 do 66% mineralnih snovi, torej je žaroizguba od 65 do 34%. V vzorcih PMGO se žaroizguba giblje od 34% pri frakciji <10 mm do 93% pri frakciji >100 mm.
- **Zgornja kalorična vrednost** v vzorcih PMGO narašča z večanjem delcev od 9 do 17 MJ/kg vlažnih odpadkov oziroma od 16 do 19 MJ/kg suhih odpadkov. Vzorci iz različnih prispevnih območij se med seboj bistveno ne razlikujejo. Mejna zgornja kalorična vrednost za primernost odpadkov za trdno gorivo je bila do junija 2008 11 MJ/kg. Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo določa mejo spodnje kalorične vrednosti oziroma neto kurilno vrednost. Ob upoštevanju 5% vodika sledi, da je KV (kurilna vrednost) suhih odpadkov od 5 do 9 MJ/kg in ob upoštevanju vsebnosti vlage od 0 do 2 MJ/kg. Glede na Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo lahko sedaj ugotovimo, da se glede na kurilno vrednost PMGO, brez predhodnega sušenja, ne uvrstijo niti v 5. razred trdnega goriva, za katerega je pogoj  $KV \geq 3$  MJ/kg. Posušeni PMGO bi se

uvrstili v 5. razred in bi se lahko uporabili kot gorivo v veliki napravi za sosežig odpadkov.

- **Biorazgradljivost** se je analizirala samo za ločeno zbrane BIOO in je zmerna, predvsem zaradi prisotnosti neželenih primesi (tujkov, nečistoč), ki ne kompostirajo in razredčujejo prisotne biorazgradljive komponente in bi jih bilo potrebno odstraniti pred kompostiranjem. V 90-ih dneh je bila biorazgradljivost vlažnih odpadkov od 45 do 59 %, preračunano na suhe odpadke pa od 22 do 27 %.
- **Vsebnost neželenih primesi v kompostu:**
  - vsebnost trdnih delcev iz stekla, plastike, kovine, večjih od 2 mm, je okoli 0,5%, kar je na meji uvrstitve komposta v 1. razred okoljske kakovosti
  - vsebnost mineralnih trdnih delcev, večjih od 5 mm, je okoli 5%, kar je na meji uvrstitve komposta v 1. razred okoljske kakovosti.
- **Uporaba komposta:** glede na vse zgornje navedbe bi bil kompost uvrščen v 2. razred okoljske kakovosti in tako bi se lahko neomejeno uporabljal kot gnojilo za okrasne rastline. Njegova raba je prepovedana na vodovarstvenih območjih, površinah, namenjenih za gojenje sadja in zelenjave, travnikih in pašnikih, razen jeseni po zadnji košnji ali paši, zemljiščih, zasičenih z vodo, zasneženih ali zamrznjenih zemljiščih, nagnjenih zemljiščih, njivah s krmnimi poljščinami, območjih mokrišč in gozdnih zemljišč (Grilc, Husić, 2006b).

### 5.3.2 Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti modelnega vzorca PMKO

Meseca aprila 2007 smo na KI dostavili v analizo modelni vzorec PMKO, ki je bil sestavljen iz 26 frakcij odpadkov na način, ki je opisan v poglavju 5.2.3 tega magistrskega dela. Namesto predvidenega vzorca mase 20 kg sta se v dogovoru s KI sestavila vzorca mase 5 kg in mase 15 kg. Frakcije vzorca 5 kg so na KI uporabili za pripravo laboratorijskih vzorcev za analizo, frakcije vzorca 15 kg pa so uporabili za izvedbo raznih tehnoloških testiranj.

Na KI smo dostavili 2 x 5 vreč ciljanih mešanic različnih frakcij odpadkov. Mešanice smo sestavili iz posameznih frakcij, ki smo jih dobili s fino separacijo preostalih mešanih komunalnih odpadkov. Dostavili smo pet vreč s skupno maso 5 kg in pet vreč s skupno maso

15 kg, saj se je med sestavljanjem dveh modelnih vzorcev odločilo, da se ne pomešajo vse frakcije in potem zopet ločujejo, ker bi bilo to dodatno delo. Vzorce smo shranili in dostavili na KI v dvojnih neprodušnih in neprosojnih plastičnih vrečah. Nestabilne biorazgradljive odpadke so na KI takoj po prevzemu shranili v hladni sobi pri 4°C.

Na KI smo prav tako predali podatke o natančni sestavi vzorca povprečnih PMKO, deleži posameznih frakcij pa so prikazani v preglednici 17, v poglavju 5.2.3 tega magistrskega dela. Sestavine oziroma frakcije so bile pridobljene s fino ročno sortirno analizo svežih preostalih mešanih komunalnih odpadkov, pripeljanih na odlagališče. Za nadaljnjo analizo je KI odpadke grupiral v tri poglobitve ločene frakcije komunalnih odpadkov, ki bi nastajale pri ustrezno organiziranem ločenem zbiranju odpadkov na terenu ali s strojno separacijo odpadkov v centru za ravnanje z odpadki:

- LF (lahka frakcija) iz PMKO, ki vsebuje predvsem papir, plastiko in suho biomaso, v smeri izdelave trdnega goriva za sežig v toplarnah ali cementarnah (frakcije z zaporedno številko 1 - 9 in 24 razvidne iz tabele 17)
- BF (biorazgradljiva frakcija) iz PMKO za izdelavo bioplina in komposta (frakcije z zaporedno številko 20, 21, 23 in 25 razvidne iz tabele 17)
- TF (težka frakcija), ki se po izločitvi uporabnih komponent (kovin, stekla) po potrebi še biološko stabilizira in nato zavrže (odloži na odlagališču) (frakcije z zaporedno številko 10 – 19, 22 in 26 razvidne iz tabele 17) (Grilc, 2007).

### **Rezultati analiz:**

- **LF** predstavlja kar 45 masnih % celotnih odpadkov, poleg tega pa povzroča največjo voluminoznost.
  - **Vlaga:** LF vsebuje le 10% ravnotežne zračne vlage, značilne za papir, tekstil in les, je skoraj suha in primerna za uporabo kot trdno gorivo.
  - **Žaroizguba** je zelo velika, 89%, kar kaže na visoko vsebnost organskih snovi in le malo negorljivih anorganskih, ki bodo tvorile pepel in LF nikakor ni primerna za odlaganje na odlagališču za nenevarne odpadke (mejna vrednost 5% glede na Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006), je pa potencial za trdno gorivo.



- **TOC (celotni organski ogljik)** je tudi proporcionalno visok, 56%, in LF nikakor ni primerna za odlaganje na odlagališču za nenevarne odpadke (mejna vrednost 5 oziroma 18% glede na Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih, spremenjeno oktobra 2007, če ni presežen DOC (raztopljeni organski ogljik v izlužku).
- **Zgornja kalorična vrednost** je visoka, 24 MJ/kg. Ob upoštevanju 5% vodika sledi, da je kurilna vrednost odpadkov 13 MJ/kg. Glede na Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo lahko sedaj ugotovimo, da se glede na kurilno vrednost LF uvrsti v 4. razred trdnega goriva, za katerega je pogoj  $KV \geq 10$  MJ/kg.
- **Vsebnost težkih kovin** je majhna, še največ vsebuje cinka, bakra in barija, prav tako je nizka vsebnost **žvepla in klora**. Glede na slovensko Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz junija 2008 lahko ugotovimo, da je glede na  $Cl_{cel}$ , S, Cd in Hg LF uvrščena v 1. razred trdnega goriva ( $Hg=0,2$  mg/kg pomeni 0,008 mg/MJ).

Glede na vse zgornje lastnosti bi se lahka frakcija lahko uporabila kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov. Prav tako bi se lahka frakcija, če bi dosegla  $KV=15$  MJ/kg, lahko uporabila kot gorivo v srednji kurilni napravi, ki je naprava za proizvodnjo toplote za ogrevanje stavb ali naprava, ki proizvaja toploto za izvajanje tehnoloških procesov, proizvodnjo elektrike, če njena toplotna moč ni večja od 50 MW (Grilc, 2007).

- **TF** predstavlja le okoli 15 masnih % količine komunalnih odpadkov.
  - **Vlaga**: vsebuje le 1,8% ravnotežne zračne vlage in je zanemarljiva.
  - **Žaroizguba** je 17%, kar kaže na nizko vsebnost organskih snovi in visoko vsebnost negorljivih anorganskih snovi. TF ne bi bila primerna za odlaganje na odlagališču za nenevarne odpadke (mejna vrednost 5% glede na Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006), kar je presenetljivo.
  - **TOC** je 7,2% in TF je pogojno primerna za odlaganje na odlagališču za nenevarne odpadke (mejna vrednost 5 oziroma 18% glede na Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih spremenjeno oktobra 2007, če ni presežen DOC v izlužku).
  - Okoljevarstveni vidiki te frakcije, ki je namenjena odlaganju, so razvidni iz **izluževalnega testa** v skladu z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006. Dva parametra presegata mejni vrednosti:  $Cr_{cel}=11$  mg/kg in  $DOC=1.081$  mg/kg (mejna vrednost za krom je 10 mg/kg, za DOC pa 800 mg/kg). Krom izvira iz

korodiranih kovinskih odpadkov, DOC pa od ostankov organskih snovi na anorganskih komponentah odpadkov. Preseganji sta zmerni (10 oz. 37%), vendar pa se glede na določila sedanje zakonodaje tak odpadek ne bi smel odlagati na odlagališče za nenevarne odpadke. S sortiranjem bi lahko predhodno izločili sekundarne surovine (kovine, steklo) (Grilc, 2007).

- **BF** predstavlja 40 masnih % vseh komunalnih odpadkov.
  - **Vlaga:** vsebuje 35% proste vlage.
  - **Žaroizguba** je 76%, kar kaže na visoko vsebnost organskih snovi in nizko vsebnost negorljivih anorganskih snovi.
  - **TOC** je 37,2%.
  - **Biorazgradljivost BF**, ugotovljena v trimesečnem poskusu z vzorcem ca. 10 kg biorazgradljivih odpadkov, je znašala okoli 40% v prvem mesecu, 25% v drugem in 10% v tretjem mesecu, skupaj 75%. Temperatura pri tem ni presegla 40°C. Proces je potekal počasi iz več razlogov: majhna količina vložka, periodična oskrba z zrakom in (verjetno) prisotne zaviralne komponente v odpadku. Sestava komposta po treh mesecih kaže na zelo dobro kvaliteto, saj ga uvršča v 1. razred okoljske kakovosti po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov iz junija 2008 in pomeni neomejeno rabo. Predpostavljamo, da obstojni organski onesnaževalci niso prisotni.
  - **Vsebnost neželenih primesi v kompostu:** žaroizguba in TOC sta razmeroma visoka, kar je značilno za zelo čisto biorazgradljivo frakcijo, brez tujkov – kamenja, peska, zemlje, stekla, keramike, alufolije, to pa je posledica sintetične priprave vzorca, ki tozadevno ne odraža sestave, nastale pri ločenem zbiranju biorazgradljivih odpadkov v naseljih oz. pri naknadnem strojnem ločevanju mešanih komunalnih odpadkov v centru. Podobno kot pri lahki frakciji je to vzorec nekake „teoretične“ (idealne) biorazgradljive frakcije komunalnih odpadkov (Grilc, 2007).

Glede na vse zgornje navedbe bi bil kompost uvrščen v 1. razred okoljske kakovosti in bi se lahko neomejeno uporabljal, če bi bil tudi higieniziran. Pogoj za neomejeno rabo je tudi vsebnost organskih suhih snovi v kompostu, ki mora biti večja od 30% suhe snovi (Grilc, 2007).

### 5.3.3 Fizikalno-kemijske analize in analize biorazgradljivosti PMKO in ločeno zbranih BIOO za zimo 2007/08

Pri teh analizah mi nismo več aktivno sodelovali, temveč so s KI, ki je izvedel analize sodelovali sodelavci iz Snage, ki so vodili sejnalno-sortirne analize in hkrati pripravljali vzorce za analize na KI. KI je izvedel obsežne fizikalno-kemijske analize vzorcev med ostalim je bil določen tudi bioplinski potencial odpadkov, kar je bil verjetno prvi primer v Sloveniji (Grilc in sod., 2008).

#### Rezultati fizikalno-kemijskih analiz:

- **Vlaga:** vlaga pri PMGO in POSD narašča od 22% pri grobih do 66% pri finih frakcijah. Vlažnost biogenih frakcij, izločenih iz teh odpadkov, je povprečno nekoliko višja, od 40 do 70%. Vlažnost pri ločeno zbranih BIOO je 73%. Visoka vlaga je moteča pri lahkih (bolj grobih) frakcijah, potencialno namenjenih za predelavo v trdno gorivo, ker jim znižuje kurilno vrednost. Pri biogenih odpadkih vlaga ni moteča, saj je za potek bioloških procesov stabilizacije vlaga nujno potrebna.
- **Žaroizguba:** žaroizguba se med frakcijami zelo malo razlikuje in največkrat znaša med 70 do 80%, kar je tudi približna vsebnost celotnih organskih snovi (biorazgradljivih in nerazgradljivih) v teh odpadkih. Žaroizgubo določa Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (mejna vrednost za odlaganje je 5%).
- **TOC:** TOC je sorazmeren celotnim organskim snovem in zato v korelaciji z žaroizgubo. Vsebnost v vzorcih PMKO znaša od 30 do 40% (računano na suho stanje) in se sorazmerno malo spreminja med frakcijami. Mejna vrednost za odlaganje odpadkov na odlagališču je 5 oziroma 18% glede na Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih, spremenjeno oktobra 2007, če ni presežen DOC v izlužku).
- **Kurilna vrednost:** kurilna vrednost odpadkov je razmeroma nizka, od 2 do 11 MJ/kg pri največji frakciji iz POSD, ali celo nična, kar je predvsem posledica relativno velike vsebnosti vlage. Vrednost 11 MJ/kg uvršča odpadke v 4. razred trdnega goriva po veljavni Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo.
- **Klor in žveplo:** določena sta bila v potencialno gorljivih odpadkih, saj sta nosilca korozivnosti dimnih plinov in okoljske nevarnosti za atmosfero (kisli dež). Vsebnost klora

v odpadkih je med 0,3-2% in žvepla med 0,1-0,3%, kar je v okviru mejnih vrednosti za klor in žveplo po Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo: 0,2-3% in 0,2-0,5%.

- **Težke kovine:** vsebnost kadmija ne preseže mejne vrednosti (5 mg/kg) za trdna goriva po Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, medtem ko so mejne vrednosti po navedeni Uredbi za živo srebro med 0,02-0,5 mg/MJ, kar je pri vzorcih, za katere je znana kurilna vrednost, tudi v redu. Vzorci ločeno zbranih BIOO vsebujejo bistveno manj težkih kovin, tako da bi iz njih izdelan kompost ustrezal zakonsko predpisanim vrednostim, in sicer bi bil uvrščen v 1. razred okoljske kakovosti po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkih, če bi uspeli zmanjšati vsebnost svinca iz 130 na 80 mg/kg in vsebnost bakra iz 510 na 100 mg/kg. Analizirana vsebnost bakra bi ga trenutno uvrstila v okoljsko kakovost za stabilizirane biološko razgradljive odpadke, analizirana vsebnost svinca pa v 2. razred okoljske kakovosti za kompost. Kompost bi lahko pridobili tudi iz biogenih frakcij PMKO (Grilc in sod., 2008).

Detajlni pregled fizikalno-kemijskih analiz je prikazan v prilogi I.

#### **Rezultati analize bioplinskega potenciala:**

Bioplinski potencial se je določal v 5 bioreaktorjih. Vzorci biogenih odpadkov iz PMGO velikostne frakcije > 100 mm, biogenih odpadkov iz PMGO velikostne frakcije 10 - 40 mm in ločeno zbranih BIOO so praktično enaki glede bioplinskega potenciala na suho snov, na organsko snov in na KPK (kemijska poraba kisika) odpadka. Proizvedejo več bioplina in so primernejši za anaerobno obdelavo kot vzorca biogenih odpadkov iz PMGO velikostne frakcije 40 - 100 mm in biogenih odpadkov iz PMGO velikostne frakcije <10 mm. Laboratorijsko ugotovljeni bioplinski potenciali biogenih odpadkov se gibljejo od 80 do 110 m<sup>3</sup>/t začetnega biološkega odpadka, kar je v okviru pričakovanih vrednosti. Vzorec ločeno zbranih BIOO je najbolj razgradljiv in proizvede največ plina, kar je glede na sestavo odpadkov tudi pričakovano (vsebuje kuhinjske odpadke in odpadno hrano) (Grilc in sod., 2008).

Zgoraj prikazani rezultati fizikalnih, kemijskih in biokemijskih analiz kažejo na možnosti za uspešno predelavo. Mehanska separacija lahke in organske frakcije obeta možnost nadaljnje

predelave in sicer v trdno gorivo in pridobitev bioplina z AF. Preostali digestat po AF iz ločeno zbranih BIOO in iz biogene frakcije PMKO bi bilo možno uporabiti kot kompost. Lahko frakcijo bi bilo smiselno posušiti do zračne vlage <10 %, saj bi s tem povišali KV na okoli 15 MJ/kg, kar bi pomenilo uvrstitev v 3. razred trdnega goriva po Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo. To bi lahko storili s pridobitvijo toplote iz sežiga bioplina, pridobljenega pri anaerobni fermentaciji težke, organske frakcije (Grilc in sod., 2008).

## 6 MOŽNI IN IZBRANI POSTOPKI OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV

### 6.1 Predstavitev direktive za celovito preprečevanje in nadzor industrijskega onesnaževanja ter referenčnih dokumentov za najboljše razpoložljive tehnike za obdelavo odpadkov

S konceptom trajnostnega razvoja se je leta 1992 pojavilo načelo preprečevanja onesnaževanja okolja in izčrpavanja surovinskih virov. V EU so za izvajanje tega načela že leta 1993 izdali svoj strateški program, to je peti okoljski akcijski program z naslovom »Korak k trajnosti (Towards Sustainability)«, ki so ga konkretizirali z izdajo Direktive za celovito preprečevanje in nadzor industrijskega onesnaževanja (*Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control*). Navedeno direktivo na kratko imenujemo »IPPC direktiva«. Njen cilj je bil vpeljati celostni pristop pri preprečevanju onesnaževanja in nesmotrne rabe virov v dejavnostih, ki največ onesnažujejo in nesmotrno rabijo naravne vire, torej najbolj ogrožajo (Grilc, 2006). Direktiva je bila leta 2008 izdana v novelirani obliki, vendar spremembe niso velike.

Za upravljalce naprav v teh dejavnostih IPPC direktiva zahteva pridobitev enotnega okoljevarstvenega dovoljenja. Dovoljenje je potrebno za vse obstoječe in nove naprave, v katerih se izvajajo tvegani postopki ter za vse večje spremembe teh naprav. Tvegani postopki so pretežno proizvodni postopki v glavnih procesnih industrijah (kemična, metalurška, papirno-celulozna, živilska, usnjarska, steklarsko-keramični, ...), gradbeništvo, rudarstvu, kmetijstvu, prometu in komunalni (Grilc, 2006).

IPPC direktiva ima osnovo na velikem številu načel, našteji pa bomo le najpomembnejše štiri.

- **Celoviti pristop** pomeni, da mora dovoljenje upoštevati vplive na celotno okolje, to je emisije naprave v zrak, vodo in zemljo, nastanek odpadkov, porabo naravnih virov in energije, možnosti za nesreče ter možnosti za povrnitev površine v prvotno stanje po zaprtju naprave.

- Pogoji za dovoljenje, vključno z maksimalnimi vrednostmi emisij, morajo izhajati iz **najboljše razpoložljive tehnike, ki jo imenujemo BAT** (*Best Available Techniques*), kot je definirana v IPPC direktivi. Značilnosti najboljših razpoložljivih tehnik so za posamezne dejavnosti zapisane v referenčnih dokumentih za BAT in jih imenujemo BREF (*BAT reference document*).
- IPPC direktiva vsebuje elemente **prilagodljivosti**, saj dopušča izdajateljem dovoljenj, da pri določanju pogojev za pridobitev dovoljenja upoštevajo tehnične karakteristike naprav, njihovo geografsko lego oziroma njihovo lokacijo in lokalno stanje okolja.
- Z IPPC direktivo je **zagotovljena pravica javnosti, da sodeluje** pri odločitvah in da je seznanjena z njihovimi posledicami. (Council directive 96/61/ EC, 1996).

Najboljše razpoložljive tehnike so postopki oziroma naprave, ki dokazujejo visoko snovno-energetsko učinkovitost, okoljsko neškodljivost, delovanje na podlagi preprečevanja onesnaževanja in ne čiščenja, izvajanje ukrepov za preprečevanje nesreč oziroma omejevanje njihovih posledic in izvajanje ukrepov za preprečitev onesnaževanja po prenehanju obratovanja in le take naprave lahko dobijo okoljevarstveno dovoljenje skladno z IPPC direktivo, ki velja 10 let (Grilc, 2006).

Zakon o varstvu okolja iz leta iz leta 2004 razlaga najboljšo razpoložljivo tehniko na naslednji način:

- »najboljša« je tista tehnika, ki je najučinkovitejša pri doseganju visoke splošne ravni varstva okolja kot celote
- »razpoložljiva« tehnika je tista, ki se jo da uporabiti v posamezni industrijski panogi pod ekonomsko in tehnično izvedljivimi pogoji
- »tehnika« je uporabljena tehnologija in način načrtovanja, gradnje, vzdrževanja, obratovanja in razgradnje naprave.

Do sedaj je bilo izdelanih 32 referenčnih dokumentov za BAT, ki jih skrajšano imenujemo BREF dokumenti in ki pravzaprav definirajo značilnosti čistih tehnologij za industrijske postopke in za nekatere storitve (Grilc, 2006).

BREF dokumenti vsebujejo opis najboljših razpoložljivih tehnik in ravni emisij in porabe, ki jih je z njihovo uporabo moč dosežati. Ti dokumenti služijo kot okvir za določanje porabe vode in energije, za določanje količine in vrste nastalih odpadkov ter vrste in količine emisij v vode in zrak na enoto proizvoda.

IPPC direktiva je bila dvakrat dopolnjena. S prvo dopolnitvijo je bila še bolj poudarjena udeležba javnosti pri odločanju, z drugo dopolnitvijo pa so se pojasnili odnosi med pogoji za dovoljenje postavljenimi z IPPC direktivo in EU shemo trgovanja z emisijami toplogrednih plinov (Council directive 96/61/ EC, 1996).

Načelo preprečevanja onesnaževanja okolja in izčrpavanja surovinskih virov je kot vodilo zapisano tudi v našem Zakonu o varstvu okolja, področje IPPC direktive v Sloveniji pa ureja Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega iz leta 2004. Nanaša se tudi na naprave oziroma objekte za ravnanja z odpadki, in sicer:

- naprave za odlaganje ali predelavo nevarnih odpadkov v obsegu nad 10 ton odpadkov/dan
- naprave za sežig komunalnih odpadkov s kapaciteto nad 3 tone/uro
- naprave za odlaganje nenevarnih odpadkov v kapaciteti nad 50 ton/dan
- odlagališča, ki sprejemajo več kot 10 ton/dan odpadkov in imajo celotno kapaciteto nad 25.000 ton (Grilc, 2006).

Za navedene naprave za ravnanja z odpadki sta bila najprej predvidena dva referenčna dokumenta. Eden za odlaganje in eden za sežig odpadkov, vendar je prišlo do sprememb. Po izidu IPPC direktive sta namreč izšli še dve sektorski direktivi: direktiva o odlaganju odpadkov (*Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste*) in direktiva o sežiganju odpadkov (*Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of the 4 December 2000 on the incineration of waste*). Z njima je močno omejeno odlaganje in sežiganje, saj je dovoljeno odlagati samo obdelane odpadke. S postopki za obdelavo (sortiranjem, kompostiranjem, nevtralizacijo, razstrupitvijo, stabilizacijo, sežigom...) se odpadkom zmanjša nevarnostni potencial in nestabilnost. S tem se je poudarek z odlaganja prenesel na postopke za obdelavo odpadkov, tako da je namesto referenčnega



dokumenta za odlaganje izšel referenčni dokument za industrijo obdelave odpadkov. Evropska komisija je sredi leta 2005 torej izdala dva referenčna dokumenta za BAT za dejavnosti ravnanja z odpadki, ki ju je dopolnila leta 2006:

- Referenčni dokument za BAT za sežiganje odpadkov (*IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Waste Incineration*)
- Referenčni dokument za BAT za industrijo obdelave odpadkov (*IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Waste Treatment Industries*) (Grilc, 2006).

Za Slovenijo, ki nima velikih sežigalnic odpadkov, je pomembnejši drugi dokument z naslovom »BAT za industrijo obdelave odpadkov«. Iz naslova lahko sklepamo, da je obdelava odpadkov v EU že obravnavana kot posebna industrija. Oba dokumenta sta zelo obsežna in sestavljena iz uvodnih poglavij ter osmih vsebinskih poglavij, podobno kot vsi ostali referenčni dokumenti (Grilc, 2006).

**BREF dokument za industrijo obdelave odpadkov** obravnava številne konvencionalne in nove postopke s področja predelave in odstranjevanja odpadkov (Grilc, 2006).

Iz BREF dokumenta za industrijo obdelave odpadkov je razviden tehnični in okoljski položaj področja obdelave odpadkov. Podan je tehnični opis dejavnosti in postopkov, ki je dopolnjen s podatki o dejanskih emisijah in porabah v napravah. Podatki zajemajo:

- splošno uporabljene tehnike, kot so upravljanje naprav, sprejem, odobritev, sledljivost, zagotovitev kakovosti, skladiščenje in ravnanje, energetski sistemi
- biološko obdelavo, kot sta anaerobna in aerobna razgradnja ter biološka obdelava tal zunaj kraja nastanka
- fizikalno-kemične postopke, ki se uporabljajo za odpadne vode, trdne odpadke in blato
- predelavo materialov iz odpadkov, kot je regeneracija kislin in baz, katalizatorjev, aktivnega oglja, topil in smol ter ponovno rafiniranje odpadnih olj
- pripravo goriva iz nenevarnih in nevarnih odpadkov
- postopke zmanjševanja emisij v zrak, odpadne vode, tla in zmanjševanje ostankov odpadkov, ki nastanejo v napravah za obdelavo odpadkov.

Pri določitvi BAT je bilo vključenih in upoštevanih 940 tehnik, ki so porazdeljene glede na vrsto obdelave odpadkov in glede na štiri kategorije: izboljšanje same obdelave odpadkov ali preprečevanja onesnaženja ali izboljšanja upravljanja naprav za obdelavo odpadkov, zmanjšanje emisij v zrak, zmanjšanje emisij v vodo in zmanjševanje ostankov odpadkov, ki nastanejo v napravah za obdelavo odpadkov ali zmanjševanje onesnaževanja tal.

V BREF dokumentu za industrijo obdelave odpadkov je navedeno, da naprave za obdelavo odpadkov izvajajo postopke predelave ali odstranjevanja odpadkov. V EU je več kot 14.000 naprav za obdelavo odpadkov, od tega jih je okoli 9.900 za fizikalno-kemične postopke, okoli 2.900 za prenos odpadkov, okoli 600 za biološko obdelavo odpadkov in okoli 600 za vse ostale obdelave odpadkov.

BREF dokument za industrijo obdelave odpadkov je sestavljen iz 8 poglavij. Poglavje 1 podaja splošne informacije, kot so cilji obdelave odpadkov, naprave za obdelavo odpadkov, ekonomski in okoljski vidiki obdelave odpadkov. V poglavju 2 je opisanih 6 skupin uporabljenih postopkov in tehnik obdelave odpadkov: osnovne tehnike za ravnanje z odpadki na vhodu v napravo, biološke obdelave odpadkov (aerobna in anaerobna obdelava, mehansko-biološka obdelava in biološka obdelava onesnaženih zemljin), fizikalno-kemijske obdelave odpadkov, blata in odplak, regeneracijski postopki, predelava odpadkov v trdna, tekoča ali plinasta sekundarna goriva in tehnike za zmanjševanje emisij. Poglavje 3 podaja najnovejše podatke o porabi in emisijah pri postopkih in tehnikah, navedenih v 2. poglavju, ter doda še porabo in emisijo pri postopkih end-of-pipe ter monitoring. Poglavje 4 navaja tehnike, za katere se ugotavlja BAT. V njem so prikazane aplikacije za različne obdelave odpadkov, odpadne vode in zraka, na začetku pa tudi splošne metode za opredeljevanje BAT. Ločimo dve vrsti BAT; splošne BAT za obdelavo odpadkov in BAT za posebne vrste postopkov obdelave (biološko obdelavo, fizikalno-kemijsko obdelavo, regeneracijske postopke in postopke pridobivanja sekundarnega goriva iz odpadkov), oboji postopki pa so predstavljeni v poglavju 5. V poglavju 6 so navedeni nekateri postopki, ki še niso bili preizkušeni v praksi, ki se še razvijajo. Poglavje 7 vsebuje zaključek, reference in slovar besed, v poglavju 8 pa so različne priloge, kot so okoljska zakonodaja o obdelavi odpadkov in podobno.

V poglavju 6.2 in 6.3 tega magistrskega dela bomo natančneje predstavili posamezne postopke, podatke in pogoje iz praktično vseh poglavij BREF dokumenta za industrijo obdelave odpadkov, ki se nanašajo na biološko obdelavo odpadkov oziroma na mehansko-biološko obdelavo odpadkov.

**BREF dokument za sežiganje odpadkov** obravnava le namensko sežiganje odpadkov in ne drugih primerov, kjer se odpadki termično obdelajo, na primer postopki sosežiganja v cementnih pečeh in velikih kurilnih napravah. Čeprav se dokument najbolj osredotoča na sežiganje, vključuje tudi nekatere podatke o pirolizi in uplinjanju odpadkov. Dokument ne obravnava odločitev v zvezi z izbiro sežiganja kot načina ravnanja z odpadki in ne primerja sežiganja odpadkov z drugimi načini ravnanja z odpadki.

V BREF dokumentu za sežiganje odpadkov je zajeto:

- sežiganje mešanih komunalnih odpadkov: obdelava praviloma mešanih in večinoma neobdelanih gospodinjskih odpadkov,
- sežiganje predhodno obdelanih komunalnih ali predhodno obdelanih drugih odpadkov: naprave, ki obdelujejo odpadke, ki so bili ločeno zbrani, predhodno obdelani ali pripravljene, tako da se lastnosti teh odpadkov razlikujejo od mešanih odpadkov
- sežiganje nevarnih odpadkov: to vključuje sežiganje na industrijskih lokacijah in sežiganje v trgovskih obratih,
- sežiganje blata iz komunalnih čistilnih naprav: na nekaterih lokacijah se blato iz čistilnih naprav sežiga ločeno od ostalih odpadkov v namenskih napravah, na drugih pa se takšni odpadki pri sežiganju združijo z drugimi odpadki (npr. komunalnimi odpadki)
- sežiganje bolnišničnih odpadkov: namenske naprave za obdelavo bolnišničnih odpadkov.

## **6.2 Določitev in ocena možnih postopkov obdelave PMKO**

Pri obdelavi PMKO se vedno bolj uveljavlja mehansko-biološka obdelava z različnimi postopki mehanske in biološke obdelave. Za obdelavo odpadkov se lahko uporabi tudi mehansko-fizikalna obdelava. Kot fizikalno obdelavo štejemo sušenje odpadkov s toploto, dodano iz zunanega vira (Mechanical-Biological..., 2005).

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališča je leta 2006 mehansko-biološko obdelavo odpadkov definirala kot obdelavo odpadkov pred njihovim odlaganjem na odlagališču s kombinacijo mehanskih in bioloških postopkov obdelave. Namen mehanskih postopkov ravnanja z odpadki je izločiti posebne snovi iz odpadkov, ki so neprimerne za nadaljnjo biološko obdelavo, ter izboljšanje biološke razgradljivosti preostalih odpadkov s povečanjem njihove primernosti za biološko razgradnjo in homogenosti. Namen bioloških postopkov ravnanja z odpadki je razgraditi organske snovi v odpadkih z aerobnimi in anaerobnimi metodami z naknadno aerobno obdelavo. Mehansko-biološka obdelava odpadkov povzroči znatno zmanjšanje biološko razgradljivih snovi v odpadkih, prostornine odpadkov, vsebnost vode v njih, zmožnost nastajanja odlagališčnih plinov ter bistveno izboljša lastnosti izlužka in stabilnost odloženih odpadkov.

Pri mehansko-fizikalni obdelavi z dodajanjem toplote iz zunanega vira odpadke osušimo, torej zmanjšamo vsebnost vlage v njih in jih hkrati tudi higieniziramo z uničenjem aktivnih bakterij pri temperaturi od 120 do 150°C. Osušeni odpadki se potem mehansko obdelajo. Ker ni vključena biološka obdelava, je potrebno odpadke higienizirati pri dovolj visoki temperaturi, da se doseže, da se ne bodo začeli biološko razgrajevati. Uporablja se predvsem tam, kjer želimo pridobiti čimveč trdnega goriva z visoko kurilno vrednostjo, saj se v odpadkih ohranja organska frakcija. S to obdelavo dosežemo iste cilje kot jih dosežemo z bio-sušenjem, to je zmanjšanje vsebnosti vlage v odpadkih in s tem zmanjšanje volumna ter maksimalno reciklažo, vendar pa so ravnanje, transport in skladiščenje odpadkov lažji in bolj varni, saj so higienizirani (Mechanical-Biological..., 2005).

### **6.2.1 Koncept mehansko-biološke obdelave**

MBO (mehansko-biološka obdelava) je sestavljena iz dveh glavnih faz: MO (mehanska obdelava) in BO (biološka obdelava), vrsta različnih postopkov in različnih naprav znotraj

obeh faz, pa je sestavljena glede na doseganje zelenih ciljev: maksimalno obnovo virov, proizvodnjo komposta, proizvodnjo bio-stabiliziranega materiala za odlaganje na odlagališču, proizvodnjo bioplina in proizvodnjo TG (trdno gorivo iz odpadkov), ki ga v tujini imenujejo SRF (*Solid Recovered Fuel*) ali EBS (*Ersatzbrennstoffe*). V postopku MBO so stranski produkti odpadna voda, para, hlapi, odpadni plini, inertni ostanki za odlaganje ali ostanki za sežig (Mechanical-Biological..., 2005).

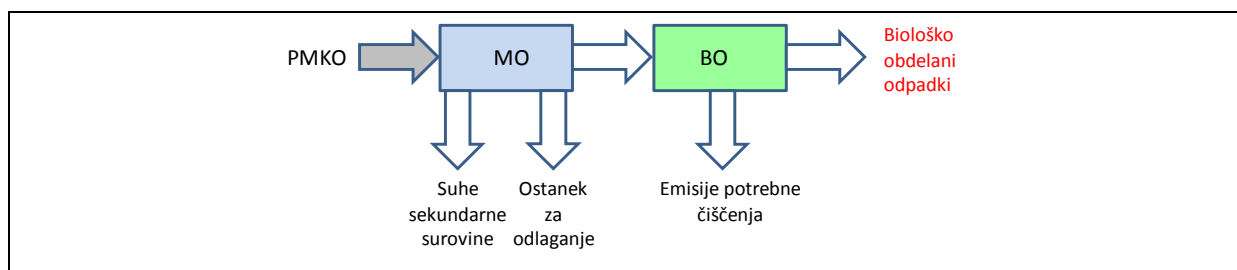
Značilni postopki oziroma naprave, ki se uporabljajo pri MBO, so prikazane v preglednici 23, na sliki 18 pa je prikazana shema procesa MBO in njeni produkti.

### Preglednica 23: Prikaz značilnih postopkov pri MBO

Table 23: Scheme of typical processes of the MBT

<b>Mehanska obdelava</b>	<b>Biolška obdelava</b>
Ločevanje z bobnastim sitom	Kompostiranje v vrsti, kopah na prostem
Ločevanje s statičnim ali vibracijskim sitom	Kompostiranje v hali
Ločevanje z magnetnim separatorjem	Tunelsko kompostiranje
Ločevanje s separatorjem z vrtnčastim tokom	Kompostiranje v zaprtem ( <i>in-vessel</i> )
Ročno pobiranje	Anaerobna fermentacija
Zračna separacija	Precejanje, filtriranje
Optično ločevanje	Bio-sušenje

Precejanje, filtriranje odpadkov lahko obravnavamo kot postopek za pripravo odpadkov za mokro AF (anaerobna fermentacija). Poteka v precejalnikih (*percolators*) pri aerobnih pogojih. V precejalnik se na eno tono odpadka doda 1,5 m<sup>3</sup> vode, ki se recirkulira iz anaerobne fermentacije. Voda s precejanjem skozi odpadke izpira anorganske soli, organske snovi in ostale fine snovi. Odpadki se v precejalniku nenehno mešajo s horizontalnim polžnim mešalom in premikajočim dnom. Zaradi mešanja odpadkov je učinek izpiranja večji. Cilj precejanja je v čim večji meri izprati organske snovi, ogljikove spojine iz odpadkov v vodo ter potem v postopku anaerobne fermentacije precejene vode z razgradnjo teh snovi pridobiti bioplin. Pridobljeni bioplin zadošča za proizvodnjo energije, ki jo potrebuje naprava, je pa tudi presežek. Precejanje prav tako izboljša naknadno mehansko separacijo (Fricke in sod., 2006).



Slika 18: Shematski prikaz MBO

Figure 18: The schematic view of MBT

Z biološko obdelavo odpadkov, ki sledi mehanski pripravi na biološko obdelavo odpadkov, se razgradijo biorazgradljive organske snovi v odpadkih. Od biološke obdelave moramo ločiti »biološko stabilizacijo« in »bio-sušenje (*bio drying*)«. Pri prvi se odpadki biološko obdelajo, ohranja pa se organska snov, ki daje trdnim ostankom obdelave visoko kurilno vrednost, tako da se lahko uporabijo kot TG. Pri bio-sušenju se zmanjša vlažnost odpadkov, pa tudi vsebnost biorazgradljivih snovi v odpadkih, vendar premalo, da bi bil ostanek po obdelavi biološko stabiliziran. Za bio-sušenje se zelo pogosto uporablja termin suha stabilizacija (Mechanical-Biological..., 2005).

Vrstni red mehanske in biološke obdelave je lahko tudi zamenjan in je najprej biološka obdelava, ki ji sledi mehanska. Tako so ponavadi zasnovani procesi, ki z biološko obdelavo celotnih odpadkov ohranjajo nerazgradljivo organsko snov, ki daje trdnim ostankom obdelave visoko kurilno vrednost, tako da se lahko uporabijo kot TG. Tako obdelavo imenujemo BMO (biološko-mehanska obdelava).

### 6.2.1.1 Mehanska obdelava

Cilji mehanske obdelave odpadkov pri postopku MBO so:

- a) maksimalni zajem reciklabilnih komponent
- b) priprava odpadkov za biološko obdelavo
- c) rafinacija produktov.

Stopnja, do katere se odpadki mehansko sortirajo in ločujejo, je odvisna od številnih projektnih faktorjev, kot so: ali so odpadki mešani komunalni odpadki ali preostali mešani

komunalni odpadki, kakšen je potencial za recikliranje v odpadkih, kakšne so zahtevane lastnosti produktov obdelave in zelena stopnja reciklaže (Mechanical-Biological..., 2005).

a) Maksimalni zajem reciklabilnih komponent

Glavne sekundarne surovine, ki jih zajamemo v procesu MBO, so razne vrste plastike (PE, PEHD, PELD, PET, PVC, PS), kovine (železne in barvne kovine) in steklo.

Kljub utečenemu ločenemu zbiranju plastike v večini držav EU je v PMKO, ki pridejo v MBO, še vedno veliko plastike. Količina zajete plastike v procesu MBO je odvisna od vrste izhodnega materiala (kompost, bio-stabiliziran ostanek za odlaganje, gorivo) in od dovoljenih oziroma primernih količin plastike v njem. Pri proizvodnji goriva bo večina plastike ostala v TG in povečala njegovo energijsko vrednost, v mehanski obdelavi pa je predhodno potrebno odstraniti PVC. Izločanje PVC se lahko izvaja z ročnim pobiranjem steklenic in škatel, uporablja pa se tudi že napredna tehnologija optičnega ločevanja s tako imenovanim NIR (skoraj infrardečim, *near infrared*) senzorjem (Mechanical-Biological..., 2005).

V primeru, da se pri mehanski obdelavi ne izloči plastika iz frakcije, ki gre v anaerobno fermentacijo, le-ta povzroča tam velike probleme, saj neodstranjeni lahki plastični material plava na vrhu suspenzije v fermentorju.

Količina in kakovost zajetih kovin je odvisna od konfiguracije naprave za MBO. Če se vrši separacija kovin po biološki obdelavi, so izločene kovine manj onesnažene z biorazgradljivimi delci, kot če je separacija pred biološko obdelavo. Od železovih kovin se izločijo predvsem surovo železo, jeklo in nerjaveče jeklo, od barvnih kovin pa aluminij, baker, cink in medenina. Izločanje železovih kovin se večinoma izvaja z metodami magnetne separacije, barvne kovine pa se izloči z vrtinčastim tokom. V barvnih kovinah se ustvari magnetno polje, ki jih vrtinčasto odnese iz ostalih odpadkov. Magnetna separacija je praviloma pred separacijo z vrtinčastim tokom, tako da je med barvnimi kovinami čim manj železovih (Mechanical-Biological..., 2005).

V večini držav EU je ločeno zbiranje stekla na visokem nivoju, zato v procesu MBO ni možen zajem večjih količin za sekundarno surovino. Prav tako je v PMKO večinoma zdrobljeno steklo, ki ga ni možno izločiti ročno. Zdrobljeno steklo se izloča predvsem pri MBO, kjer se proizvaja kompost. Izločanje zdrobljenega stekla se vrši z različnimi siti ali z napravami, ki delujejo na principu razlik v specifičnih težah. Izločena frakcija zdrobljenega stekla se večinoma pomeša z ostalim inertnim materialom in odloži na odlagališče, saj se največkrat domneva, da njegova reciklaža ni ekonomska (Mechanical-Biological..., 2005).

#### b) Priprava odpadkov za biološko obdelavo

Eden izmed glavnih razlogov za mehansko pripravo odpadkov na biološko obdelavo je izločitev maksimalno možne količine biorazgradljivega materiala iz PMKO in ga upoštevati kot vhodni material v biološko obdelavo.

Obstajo tri značilne metode za doseganje tega cilja, in sicer:

- ločevanje PMKO na grobo in fino frakcijo (*splitting the waste*): ločevanje se v glavnem izvaja z bobnastim sitom. Fina frakcija vsebuje večinoma organske snovi in se po predhodnem izločanju surovin za reciklažo in nečistoč vodi v biološko obdelavo
- ločevanje PMKO na lahko in težko frakcijo z uporabo razlik v njihovih specifičnih težah (*densimetric separation*): za ločevanje surovin za reciklažo in nečistoč od biorazgradljivega materiala se uporabijo različni tipi naprav za plavanje in usedanje materiala
- uporaba vode za izpiranje lahko ločljivih organskih snovi s površine odpadkov, proces precejanja, filtriranja (*percolation process*) (Mechanical-Biological..., 2005).

Pri biološki aerobni in anaerobni obdelavi je pomembna velikost odpadkov, ki gredo v proces. Manjši ko so delci, bolj učinkovita je kontrola temperature, vlažnosti in mešanja. Za pripravo delcev ustrezne velikosti se uporabljajo bobnasta sita, ki ločijo odpadke na frakcije različnih velikosti in drobljenje (*shredding*), mletje odpadkov na določeno velikost z drobilniki in mlini. V poprečju gredo v proces kompostiranja delci velikosti do 80 mm, v AF pa delci velikosti do 40 mm in temu so prirejena tudi sita in mlini (Mechanical-Biological..., 2005).



### c) Rafinacija produktov

Za zagotovitev čim višje kvalitete produktov obdelave: komposta in TG, je potrebno iz njih odstraniti neželene sestavine, kot sta na primer steklo in PVC, ter zagotoviti primerno obliko za njihovo nadaljnjo uporabo, na primer pakiranje ali peletiranje (Mechanical-Biological..., 2005). V preglednici 24 so prikazane tipične naprave in njihove funkcije pri rafinaciji komposta in TG.

Preglednica 24: Naprave in njihove funkcije pri rafinaciji komposta in TG

Table 24: Treatment devices and their compost- and SRF-refining functions

<b>Rafinacija komposta</b>	<b>Funkcija</b>	Izločitev velikih delcev	Izločitev lahke plastike	Zmanjšanje onesnaženja s težkimi kovinami	Izločitev organske snovi visoke vlažnosti
	<b>Naprava</b>	Bobnasto sito, vibracijsko sito	Zračni separator	Sito	Sito
<b>Rafinacija TG</b>	<b>Funkcija</b>	Izločitev velikih delcev, kot so steklo, baterije, inertni material	Izločitev malih količin kovin, ki niso bile izločene v primarni fazi	Zmanjšanje velikosti delcev TG	Lažje in varnejše postopanje, transport in polnjenje – stiskanje v pelete
	<b>Naprava</b>	Zračni separator	Magnetni separator, separator z vrtničastim tokom	Mlin, drobilnik	Naprava za peletiranje

#### 6.2.1.2 Biološka obdelava

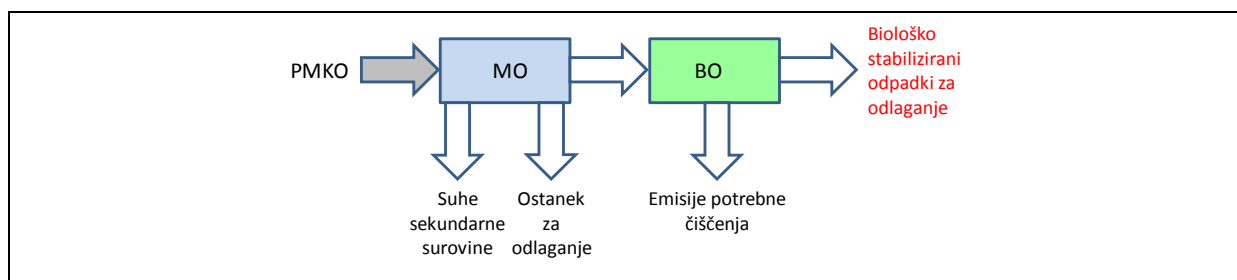
Izbira postopka biološke obdelave je povezana z želenim produktom procesa MBO:

- a) proizvodnjo bio-stabiliziranega materiala za odlaganje na odlagališču
- b) proizvodnjo komposta
- c) proizvodnjo bioplina - anaerobna fermentacija
- d) proizvodnjo TG dobre kakovosti.

Ponavadi želimo proizvajati več kot en proizvod, zato ima večina naprav za MBO kombinacijo več postopkov biološke obdelave.

- a) Proizvodnja bio-stabiliziranih odpadkov za odlaganje na odlagališču

Postopek MBO, s katerim bio-stabiliziramo mešane komunalne odpadke do stopnje, ko jih lahko odložimo na odlagališče v skladu z EU Direktivo o odlaganju, so razvili v Nemčiji. Bio-stabilizacija zmanjša biološko aktivnost odloženih odpadkov in povzroči zmanjšanje nastanka metana. Več naprav s tem postopkom je poleg Nemčije še v Avstriji in Italiji (Mechanical-Biological..., 2005). Na sliki 19 je shematski prikaz tega postopka.



Slika 19: Shema proizvodnje bio-stabiliziranih odpadkov za odlaganje na odlagališču

Figure 19: The production scheme of the bio-stabilized waste in order to be landfilled

Samo MBO, ki uporablja tudi postopek kompostiranja (aerobne fermentacije), lahko v zadostni meri bio-stabilizira MKO ali PMKO za odlaganje na odlagališče glede na zahteve zakonodaje v Nemčiji, Italiji in Avstriji, pa tudi v Sloveniji. Primerni načini kompostiranja so: kompostiranje v vrstah (kopah) na prostem, kompostiranje v halah, tunnelsko kompostiranje in kompostiranje v kontejnerjih (*in-vessel*) (Mechanical-Biological..., 2005). Postopek kompostiranja je opisan v točki 2.4.4 v 2. poglavju. Poleg kompostiranja lahko bio-stabiliziramo odpadke do takšne mere, da jih lahko v skladu z zakonodajo odlagamo na odlagališče, tudi z aeracijo mokrega digestata, ki jo imenujemo tudi mokra oksidacija (Sieksmeyer, Stockinger, 2008).

Posamezni načini se razlikujejo glede na način kontrole procesnih parametrov, načina oskrbovanja z zrakom in vodo, načina ravnanja z odpadnimi plini in izcedno vodo ter načina ravnanja z odpadki pred, med in po kompostiranju. Na primer, pri posameznih načinih se uporablja reciklirani zrak iz procesa za kontrolo temperature in vlage, pri drugih pa ne. Prav tako se pri nekaterih procesih dovaja zrak pod nizkim tlakom skozi odprtine na tleh, pri drugih pa se lahko sesa skozi odpadke, ali pa oboje. Pri nekaterih procesih se material za kompostiranje dovaža z nakladalci, drugje pa se uporabljajo avtomatski sistemi (Mechanical-Biological..., 2005).

Bio-stabilizacija je zmanjšanje spontane biološke razgradljivosti odpadkov do take mere, da se sposobnost sprejemanja kisika po 4 dneh zmanjša pod določeno mejo, pravimo, da se zmanjša respiratorna aktivnost.  $AT_4$  (sposobnost sprejemanja kisika po 4 dneh) pomeni količino kisika, ki se porabi v mikrobioloških procesih v določenih napravah na gram suhe snovi v 4 dneh. V Nemčiji mora biti  $AT_4$  manjši od 5 mg  $O_2/g$  suhe snovi stabiliziranih odpadkov, v Avstriji pa 7 mg  $O_2/g$  suhe snovi, kar približno pomeni, da je potrebno v Nemčiji in Avstriji kompostirati minimalno 8 tednov, preden se lahko odloži na odlagališče. V Sloveniji je z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov iz leta 2008 določen  $AT_4$  manjši od 10 mg  $O_2/g$  suhe snovi, kar je tudi predlog EU direktive o odlaganju. V Nemčiji se za merjenje stopnje stabilizacije poleg  $AT_4$ , s katerim je v korelaciji, uporablja tudi produkcija preostalega deponijskega plina iz stabiliziranih odpadkov po 21 dneh in se imenuje  $GB_{21}$  (gasbildung 21). V Nemčiji mora biti  $GB_{21}$  manjša od 20 NI/kg stabiliziranih odpadkov.

Seveda morata biti v Sloveniji za odlaganje bio-stabiliziranih komunalnih odpadkov na odlagališče nenevarnih odpadkov izpolnjena še dva pogoja, ki ju pogojuje Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006, in sicer: vsebnost TOC (celotnega organskega ogljika) v komunalnih odpadkih mora biti manjša od 5% mase suhe snovi in kurilna vrednost manjša od 6 MJ/kg suhe snovi. Za mehansko-biološko obdelane odpadke velja, da se lahko odlagajo na odlagališču za nenevarne odpadke, če ustrezajo zahtevam za odlaganje nenevarnih odpadkov iz Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006 in njenim spremembam in dopolnitvam iz leta 2007 in 2008, razen zahtevi za DOC (raztopljeni ogljik v izlužku odpadkov), vsebnost TOC pa je v tem primeru lahko manjša od 18 % mase suhe snovi komunalnih odpadkov, obdelanih z MBO.

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov iz leta 2008 določa parametre okoljske kakovosti tudi za stabilizirane biološko razgradljive odpadke oziroma digestat.

#### b) Proizvodnja komposta

Pri procesu aerobnega kompostiranja lahko z določeno konfiguracijo proizvedemo kompost, ki se lahko uporabi na zemljiščih. Kakovost komposta je odvisna od treh ključnih faktorjev v

procesu MBO: koliko časa je material v procesu kompostiranja in od kontrole samega procesa, trajanja faze zorenja (maturacije) ter stopnje končne rafinacije komposta (Mechanical-Biological..., 2005).

Najbolj pomembno je zorenje, saj se v tej fazi kompostiranja uravnava razmerje C:N in zmanjšuje stopnja nekaterih organskih kislin, ki bi lahko škodile zemlji, dokonča pa se tvorba huminskih kislin, ki stabilizirajo kompost. Kompost, ki ni zorel dovolj časa, bi se lahko uporabil pri izvedbi končnega pokrova odlagališča, vendar le v primeru, da bi zadoščal pogojem za odlaganje na odlagališče (Mechanical-Biological..., 2005).

Zelo pomembna je končna rafinacija komposta, saj bo le kompost, ki ne vsebuje vidnih nečistoč, sprejemljiv na tržišču. Proces priprave komposta mora zagotoviti, da v kompostu ne bo težkih kovin.

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov iz leta 2008 določa parametre okoljske kakovosti za kompost, ki ga loči v dva razreda, in za stabilizirane biološko razgradljive odpadke oziroma pregnito blato.

Za kompost 1. razreda okoljske kakovosti je raba neomejena, če delež organske snovi presega 30% suhe snovi in če je higieniziran v skladu s 7. členom Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, ki določa, da je pri kompostiranju dosežena higienizacija s temperaturo od 55 do 60°C za čas od dveh do enega tedna, pač glede na način kompostiranja.

Kompost 2. razreda okoljske kakovosti se lahko neomejeno uporablja kot gnojilo okrasnih rastlin. Njegova raba je prepovedana na vodovarstvenih območjih, površinah, namenjenih za gojenje sadja in zelenjave, travnikih in pašnikih, razen jeseni po zadnji košnji ali paši, zemljiščih, zasičenih z vodo, zasneženih ali zamrznjenih zemljiščih, nagnjenih zemljiščih, njivah s krmnimi poljščinami, območjih mokrišč in gozdnih zemljišč.

Za vnos stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov v ali na tla, zaradi izboljšanja njihovega ekološkega stanja, je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje. Vnos stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov v ali na tla je prepovedan na vodovarstvenih

območjih, zemljiščih, kjer se izvaja kakršna koli pridelava kmetijskih rastlin, če so zemljišča zasičena z vodo, na zasneženih ali zamrznjenih zemljiščih, nagnjenih zemljiščih, njivah s krmnimi poljščinami, območjih mokrišč in gozdnih zemljišč. Enako velja tudi za digestat oziroma pregnito blato iz procesa anaerobne fermentacije.

c) Proizvodnja bioplina - anaerobna fermentacija

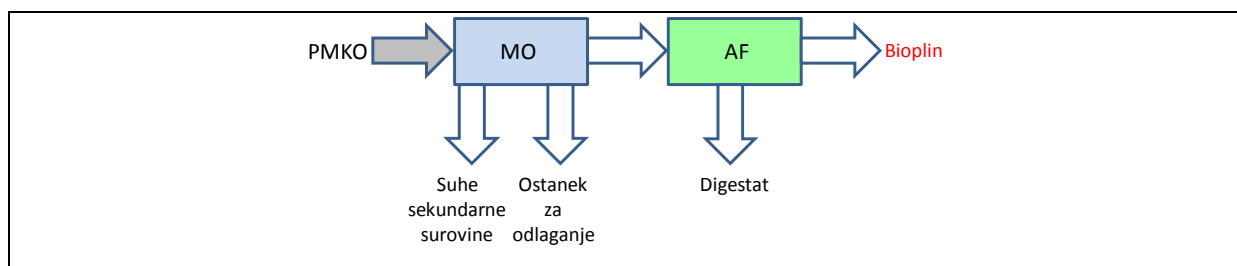
Bioplin je mešanica  $\text{CH}_4$  (metana) in  $\text{CO}_2$  (ogljikovega dioksida), ki se proizvaja v postopku AF oziroma anaerobne razgradnje. Ponavadi se bioplin pred uporabo na plinskih motorjih za proizvodnjo elektrike očisti, tako da se zmanjša njegova vlažnost in vsebnost  $\text{H}_2\text{S}$  (vodikovega sulfida). Stranski produkt je lahko proizvodnja toplote, ki nastane v hladilnih sistemih motorjev (Mechanical-Biological..., 2005).

AF se razlikuje od kompostiranja v tem, da se razgradnja biorazgradljivega materiala zgodi ob odsotnosti kisika. V procesu anaerobne fermentacije (*digestion*) poleg bioplina nastane pregnito blato, ki ga imenujemo tudi digestat.

Reakcija v fermentorjih poteka v treh različnih procesnih stopnjah, ki zahtevajo specifične reakcijske pogoje in specifične kulture bakterij:

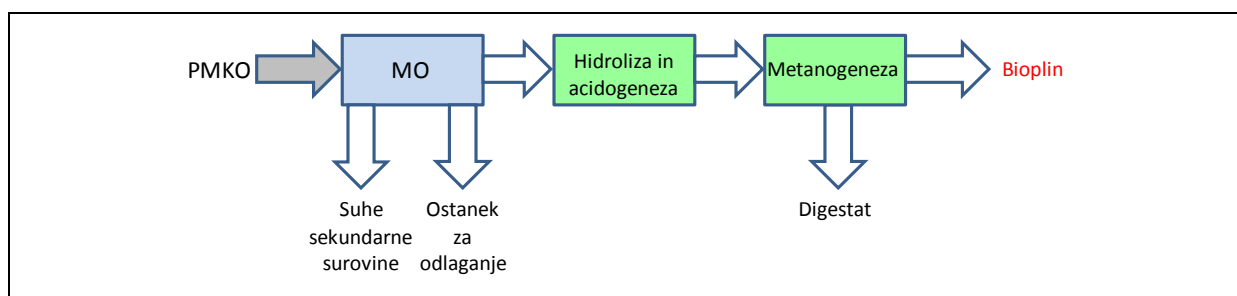
- hidroliza: razcepitev velikih molekul kot so beljakovine, maščobe in celuloza pod vplivom mikroorganizmov v male molekule kot so sladkor, maščobne kisline, glicerin in aminokisline, ki služijo kot vir za nadaljnji proces fermentacije
- acidogeneza: nastanek alkohola, očetne in drugih enostavnih maščobnih kislin pod vplivom anaerobnih mikroorganizmov
- metanogeneza: končna bakterijska pretvorba nizkomolekularnih produktov, ki nastanejo v procesih hidrolize in acidogeneze, v metan in ogljikov dioksid, ki sestavljata bioplin (Mechanical-Biological..., 2005).

AF, pri kateri se vse tri procesne stopnje izvršijo v enem fermentorju, imenujemo »enostopenjska« AF, AF pri kateri pa se v enem fermenterju izvrši hidroliza in acidogeneza, v drugem pa metanogeneza, pa imenujemo »dvostopenjska« AF (Mechanical-Biological..., 2005). Na sliki 20 je shematski prikaz enostopenjske AF, na sliki 21 pa dvostopenjske.



Slika 20: MBO z enostopenjsko AF

Figure 20: The MBT with one-level AD



Slika 21: MBO z dvostopenjsko AF

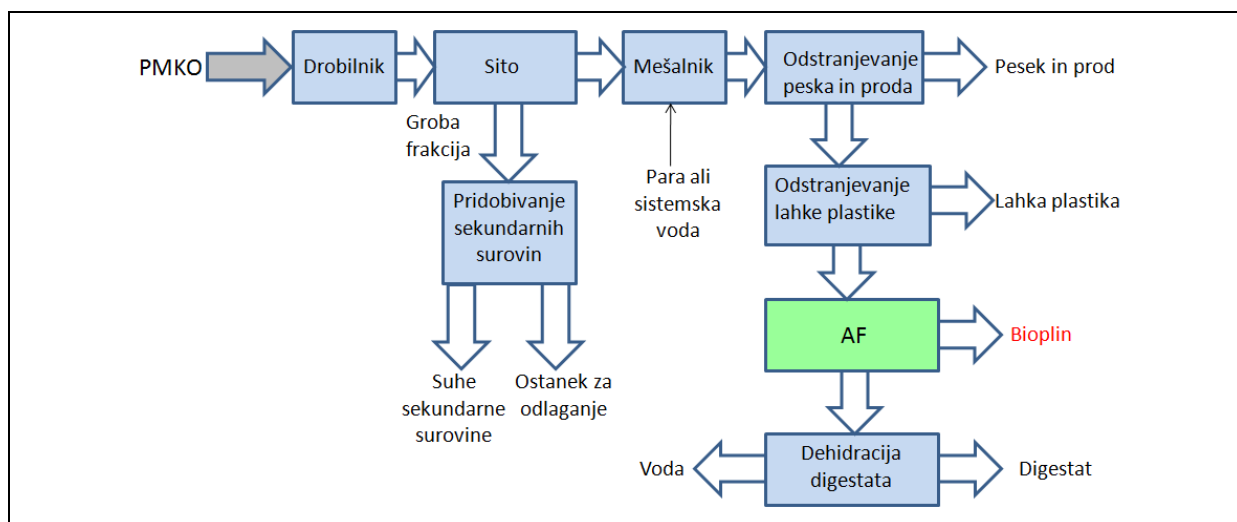
Figure 21: The MBT with two-level AD

Metanogeneza zahteva drugačne optimalne pogoje, na primer pH, kot hidroliza in acidogeneza ter poteka veliko počasneje. Prav v počasnosti metanogeneze je razlog, da je za doseganje podobne stopnje biorazgradljivosti pri AF potrebno dalj časa, kot pri aerobni fermentaciji. Če ločimo AF v dve stopnji, lahko za vsako stopnjo posebej optimiziramo pogoje, kar se rezultira v nastanku večje količine bioplina, vendar pa so večji investicijski stroški in bolj zahtevna kontrola procesa (Mechanical-Biological..., 2005).

Fermentorji so pri AF lahko konstruirani tako, da poteka proces z dodatkom minimalne količino vode; tako AF imenujemo »suha« AF ali pa gre v proces fermentacije suspenzija in tako AF imenujemo »mokra« AF. Pri suhi AF je vsebnost suhe snovi okoli 30 do 40%, pri mokri pa okoli 10 do 25% (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

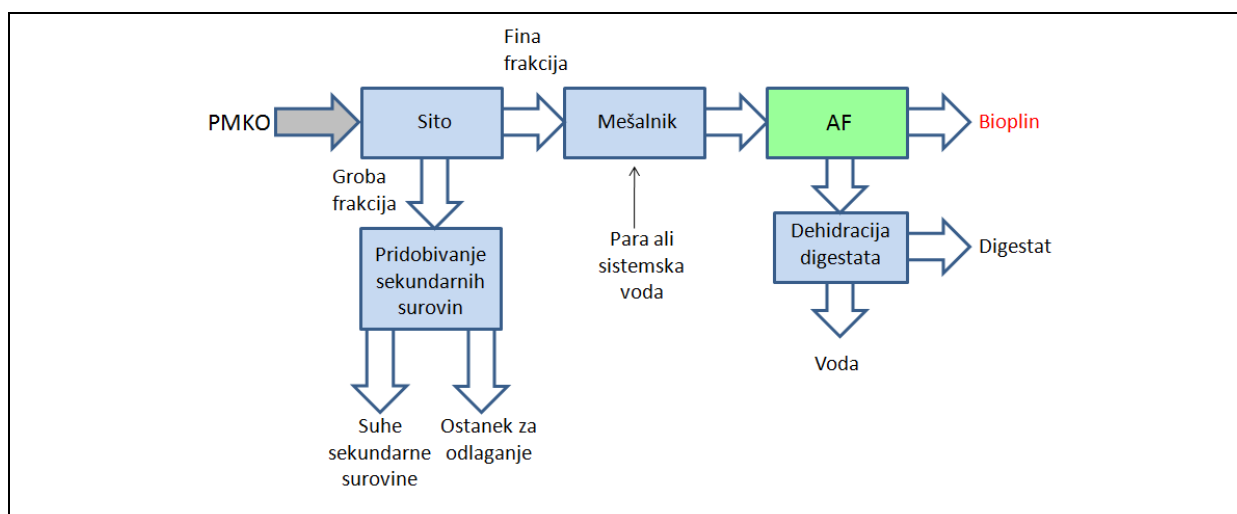
AF se je v začetku v glavnem uporabljala za fermentacijo blata iz čistilnih naprav in za odpadno vodo, to je za fermentacijo materiala z nizko vsebnostjo suhih snovi, za zelo vlažen, moker material. V zadnjem času je opazen trend uporabe AF za obdelavo bolj suhih odpadkov, kot so industrijski in komunalni odpadki. Prednost mokrega postopka je v tem, da

je že velikokrat preizkušen (Mechanical-Biological..., 2005). Mokra in suha AF sta razvidni iz slik 22 in 23.



Slika 22: MBO z mokro AF

Figure 22: The MBT with wet AD



Slika 23: MBO s suho AF

Figure 23: The MBT with dry AD

Iz shem, prikazanih na slikah 22 in 23, je razvidno, da MBO s suho AF potrebuje manjšo mehansko obdelavo odpadkov kot MBO z mokro AF, zato ima MBO s suho AF ponavadi nižje investicijske in obratovalne stroške, ki jih zmanjša tudi manjša količina odpadne vode, ki jo je potrebno čistiti.

Poleg nižjih stroškov je prednost suhega postopka tudi v tem, da v procesu ni problemov, povezanih z usedanjem, penjenjem in plavanjem. Pri mokrem postopku so problemi z usedanjem, ker je na težkih inertnih delcih, ki se usedajo, prilepljena biorazgradljiva snov, ki se useda skupaj z njimi, pri penjenju pa se biorazgradljiva snov nalaga na lahko plastiko. Pri mokrem procesu nastajajo problemi zaradi plavanja plute, plastičnih tub in polistirena na vrhu fermentorja. Ta plast na vrhu fermentorja se lahko posuši in ustvari trd sloj, ki zmanjšuje izhod bioplina, lahko pa povzroči tudi poškodovanje sistema za mešanje v fermentorju. Pri suhem postopku se odpadki nalagajo v fermentor na vrhu in s prostim padcem brez pomoči mešal potujejo proti dnu, zato je zelo pomembno, da so pred nalaganjem v fermentor dobro homogenizirani. V nasprotnem primeru lahko nastanejo v fermentorju problemi, saj je zelo velika možnost, da se ustvari čep, ki prepreči prosti padeč. Ker v fermentorju pri suhem postopku ni mešal, ni tudi nevarnosti, da se mešala pokvarijo in je to prednost tega postopka (Mechanical-Biological..., 2005).

AF se razlikuje tudi glede na višino temperature v fermentorjih. Ločimo:

- »mezofilno« AF, ki poteka pri temperaturi okoli 35°C (20 - 45°C) in pri kateri dobro uspevajo mezofilne bakterije in
- »termofilno« AF, ki poteka pri temperaturi okoli 55°C (50 - 65°C) in pri kateri prevladujejo termofilne bakterije (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

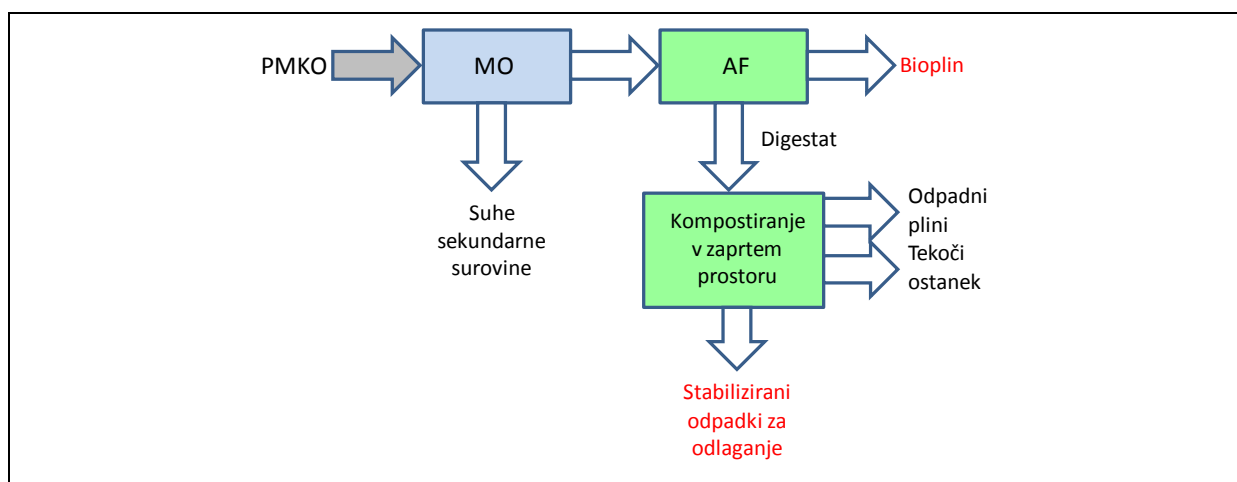
Stopnja biokemične reakcije narašča s temperaturo, dokler ni dosežena kritična temperatura, zato je termofilna AF veliko hitrejša od mezofilne AF. Za proizvodnjo enake količine bioplina je pri termofilni AF potreben krajši zadrževalni čas v fermentorju. Prednost termofilnega postopka je v higienizaciji odpadkov, saj se pri temperaturi okoli 55°C uničijo patogene bakterije. Pri mezofilnem postopku se higienizacija lahko doseže posebej in sicer tako, da se odpadki ali digestat za eno uro segrejejo na 70°C ali pa, da se digestat dodatno obdela s kompostiranjem (Mechanical-Biological..., 2005).

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov iz leta 2008 predpisuje, da je higienizacija v fermentorju dosežena, če je temperatura najmanj 55°C neprekinjeno 24 ur in je čas hidravličnega zadrževanja v fermentorju 20 dni.



Glavni pomanjkljivosti termofilnega postopka sta poraba velike količine energije za vzdrževanje visoke temperature v procesu in dodatna infrastruktura za gretje vsebine fermentorjev ali za zunanje gretje in dovod segretega materiala v fermentor. Zaradi višine obratovalnih stroškov večina mokre AF uporablja mezofilni postopek, ker je potrebno segreti večjo količino materiala, medtem ko večina suhe AF obratuje pod termofilnimi pogoji, ker je količina materiala, ki ga je potrebno segreti manjša (Mechanical-Biological..., 2005).

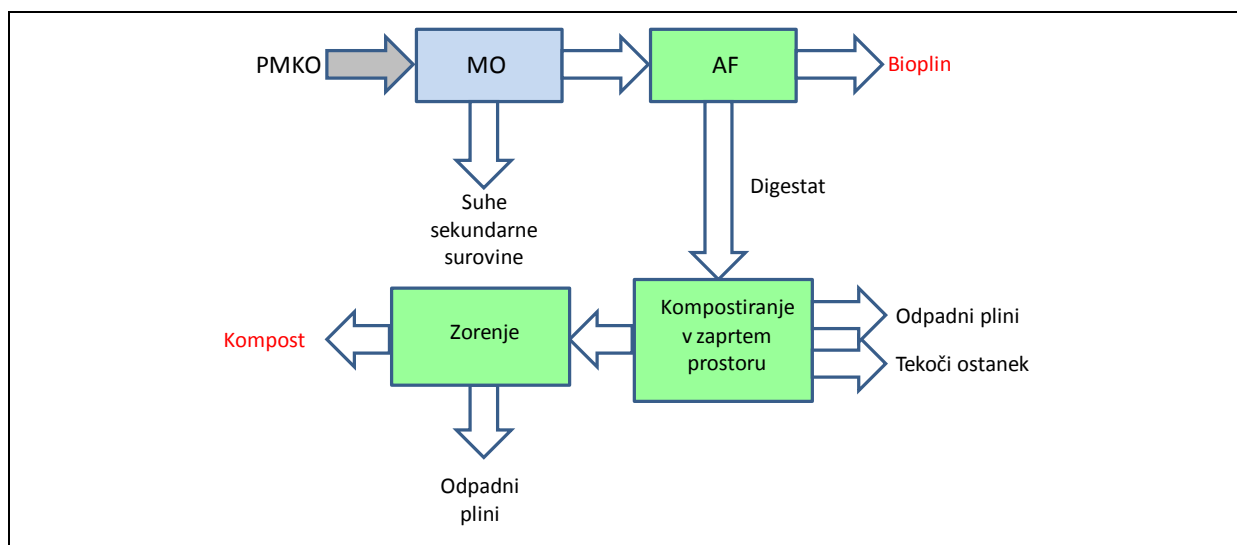
Digestat, ki nastane pri AF, se lahko kompostira ali aerizira in odloži na odlagališče, kompostira in uporabi kot kompost ali dehidrira in sežge. V Nemčiji v glavnem digestat še naprej stabilizirajo s kompostiranjem in odložijo na odlagališčih (Mechanical-Biological..., 2005). Shema takšnega procesa je prikazana na sliki 24.



Slika 24: Stabilizacija digestata za odlaganje na odlagališču

Figure 24: The stabilization of the digestate in order to be landfilled

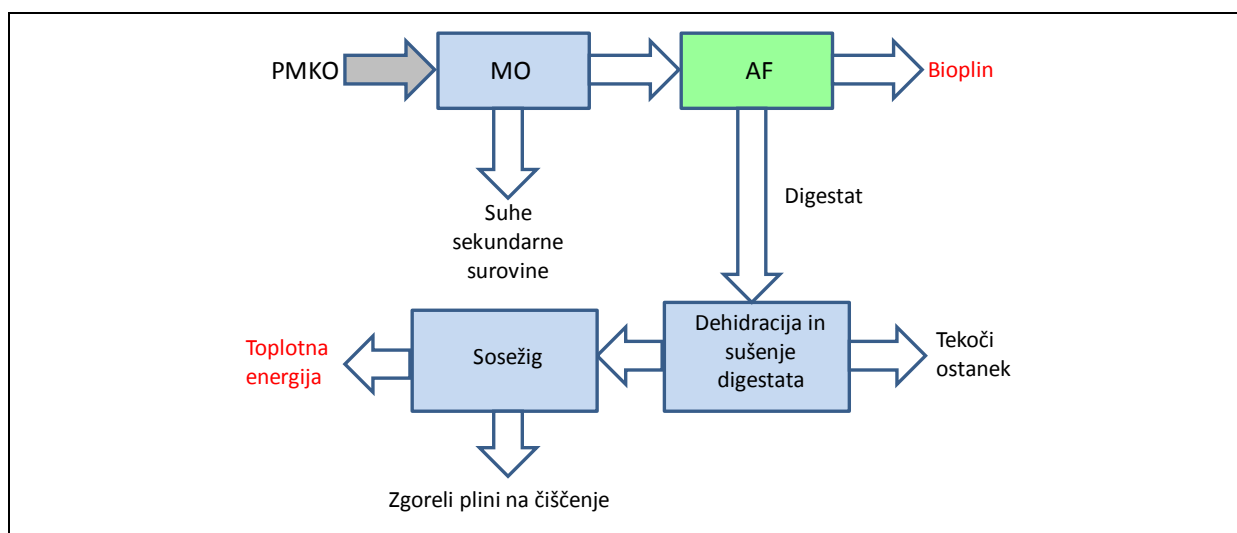
Digestat se lahko kompostira in zori okoli 6 do 8 tednov, tako postane primeren za uporabo na zemljiščih. Z zorenjem se doseže ustrezno razmerje med C:N skozi asimilacijo amonijaka v organski dušik in dokonča nastanek huminskih kislin, ki stabilizirajo humus in njemu podoben material (Mechanical-Biological..., 2005). Na sliki 25 je prikazana shema procesa stabilizacije digestata za uporabo na zemljiščih.



Slika 25: Stabilizacija digestata za uporabo na zemljiščih

Figure 25: The stabilization of the digestate for the usage on the grounds

Kurilna vrednost digestata je relativno nizka in je odvisna od obsega odstranitve vode, od njegove suhosti. Digestat je onesnažen s težkimi kovinami in nerazgrajenim PVC materialom, ki ni bil odstranjen v postopku mehanske obdelave pred AF. Zaradi nizke kurilne vrednosti digestata in relativno visokih stroškov za povečanje kurilne vrednosti z dehidracijo in s sušenjem, je digestat manj primeren za sosežig (Mechanical-Biological..., 2005). Na sliki 26 je prikazana shema procesa, kjer se digestat uporabi za gorivo v sosežigu.

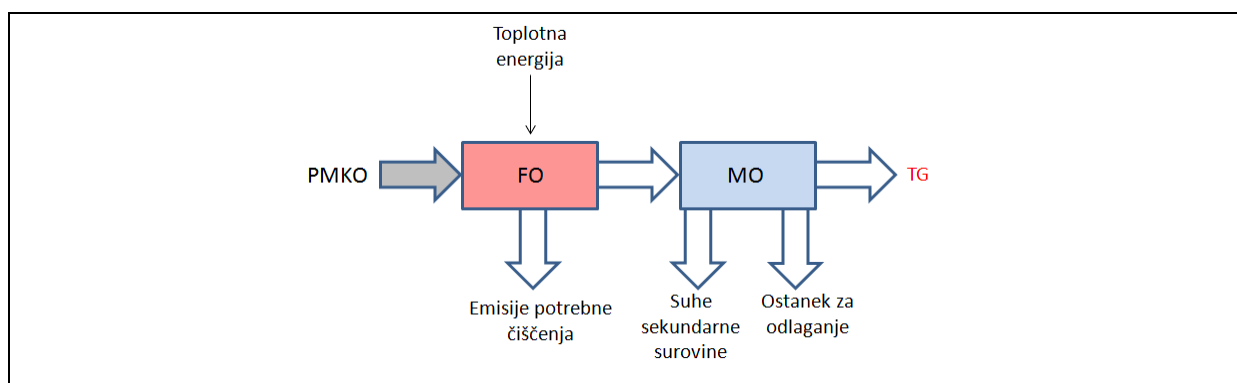


Slika 26: Odstranitev vode in sosežig digestata

Figure 26: The elimination of water and co-incineration of the digestate

## 6.2.2 Koncept mehansko-fizikalne obdelave

Pri MFO (mehansko-fizikalna obdelava) se kombinirata mehanska in FO (fizikalna obdelava), obdelava z dodajanjem toplote. Z MFO se zmanjša vsebnost vlage in uničijo aktivne bakterije, odpadki se higienizirajo. MFO lahko uporablja za sušenje odpadkov samo toploto ali pa se uporabi avtoklavni sistem, ki s stisnjeno paro stabilizira in higienizira odpadke. V odpadkih ohranja organski del, kar pomeni, da se obdelani odpadki lahko uporabijo kot gorivo z visoko kurilno vrednostjo. MFO je postopek, s katerim se doseže podobne rezultate kot z bio-sušenjem, vendar pa so pri MFO odpadki na koncu higienizirani, kar olajša delo z njimi, transport in skladiščenje (Mechanical-Biological..., 2005). Postopek je shematično prikazan na sliki 27.



Slika 27: Shematski prikaz MFO

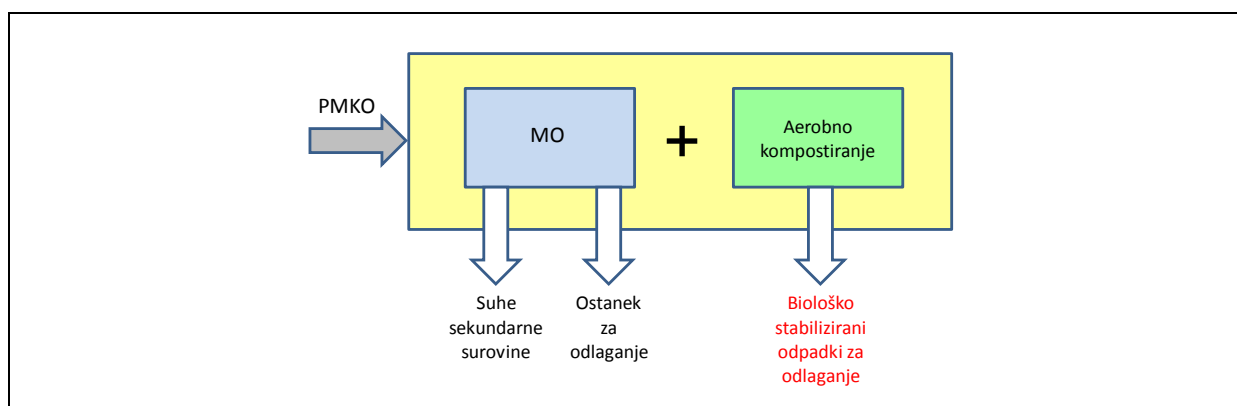
Figure 27: The schematic view of MPT

## 6.2.3 Določitev možnih postopkov

Glede na dosedanje ugotovitve in navedbe v tem magistrskem delu smo določili sedem potencialnih postopkov znotraj MBO, ki bi jih bilo (same ali v kombinaciji) možno uporabiti za obdelavo PMKO ljubljanske regije:

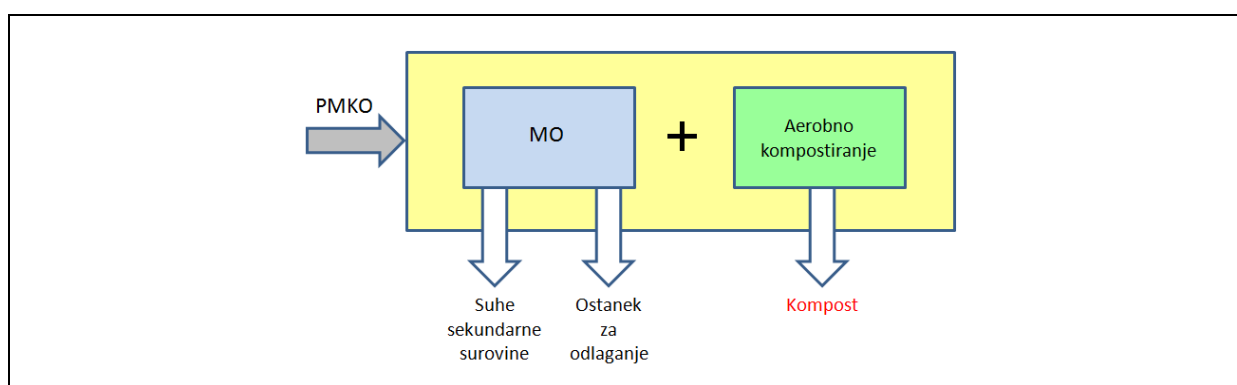
1. stabilizacija odpadkov za odlaganje na odlagališču: s tem postopkom zmanjšamo biorazgradljivost PMKO in zajamemo nekaj sekundarnih surovin; shemo prikazuje slika 28
2. proizvodnja komposta: pri tem postopku se pridobiva kompost; shemo prikazuje slika 29

3. proizvodnja TG z uporabo bio-sušenja: pri tem postopku se s sušenjem odpadkov z dodajanjem zraka pridobi TG; shemo prikazuje slika 30
4. MBO s ciljem zmanjšanja količine PMKO za sežig; shemo prikazuje slika 31
5. proizvodnja bioplina: to je postopek z anaerobno fermentacijo, kjer je bioplin produkt, digestat pa se odvaža na sežig; shemo prikazuje slika 32
6. proizvodnja bioplina in stabiliziranega digestata: to je postopek z anaerobno fermentacijo, kjer je poleg bioplina produkt tudi stabilizirani digestat, saj se digestat še naprej kompostira ali aerizira (mokra oksidacija); shemo prikazuje slika 33
7. proizvodnja TG z MFO: pri tem postopku se z dodajanjem toplote odpadki posušijo, ohrani se vsebnost organskih snovi v odpadkih, odpadki so higienizirani, pridobljeno TG ima visoko kurilno vrednost; shemo prikazuje slika 34.



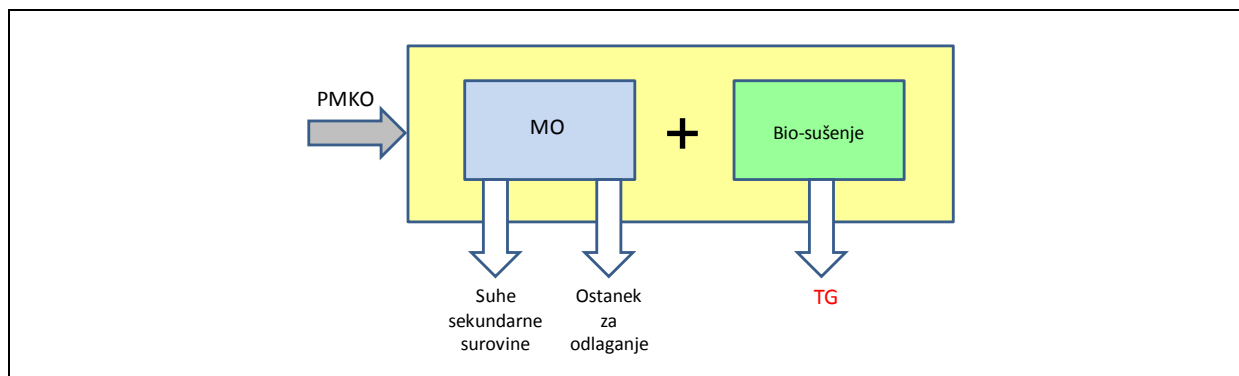
Slika 28: Stabilizacija odpadkov za odlaganje na odlagališče

Figure 28: The stabilization of waste in order to be landfilled



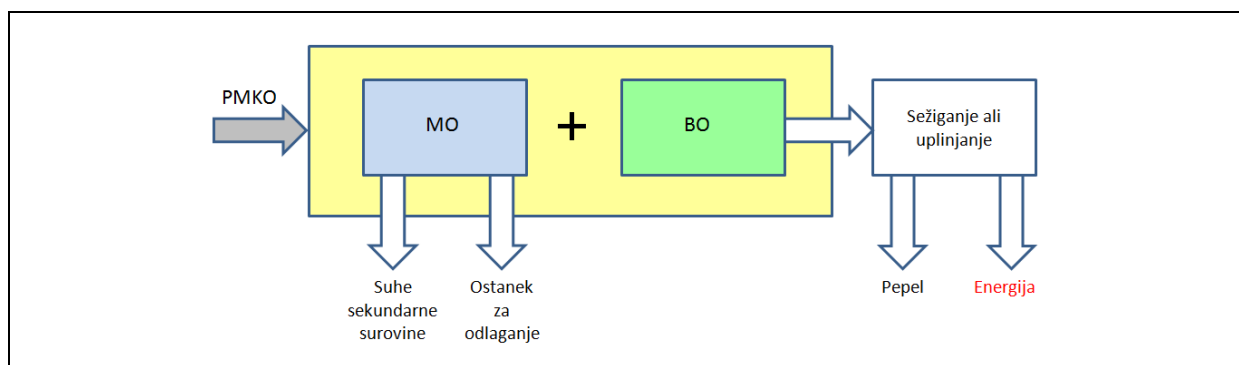
Slika 29: Proizvodnja komposta

Figure 29: The production of compost



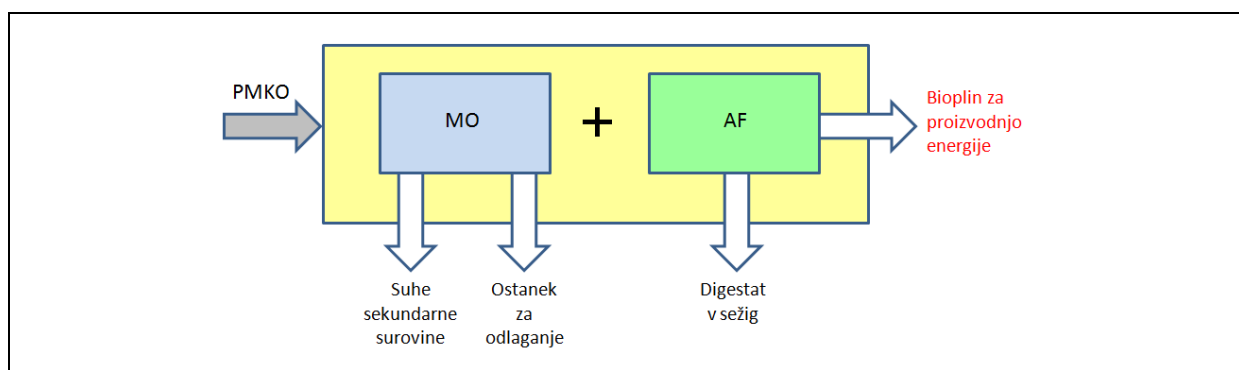
Slika 30: Proizvodnja trdnega goriva z uporabo bio-sušenja

Figure 30: The production of solid fuel using bio-drying



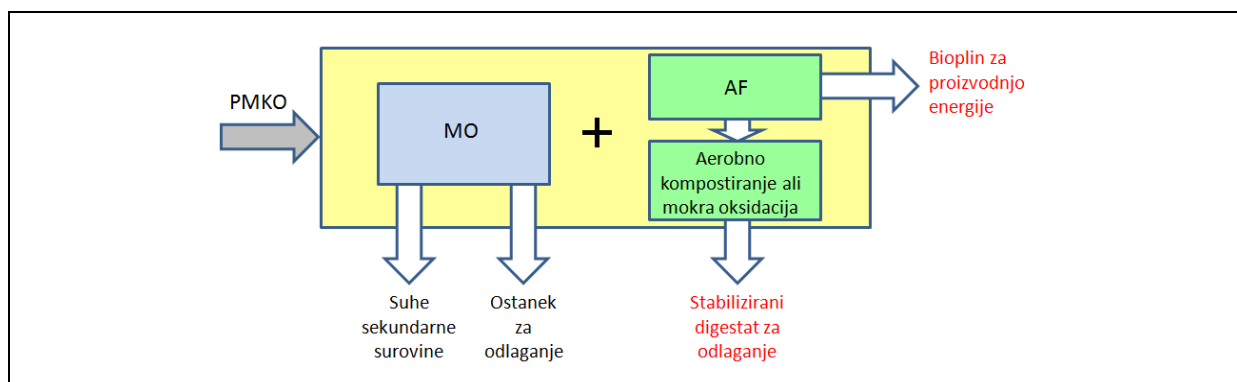
Slika 31: MBO s ciljem zmanjšanja količine PMKO za sežig

Figure 31: The MBT aiming to reduce the amount of RMMW for incineration



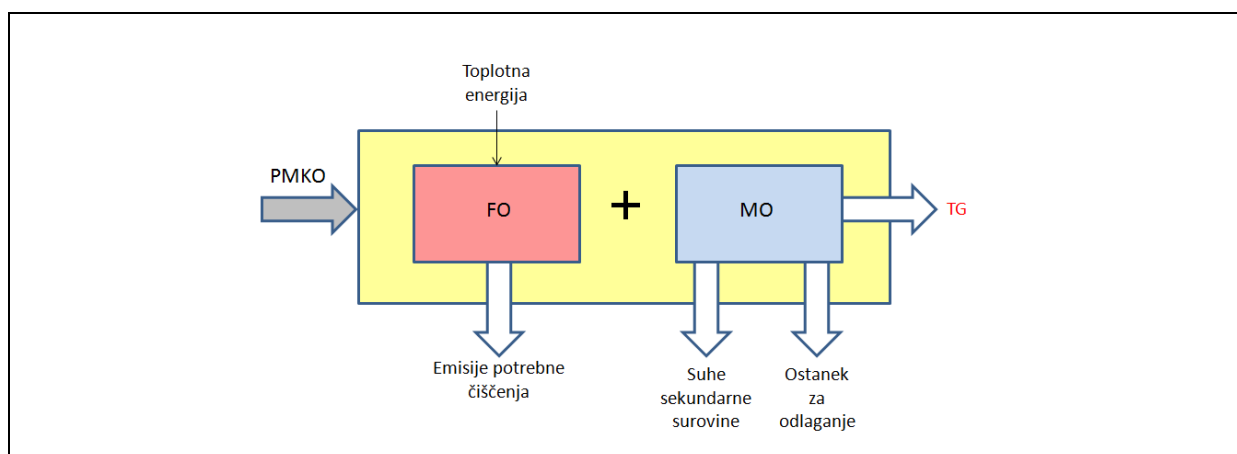
Slika 32: Proizvodnja bioplina in sežig digestata

Figure 32: The production of biogas and incineration of the digestate



Slika 33: Proizvodnja bioplina in stabiliziranega digestata za odlaganje

Figure 33: The production of biogas and stabilized digestate for landfilling



Slika 34: Proizvodnja trdnega goriva z MFO

Figure 34: The production of solid fuel with MPT

V praksi se uporabljajo naprave za MBO, pri katerih se kombinira več osnovnih bioloških postopkov, na primer AF, z ali brez predhodnega precejanja, in kompostiranje v zaprtem prostoru ali bio-sušenje.

#### 6.2.4 Ocena možnih postopkov

V tem poglavju bomo ocenili sedem postopkov, ki smo jih določili kot potencialno možne postopke, ki bazirajo na MBO, glede na:

- zmanjšanje vsebnosti biorazgradljivih snovi
- proizvodnjo goriva
- vpliv na okolje in zdravje ljudi.

a) Zmanjšanje biorazgradljivosti

Vseh sedem postopkov zmanjšuje vsebnost biorazgradljivih snovi v odpadkih, obseg zmanjšanja pa je odvisen od vrste postopkov in vhodnih snovi.

S stabilizacijo mešanih komunalnih odpadkov, namenjenih za odlaganje na odlagališču, se zmanjša njihova biorazgradljivost do takšne stopnje, da je možnost tvorbe metana po njihovi odložitvi le še malenkostna. To se doseže z odstranitvijo dela organskega s procesom biorazgradnje z aerobnim kompostiranjem od 6 do 8 tednov. Čas je odvisen od načina kompostiranja in od stopnje obdelave odpadkov pred kompostiranjem. Procesni parametri se prve 3 do 4 tedne lahko natančno kontrolirajo, tako da se optimizira stopnja pH, temperature, vlage in dobava kisika. To fazo imenujemo intenzivno kompostiranje, sledi pa ji maturacija oziroma zorenje komposta od 3 do 4 tednov, ko se material stabilizira. V tej fazi se procesni parametri lahko le malo kontrolirajo. Štejemo, da so odpadki stabilizirani, če ne presegajo določene vrednosti  $AT_4$ . V Angliji je poleg  $AT_4$  določena še stopnja fitotoksinov, razmerje C:N, prisotnost patogenih organizmov in stopnja onesnaženosti s primesmi, da štejemo, da so odpadki stabilizirani (Mechanical-Biological..., 2005).

Za proizvodnjo dobrega komposta je ponavadi potrebno zorenje v trajanju treh mesecev in več, dobra oprema za končno rafinacijo komposta in natančna kontrola procesa, da se zagotovi uničenje patogenih bakterij. Takšen proces zagotovi večji odvzem komposta na trgu, vendar pa posledično zniža količino proizvodnje, poveča količino ostankov, ki jih je potrebno odložiti na odlagališče ter ima višje investicijske stroške. Pri proizvodnji komposta, ki traja dalj časa, se pomembno zmanjša količina biorazgradljivih snovi v odpadkih (Mechanical-Biological..., 2005).

Pri procesih bio-sušenja, kjer nastaja TG, ni pomembno govoriti o zmanjšanju biorazgradljivosti, vse dokler gre TG v sežig. V primeru, da TG v integriranem procesu pretvorimo v energijo s sežiganjem ali uplinjanjem, je zmanjšanje biorazgradljivosti skoraj 100 %, saj se biorazgradljivi odpadki spremenijo v  $CO_2$  in vodno paro. Nekaj biorazgradljivih snovi ostane le v ostankih za odlaganje (Mechanical-Biological..., 2005).

TG se ponavadi proizvaja iz grobe, lahke frakcije, ki se izloči iz PMKO pred biološko obdelavo, zato bi v primeru, če bi morali TG odlagati na odlagališče, le-to vsebovalo znatno količino biološko razgradljivih odpadkov.

Veliko obstoječih naprav za MBO vključuje AF in proizvaja bioplin. Zmanjšanje biorazgradljivosti odpadkov je odvisno od tehnologije, od časa zadrževanja odpadkov v fermentorjih. Poprečni zadrževalni čas v fermentorjih je od 3 do 4 tedne. Digestat iz AF PMKO se v glavnem sežiga, če pa bi se moral odlagati, bi imel previsoko stopnjo biorazgradljivih snovi, saj se pri AF slabo razgradi material na osnovi celuloze, vendar pa je na splošno stopnja biorazgradljivosti v odpadkih po AF, nizka.

Pri nekaterih napravah za MBO se AF kombinira z aerobnim kompostiranjem ali bio-sušenjem, s katerim se digestat še nadalje razgradi v material z nizko vsebnostjo biorazgradljivih snovi.

#### b) Proizvodnja goriva

Pri petih izmed sedmih možnih postopkov se proizvaja gorivo, od tega pri treh trdno gorivo in pri dveh bioplin.

Bioplin se praviloma porabi na plinskih motorjih za proizvodnjo električne energije v samem obratu. Količina proizvedene električne energije je direktno povezana s količino proizvedenega bioplina, ki je odvisna od obratovalnih pogojev AF: suha ali mokra, mezofilna ali termofilna, enostopenjska ali dvostopenjska, in od zadrževalnega časa odpadkov v fermentorjih. Pri sežigu bioplina na plinskih motorjih se zaradi delovanja motorjev kot stranski produkt proizvede tudi toplotna energija, ki se preko toplotnih izmenjevalcev porabi za vzdrževanje temperature v fermentorjih. V primeru, da se na ta način ne pridobi dovolj toplotne energije za vzdrževanje temperature v fermentorjih, predvsem pri termofilnih postopkih, se del plina posebej sežge za pridobitev dodatne toplotne energije (Mechanical-Biological..., 2005).



Kvaliteto bioplina določajo ponudniki plinskih motorjev ali druge opreme, ki ponujajo garancijo za svojo opremo le, če je bioplin določene kvalitete. Nedvomno pa je pri bioplinu potrebno kontrolirati naslednje sestavine: metan, H<sub>2</sub>S (žveplovodik), klor, fluor, siloxane, prah in vlago. Obstaja več načinov za znižanje oziroma odstranitev H<sub>2</sub>S, na primer z mokrim čiščenjem, pranjem bioplina z uporabo FeCl<sub>3</sub> (železov klorid) in z biološkim čiščenjem bioplina, ki uporablja bakterije, ki pretvorijo H<sub>2</sub>S v sulfate ali elementarno žveplo. Zmanjšanje siloxanov se na napravah za MBO skoraj ne izvaja, možno pa bi bilo njihovo zmanjšanje z uporabo aktivnega oglja. Čiščenje bioplina lahko zelo podraži investicijske in obratovalne stroške naprav za MBO z AF (Mechanical-Biological..., 2005).

Naprave za MBO proizvajajo TG, ki se ponavadi uporabi za sosežig. Kvaliteta TG je odvisna od njegove KV, vlažnosti, količine pepela in vsebnosti kemičnih snovi, vključno s težkimi kovinami (Mechanical-Biological..., 2005).

Kurilna vrednost je toplotna energija na enoto mase goriva ali odpadkov, ki se proizvede pri njihovem izgorevanju. Lahko je določena glede na sprejeto gorivo, suho gorivo ali na suho gorivo brez pepela. V trdnih gorivih lahko obstaja vlaga v dveh oblikah, in sicer kot prosta voda ali kot vezana voda. Vsebnost vlage direktno vpliva na energetski potencial goriva in ga seveda manjša. Pepel je anorganski ostanek po kompletnem izgorevanju goriva. Lahko vsebuje Na (natrij) in K (kalij), ki se stopita pri visoki temperaturi in potujeta po napravi, dokler se ne kondenzirata na hladnejše kovinsko ohišje in povzročata mašenje. Odprava napak privede do višjih vzdrževalnih in obratovalnih stroškov. Gorivo vsebuje tudi S (žveplo), Cl (klor) in N (dušik). Več ko je v gorivu N, večja bo emisija NO<sub>x</sub> (dušikovi oksidi) in bolj zahtevna bo njihova odstranitev. V gorivu so tudi težke kovine, ki pri sežigu izparijo in jih je potrebno odstraniti, zato je pomembno, da se jih čim več odstrani pri mehanski obdelavi (Mechanical-Biological..., 2005).

TG se v glavnem proizvaja pri MBO, ki uporablja kot biološko obdelavo bio-sušenje. Proces temelji na uporabi sproščene toplote, ki nastane pri aerobni razgradnji organskih snovi, za osušitev PMKO. V zaprtem procesu kompostiranja se izvrši suha stabilizacija biološko razgradljivih odpadkov, ki pa odpadke ne stabilizira do konca, saj se z dodatkom vlage nadaljuje razgradnja, kar lahko pri predolgem in nepravilnem skladiščenju TG povzroči

težave. TG se proizvaja tudi v procesu MFO, kjer se tudi sterilizira, zato je bolj varno njegovo transportiranje in skladiščenje (Mechanical-Biological..., 2005).

Veliko naprav za MBO obnavlja material, ki ni biorazgradljiv, na primer lahko plastiko, in težko razgradljiv material, ki vsebuje ogljik, na primer les, s proizvodnjo TG. Te snovi se izločijo pred ali po biološki obdelavi PMKO. Za proizvodnjo TG se večinoma pred biološko obdelavo izloči lahka frakcija, ki vsebuje poleg plastike še papir in karton. Če je v sam proces MBO vključen še sežig ali uplinjanje TG s proizvodnjo toplotne energije, je zmanjšan riziko neuspešnega plasmaja TG na trgu, proces pa ima korist od proizvedene energije. V Evropi je sežig TG preizkušen način, medtem ko uplinjanje ne. Uplinjanje se veliko uporablja na Japonskem, in sicer se z uporabo kisika pri zelo visokih temperaturah pospeši taljenje anorganskega pepela, kar zmanjša volumen odpadkov, ki se odlagajo na odlagališče, vendar pa je za tak proces potrebno veliko energije (Mechanical-Biological..., 2005).

#### c) Vpliv na okolje in zdravje ljudi

Vsi postopki in naprave za obdelavo odpadkov, tudi sedem postopkov, ki smo jih določili kot možne za obdelavo PMKO iz ljubljanske regije, imajo vpliv na okolje. V nadaljevanju bomo prikazali njihov vpliv na okolje z emisijami v zrak, z emisijami v vodo in z odlaganjem ostankov obdelave na odlagališče, prikazali pa bomo tudi njihov potencialni vpliv na zdravje ljudi.

**Emisije v zrak in njihovo zmanjšanje:** odpadni plini, ki vsebujejo CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O, organske onesnaženosti, NH<sub>3</sub> (amonijak), bio-aerosoli in prah predstavljajo emisije iz procesov kompostiranja in bio-sušenja. Bio-aerosoli, mikroorganizmi in ostali zelo majhni biološki delci, ki visijo v zraku in so ponavadi nevidni ter jih vdihavamo, so glavni vzrok za povečano skrb za zdravje ljudi v povezavi z emisijami v zrak iz kompostiranja (Mechanical-Biological..., 2005).

Pri MBO z AF se vse plinaste onesnaženosti združijo v bioplina. Pri sežigu bioplina na plinskih agregatih bi šli v zrak izpušni plini, ki so onesnaženi predvsem z CO (ogljikovim monoksidom), NO<sub>x</sub> (dušikovi oksidi), SO<sub>2</sub> (žveplovim dioksidom), H<sub>2</sub>S (vodikovim

sulfidom), prahom in hlapljivimi organskimi spojinami, zato jih je potrebno očistiti. Težke kovine niso onesnaževalci v izpušnih plinih plinskih agregatov, saj pri relativno nizkih temperaturah, pri katerih poteka AF, ne hlapijo do upoštevanja vredne stopnje. Pri procesih, ki združujejo AF in kompostiranje ali bio-sušenje, so emisije v zrak iz plinskih agregatov in iz kompostiranja (Mechanical-Biological..., 2005).

Poleg emisij v zrak iz biološke obdelave, so tudi emisije v zrak iz mehanske obdelave. Ponavadi so to prah, bio-aerosoli in smrad. Te emisije se lahko kontrolirajo tako, da je prostor z mehansko opremo v zaprtem prostoru pod podtlakom, zrak iz njega pa se vodi v sistem za čiščenje odpadnih plinov. Odpadni zrak se lahko uporabi tudi pri zgorevanju plina na plinskih agregatih (Mechanical-Biological..., 2005).

Pri MBO, ki vključujejo tudi sežig ali uplinjanje TG, nastajajo drugačne plinske emisije kot zgoraj navedene, saj je izgorevanje pri veliko višjih temperaturah. Plinske emisije vsebujejo: kislinske pline (acidic gases) SO<sub>2</sub>, HCl, HF, NO<sub>x</sub>, težke kovine, hlapljive organske spojine (Volatile Organic Compounds, VOCs), PCDD (dioxin) in PCDF (furane) ter prah (Mechanical-Biological..., 2005).

Zmanjšanje emisij v zrak iz AF in mehanske obdelave se ponavadi doseže s čiščenjem odpadnih plinov z biofiltri ali postopkom toplotne oksidacije. Znani so še drugi postopki čiščenja odpadnih plinov: postopek regenerativne toplotne oksidacije, postopek oksidacije s katalizatorjem in postopek adsorpcije z ogljikom (Mechanical-Biological..., 2005).

- **Biofilter** je tradicionalni način za zmanjšanje smradu odpadnih plinov. Sestavlja ga vlažen porozni organski material, ponavadi lesna biomasa ali šota, v kateri živijo mikroorganizmi sposobni razgraditi organske snovi, ki povzročajo smrad v odpadnih plinih. V biofiltru se odstranijo tudi bio-aerosoli, odstranitev bio-aerosolov v biofiltru pa je odvisno od velikosti delcev, ki zapolnjujejo biofilter, pretoka odpadnih plinov in površine biofiltra. Če biofilter zapolnjujejo manjši delci, je med njimi manjši prazen prostor in zajetje bio-aerosolov je večje. Obstaja nevarnost, da se ti mali delci med sabo zlepijo in povzročijo večjo hitrost skozi biofilter na drugih delih, zaradi zmanjšanja pretočne površine, kar pa posledično vpliva na manjšo učinkovitost bio-filtra (Mechanical-Biological..., 2005).

- Pri postopku toplotne oksidacije so onesnaževalci uničeni in ne le zajeti, kot so to pri drugih metodah. Pri tem postopku gre praviloma za izgorevanje zraka v eni komori, ki je obložena s keramično plastjo, katere namen je segrevanje zraka pred sežigom. Toplota, pri kateri obrat obratuje, znaša med 700 in 1.000°C (Mechanical-Biological..., 2005).
- Postopek RTO (regenerativna toplotna oksidacija) pretvori nevarne organske snovi pri visoki temperaturi v ogljikov dioksid in vodno paro. Onesnaženi zrak se ob vstopu v komoro skozi kamnito ali keramično plast najprej segreje na določeno temperaturo, pri kateri se ga določen čas vzdržuje, preden se ga vodi v sežigalno komoro. Komore za segrevanje so obložene s keramično oblogo, ki vpije večino toplote iz sežigalne komore. Nov tok onesnaženega zraka vstopi skozi isto keramično plast, ki se je segrela pri prejšnjem toku. Ta postopek se razlikuje od ostalih prav v tem, da ohranja visoko stopnjo toplotne energije. Postavitev naprave za RTO poveča investicijske in obratovalne stroške MBO, vendar pa učinkovito odstrani neprijetne vonjave, bio-aerosole in organsko onesnaženost. Pri večjih napravah za MBO je za postavitev RTO naprave potreben veliko manjši prostor kot za postavitev biofiltra (Mechanical-Biological..., 2005).
- Postopek oksidacije s katalizatorjem je razmeroma nov postopek odstranjevanja hlapljivih organskih spojin iz zračnih emisij. Odstranjevanje poteka pri temperaturah od 200 do 600°C pri uporabi trdnega katalizatorja. Zrak se najprej ogreje v ogrevalni komori in nato vodi skozi bazo trdnih katalizatorjev, kjer organske snovi hitro oksidirajo. Toploto, ki nastane pri oksidaciji, se lahko vodi v ogrevalno komoro, kjer se z njo segrevajo nove zračne emisije. Za oksidacijo se kot katalizatorji večinoma uporabljajo kovinski oksidi, kot so bakrov oksid, manganov oksid ali kromov oksid. Te kovine so primerne za uporabo tudi zato, ker so cenejše od ostalih (Mechanical-Biological..., 2005).
- Pri postopku adsorpcije z ogljikom so onesnaževalci odstranjeni iz zraka s fizikalno adsorpcijo v delce aktivnega ogljika. Adsorpcijske naprave so konstrukcijsko dokaj enostavne, sestavljene so iz cilindričnih posod, v katerih se nahajajo različne plasti adsorbenta (Mechanical-Biological..., 2005).

**Emisije v vodo in njihovo zmanjšanje:** izcedna voda, ki priteka iz procesa in vsebuje izprane ali raztopljene trdne snovi iz odpadkov, predstavlja emisije pri aerobnih procesih. Proces kompostiranja je oviran, če pade vsebnost vlage pod 40 %. V takšnih primerih se voda dodaja v sistem. Izcedna voda nastaja tudi pri postopku bio-sušenja odpadkov. Če je poleg intenzivnega kompostiranja še zorenje, ki zahteva skladiščenje velike količine komposta za več tednov, nastaja izcedna voda naravno, lahko pa jo še poveča padavinska voda, če pade na skladiščene kupe komposte. Izcedna voda vsebuje različne lahko biorazgradljive spojine, ki povzročajo smrad, nitrate in organske kisline, zato jo je pred izpustom v kanalizacijo potrebno očistiti (Mechanical-Biological..., 2005).

Pri anaerobni fermentaciji nastane tekoč odpadki, ki je lahko v obliki koncentriranega blata ali suspenzije in ga imenujemo digestat. V procesu odstranjevanja vode odstranimo vodo iz digestata. Digestat vsebuje dokaj visoko stopnjo KPK. Večina MBO z AF ima mokro AF. Pri teh procesih nastane veliko več odpadne vode kot pri procesih suhe AF in kot pri aerobnih procesih (Mechanical-Biological..., 2005).

Zmanjšanje emisij v vodo dosežemo s čiščenjem odpadne vode na čistilnih napravah, ki uporabljajo različne postopke za čiščenje na primer SBR (sekvenčni biološki reaktor), MBR (membranski biološki reaktor) in reverzno osmozo (Mechanical-Biological..., 2005).

**Odlaganje ostankov obdelave na odlagališče** je pri MBO, pri katerih se proizvajajo bio-stabilizirani odpadki, od 20 do 50% mase sprejetih odpadkov. Z bio-stabilizacijo se bistveno zmanjša biorazgradljivost odpadkov, vendar je v Nemčiji, Avstriji in tudi v Sloveniji potrebno še dodatno zmanjšanje celotnega organskega ogljika v odpadkih, če jih želimo odložiti. Prav tako se lahko kot ostanek upošteva tudi kompost, če se zanj dalj časa ne najde tržišče.

MBO, ki proizvaja TG, lahko proizvede velike količine trdnih ostankov obdelave, ki se ponavadi odlagajo. Ostanek je okoli 20 % mase sprejetih odpadkov. Količina je odvisna od stopnje rafinacije TG. Za čim boljši TG je potrebna čim višja stopnja rafinacije, kar pomeni večjo količino ostankov za odlaganje. Pri proizvodnji TG, ki se sežge v sklopu naprave za MBO, nastanejo kot ostanki za odlaganje, pepel in ostanki iz čiščenja plinov.

**Potencialni vpliv na zdravje ljudi:** v zgornjih odstavkih smo definirali emisije v zrak, v vodo in na odlagališče iz različnih procesov MBO, zelo pomembno pa je, kako te emisije vplivajo na zdravje zaposlenih na napravah za MBO in na prebivalce, ki živijo v okolici naprav.

Možnemu tveganju za zdravje ljudi, ki je povezano s kompostiranjem in AF, se daje dosti manjši pomen od tistega, povezanega s sežiganjem odpadkov. Na primer, nastanek in sproščanje bio-aerosolov v zrak, neuničeni patogeni organizmi v kompostu ter težke kovine prisotne v trdnih ostankih MBO, lahko pripeljejo do tveganja za zdravje zaposlenih, sosednjih prebivalcev ali tistih, ki so izpostavljeni produktom iz ostankov MBO. Tveganju se izognemo s profesionalnim upravljanjem naprav, ki omogočajo natančno kontrolo procesa in ostankov.

Ugotovljeno je, da zaposleni pri MBO prihajajo v stik z odpadki in so zato izpostavljeni nevarnim snovem v njih, hlapom in suspendirani drobni snovi (prahu). Kasneje se nevarnostim pridružijo še bio-aerosoli, ki predstavljajo največjo nevarnost za zdravje. Najbolj izpostavljeni tveganju za zdravje so delavci v napravah za MBO, kjer so pri mehanski obdelavi postavljene linije za ročno ločevanje odpadkov.

Obstaja nekaj študij o tveganju delavcev za zdravje pri izpostavljenosti MKO in odpadkom v sortirnicah, toda študije, ki bi obravnavala tveganje delavcev za zdravje pri delu pri MBO, ni na razpolago. Še največ raziskav je narejenih za tveganje pri kompostiranju. Najbolj nevarni onesnaževalci iz procesa kompostiranja so bio-aerosoli, ki so lahko alergeni ali karcinogeni.

Posledica izpostavljanju organskemu prahu, ki vsebuje bio-aerosole, lahko privede do naslednjih bolezni dihal:

- senenega nahoda in astme, zaradi izpostavljanja alergenom in organskemu prahu
- kroničnega bronhitisa in kronične obstruktivne pljučne bolezni, zaradi izpostavljanja endotoksinom
- pljučnice
- sindroma zastrupitve z organskim prahom, ki nastane med in po veliki izpostavljenosti organskemu prahu v zraku, bolezenski znaki pa so podobni tistim pri gripi.

V bližini kompostarn je izvedenih veliko meritev prahu v zraku in usedenih prašnih delcev, ki predstavljajo nevarnost za zaposlene v kompostarnah, toda zelo malo je študij, ki so rezultate meritev primerjale z zdravjem zaposlenih in ovrednotile tveganje za zdravje. Ni dokazano, da prebivanje v bližini kompostarn predstavlja nevarnost za zdravje.

#### **6.2.5 Predstavitev nekaterih obstoječih naprav za obdelavo PMKO, ki bi bile lahko primerne tudi za obdelavo PMKO ljubljanske regije**

V nadaljevanju bomo predstavili naprave, ki uporabljajo različne postopke MBO, ena med njimi pa uporablja tudi postopek MFO, in bi bile lahko primerne tudi za obdelavo PMKO ljubljanske regije:

- a) MBO odpadkov v napravi Kahlenberg z uporabo precejanja v precejalniku, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih
- b) MBO odpadkov v napravi Stralsund z uporabo suhe stabilizacije v kontejnerjih
- c) MFO odpadkov v napravah Berlin-Reinickedorf in Berlin-Pankow z uporabo termične stabilizacije z bobnastim sušilcem
- d) MBO odpadkov v napravi Lübeck z uporabo dvofazne, mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo.

Podatke smo pridobili v glavnem iz prispevkov na simpozijih in srečanjih, napravo v Lübecku pa smo si tudi ogledali in pri ogledu same naprave pridobili določene podatke o njej.

a) MBO odpadkov v napravi Kahlenberg z uporabo precejanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih<sup>1</sup>

Naprava za MBO v Kahlenbergu je začela obratovati leta 2006 in lahko obdela 100.000 t preostalih komunalnih odpadkov na leto.

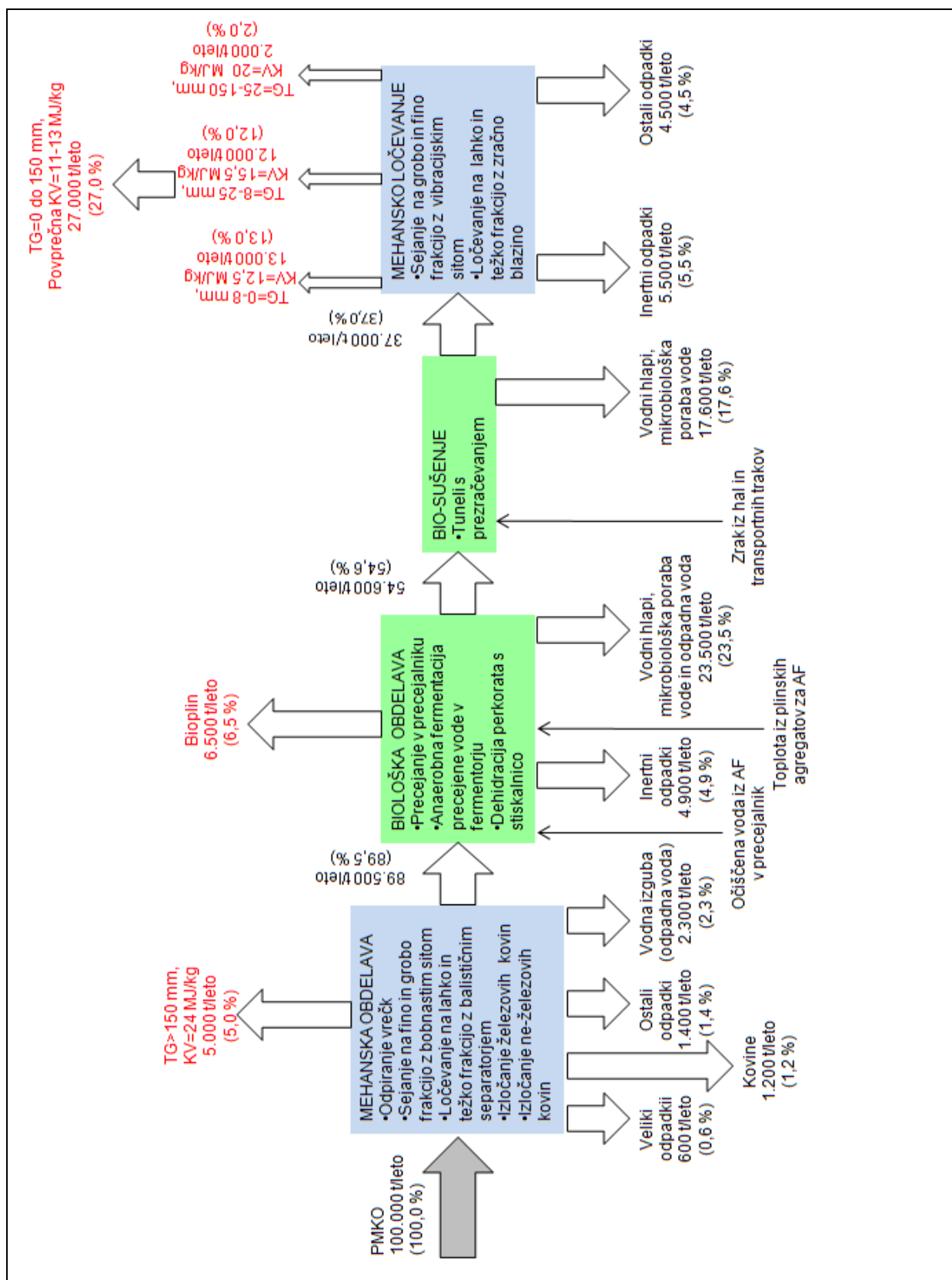
Obdelavo odpadkov v tej napravi lahko razdelimo na štiri stopnje: mehansko obdelavo, biološko obdelavo, bio-sušenje in mehansko ločevanje. Na sliki 35 je prikazana blok shema naprave za MBO odpadkov z uporabo precejanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih.

Na napravi se najprej izloči 0,6% velikih odpadkov (bela tehnika, zabavna elektronika, monitorji, ...), ki se uporabijo kot sekundarne surovine. Okoli 1,2% od vhodne količine se izloči kovin, ki se jih uporabi kot stare odpadne kovine. Inertni odpadki se ponovno uporabijo pri gradnji ali se odložijo na odlagališče za inertne odpadke in se jih izloči 10,4%, okoli 5,9% pa je ostalih odpadkov. Glavni produkt MBO je TG, ki se ga uporabi za sosežig v toplarnah in cementarnah. Skupaj se ga proizvede 32,0%, od tega ga je 5,0% s KV 24 MJ/kg in 27% s KV od 11 do 13 MJ/kg. Pri MBO se proizvede še 6,5% bioplina. Pri tej MBO je 43,4% vodnih hlapov, mikrobiološke porabe vode in odpadne vode.

---

<sup>1</sup> Napravo v Kahlenbergu v Nemčiji sta predstavila v svojem prispevku Construction and Start-Up of the MBT Kahlenberg-Results of an Attendant Research Project Promoted by the EU na drugem mednarodnem simpoziju o MBO v Hannoveru leta 2007 R. Schneider in G. Rettenberger. G. Rettenberger je napravo predstavil tudi na petem srečanju z imenom Deponietechik 2006 v Hamburgu leta 2006 v prispevku z naslovom Abfallbehandlung nach dem ZAK-Verfahren-Forderung der Errichtung der MBA Kahlenberg durch die EU. Napravo so predstavili tudi M. Merten, dr. G. Person in M. Schreiber v prispevku z naslovom Moderne Abfallbehandlung-die MBA Kahlenberg, ki smo ga zasledili na internetu. Leta 2008 so napravo na 7. ASA Abfalltage v Hannoveru predstavili G. Person, M. Schreiber in R. Gibis v prispevku z naslovom MBA mit Perkolation am Beispiel der MBA Kahlenberg.





Slika 35: Blok shema MBO naprave Kahlenberg

Figure 35: The block scheme of the Kahlenberg MBT facility

**Mehanska obdelava** poteka v dveh enakih linijah. Odpadki se sprejemajo v zaprti sprejemni hali, kamor se pripeljejo skozi dvoje dvižnih vrat. V hali je, na površini 470 m<sup>2</sup>, prostora za 1.900 m<sup>3</sup> odpadkov. Nakladalnik transportira odpadke grabilnemu bagru, ki jih nalaga na transportni trak, ki jih transportira naprej v halo za mehansko obdelavo. Pred nalaganjem na transportni trak se iz odpadkov z bagrom odstranijo veliki, kosovni odpadki, kot je prikazano na sliki.

Mehanska obdelava se prične s sejanjem odpadkov v multifunkcionalnem bobnastem situ, kjer se naprej odprejo vrečke z odpadki, potem pa sledi sejanje odpadkov na tri velikostne frakcije. Loči se fina frakcija velikosti do 60 mm, srednja frakcija velikosti od 60 do 150 mm in groba frakcija velikosti nad 150 mm. Bobnasto sito je prikazano tudi na priloženi sliki.

Iz fine frakcije se najprej z magnetom iz Nd (neodim) izločijo slabo namagneteni odpadki, med njimi so tudi nevarni odpadki, na primer baterije, elektronski odpadki ter pločevinke, potem pa še s klasičnim magnetnim separatorjem ostale železne kovine. Po magnetnem separatorju gre fina frakcija v biološko obdelavo, ki se prične s procesom precejanja v precejalnikih (percolators).

Srednja frakcija velikosti od 60 do 150 mm gre v ponovno separacijo na balistični separator, kjer se loči lahka in težka frakcija. Balistični separator je prikazan na sliki. Lahka frakcija se pridruži fini frakciji pred magnetnim separatorjem in skupaj nadaljujeta pot. Težki frakciji obeh linij se združita in gresta preko magnetnega separatorja, kjer se odstranijo železne kovine, v sortirno kabino s sortirnim tekočim trakom, kjer se odstranijo barvne kovine, mineralni odpadki in nevarni, moteči odpadki. Tako sortirana težka frakcija velikosti 60 do 150 mm gre v biološko obdelavo.

Veliki frakciji obeh sortirnih linij se združita, v sortirni kabini pa se iz njih odstranijo odpadki, uporabni za sekundarne surovine in ostali odpadki, ki niso primerni za TG, tako da dobimo po sortiranju v sortirni kabini iz velike frakcije, kar že TG.



Slika: Sprejem odpadkov (Rettenberger, 2007) Slika: Balistični separator (levo) in bobnasto sito (desno) (Merten in sod., 2006)

**Biološka obdelava** se prične s polnjenjem šestih precejalnikov z mešanico fine in srednje frakcije po odstranitvi železovih in barvnih kovin, mineralnih odpadkov in nevarnih odpadkov iz obeh frakcij, kar je prikazano na sliki. Betonski precejalnik ima obliko polovičnega ležečega valja (korita) dolžine 25 m in premera 4,5 m, v katerem je vgrajena horizontalna mešalna naprava, dno precejalnika pa je luknjičasto in ima funkcijo cedila oziroma sita. Nad dnom je dodano še premikajoče dno (*walking floor*), ki poriva odpadke skozi precejalnik in hkrati s tem čisti odprtine za iztekanje vode. Notranjost precejalnika je prikazana na sliki. Na koncu precejalnika je vgrajen posebni dvojni polžni transporter, ki pobere trdne odpadke iz precejalnika, ki jih imenujemo perkotrat. Iz perkotrata se s posebno stiskalnico odstrani voda. Odpadki v precejalniku kontinuirno krožijo, v precejalnik pa se dodaja  $1,5 \text{ m}^3$  vode na en  $\text{m}^3$  odpadkov, ki sami že vsebujejo 40 % vlage.



Slika: Polnjenje precejalnikov (Merten in sod., 2006)



Slika: Notranjost precejalnika (Rettenberger, 2007)

Z dva do tridnevnim kroženjem odpadkov in izpiranjem, se odpadki v precejalniki homogenizirajo in zdrobijo na tak način, da nastanejo optimalni pogoji za nadaljnji proces. S tlačnim pršenjem dodane vode po odpadkih in odtekanjem te vode skozi odprtine na dnu precejalnika se odpadki močijo in iz njih ter iz njihove površine se izpira organska snov v vodo.

Voda iz precejalnika se zbira in pošilja na napravo za mehansko obdelavo te vode. Na napravi se iz vode izločijo večji in nitasti odpadki, katerih del se v obliki procesne vode vrne v precejalnik, del pa gre v stiskalnice k ostalim trdnim odpadkom iz precejalnika, kjer poteka dehidracija. Na napravi se izloči tudi pesek. Stiskalnice so prikazane tudi na sliki.



Slika: Hala s stiskalnicami (Rettenberger, 2007) Slika: Anaerobni fermentorji (Merten in sod., 2006)

Tako pripravljena voda se vodi v proces anaerobne fermentacije v tri fermentorje, kjer se sprošča bioplin, in so prikazani na sliki. Fermentor je premera 13 m in višine 17 m z volumnom 2.000 m<sup>3</sup> precejene vode. Zadrževalni čas vode v fermentorju je 6 dni pri temperaturi 33 do 38°C. Odpadna voda iz fermentorjev se očisti na čistilni napravi in ponovno uporabi za izpiranje v precejalniki. Z AF organsko bogate vode se, z razliko od AF trdnih odpadkov, izogne predvsem intenzivnejšemu smradu in sušenju ostankov fermentacije.

V fermentorjih se iz vsakega m<sup>3</sup> odpadkov, ki gre v precejalnik, pridobi okoli 65 do 70 m<sup>3</sup> bioplina, letno je to okoli 6 milijonov m<sup>3</sup>. Energija, pridobljena iz bioplina, je večja od potreb same naprave za MBO.

Z **bio-sušenjem** se perkotrat, iz katerega je že bila s stiskalnico stisnjena voda, optimalno osuši, da se lahko v nadaljevanju boljše mehansko sortira. Sušenje poteka s pomočjo aktivnega prezračevanja in toplote, ki nastane zaradi organskega razkroja samih odpadkov, zunanja toplota pa se ne dodaja. Princip bio-sušenja se izvaja po principu kompostiranja. Bio-sušenje poteka v dveh korakih v zaprtih tunelih, in sicer se odpadki najprej za 3 do 4 dni transportirajo v 4 tunele za intenzivno sušenje, potem pa se za naslednje 3 do 4 dni prestavijo v 5 tunelov za naknadno sušenje. Tunel predstavlja betonsko konstrukcijo velikosti 6,0 m x 2,8 m x 60 m z vrati na eni strani, z možnostjo sušenja 500 m<sup>3</sup> odpadkov, kot je razvidno iz slike. Na dnu so vgrajene šobe za vpihovanje zraka, ki se zajema v hali in zaprtih transportnih trakovih, za intenzivno prezračevanje. Potem se segreti, vlažni zrak preko stropa oziroma pokrova sesa iz tunelov in vodi na toplotne izmenjevalce, kjer se odvzame toplota, ki se naprej porabi na napravi. Zrak se očisti na napravi za čiščenje zraka. Nad dnom tunela je vgrajeno premikajoče dno (*walking floor*), s pomočjo katerega se tunel izprazni. V tunelih se kontrolirata temperatura in pH vrednost. Temperatura doseže 50°C. S premeščanjem odpadkov se le-ti razrahljajo in razkrijejo se nove površine za biološko razgradnjo. Po 7 dneh so odpadki posušeni do take mere, da ni težav pri njihovem mehanskem sortiranju. Po štiridnevnem intenzivnem sušenju se iz perkotrata odstrani 40% prvotne vlage, po štiridnevnem naknadnem sušenju pa še 25% prvotne vlage. Po končanem bio-sušenju imajo odpadki 40% manj mase in samo še 15% vlage. Pri bio-sušenju se iz vsake tone mokrih odpadkov dobi 300 litrov vode. Posušeni odpadki se vodijo v mehansko separacijo.

Z **mehanskim ločevanjem** posušениh odpadkov se odpadki ločujejo po velikosti in teži z namenom izločitve kamenja, peska, keramike, stekla in tudi prekomerno onesnaženih komponent ter materiala s prenizko kurilno vrednostjo, zato se po mehanski separaciji pridobi gorivo visoke kurilne vrednosti. Posušeni odpadki se presejejo na vibracijskem situ s štirimi sejalnimi nivoji. Na prvem situ so odprtine velikosti 25 mm, odsevek je material, večji od 25 mm in se odpelje direktno v sežigalnico, saj bi bila separacija predraga. Večina posušenega materiala je manjša od 25 mm in z nadaljnjim sejanjem na vibracijskem situ se dobi 4 velikostne frakcije. Peta frakcija je velika frakcija, ki je ostala na prvem situ, odsevek. Iz vsake izmed štirih frakcij, presevkov, se po principu zračne blazine izloči lahka frakcija za TG in težka frakcija, ki jo predstavljajo predvsem mineralni material, pesek in kamenje, ki se lahko odloži ali pa tudi uporabi v cestogradnji. Presevek vsakega sejalnega nivoja pade v

dozirni kontejner in po doseženi teži v kontejnerju presevek pade na ločevalno mizo iz goste pločevinaste mreže. Miza s sunkom transportira material navzgor, pri tem pa se od spodaj pihuje zrak in lahki material lebdi na zračni blazini ter nato zaradi težnosti pade navzdol. Mehansko ločevanje je prikazano na sliki.



Slika: Tunnel za bio-sušenje (Merten in sod., 2006)



Slika: Mehansko ločevanje (Rettenberger, 2007)

TG ima zelo dobre karakteristike in se lahko uporablja v industriji kot alternativa fosilnemu gorivu. Frakcija TG s srednjo kurilno vrednostjo je prikazana na sliki. Mehansko ločevanje je zasnovano tako, da se vedno lahko regulira in spremeni tok materiala z namenom spremembe kvalitete pridobljenega TG glede na zahteve trga.



Slika: Frakcija trdnega goriva s srednjo kurilno vrednostjo (Rettenberger, 2007)

Odpadni zrak iz hal in tekočih trakov, ki se ne porabi za prezračevanje tunelov za bio-sušenje se očisti na 8 biofiltrih, odpadni zrak iz precejalnikov in tunelov za bio-sušenje pa se očisti na dveh napravah RTO. Očiščeni odpadni zrak se spušča v ozračje preko 26 m visokega dimnika. Na slikah je prikazan dimnik in napravi RTO ter biofiltri.



Slika: Dimnik in priključena RTO napravi  
(Merten in sod, 2006)



Slika: Biofiltri (Merten in sod, 2006)

Naprava v Kahlenbergu prinaša dobiček od prodaje NG in omogoča visoko stopnjo konkurenčnosti NG, ima malo količino materiala za odlaganje ter s tem posledično predstavlja nizek potencial za nastanek toplogrednih plinov.

V preglednici 25 so prikazane tiste vrednosti parametrov trdnega goriva iz naprave Kahlenberg, ki jih opredeljuje Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz leta 2008 za razvrščanje trdnega goriva v razrede.

Glede na navedeno slovensko Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz leta 2008 bi bilo to gorivo uvrščeno v 4. razred trdnega goriva z upoštevanjem, da je vsebnost žvepla manjša od 0,5 %. Lahko bi se uporabilo kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi.

Preglednica 25: Vrednosti parametrov poprečnega TG iz naprave za MBO Kahlenberg

Table 25: Parameter values for an average SRF from the MBT facility Kahlenberg

Parameter	Enota parametra	Vrednost parametra
Kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	11 - 13
Klor (Cl)	%	0,3 – 0,6
Živo srebro (Hg)	mg/MJ	0,05 – 0,08
Kadmij (Cd)	mg/kg	0,8 – 1,2
Žveplo (S)	%	Ni podatka

Investicijska vrednost naprave za MBO Kahlenberg je bila okoli 47 milijonov EVR.

b) MBO odpadkov v napravi Stralsund z uporabo bio-sušenja v kontejnerjih<sup>2</sup>

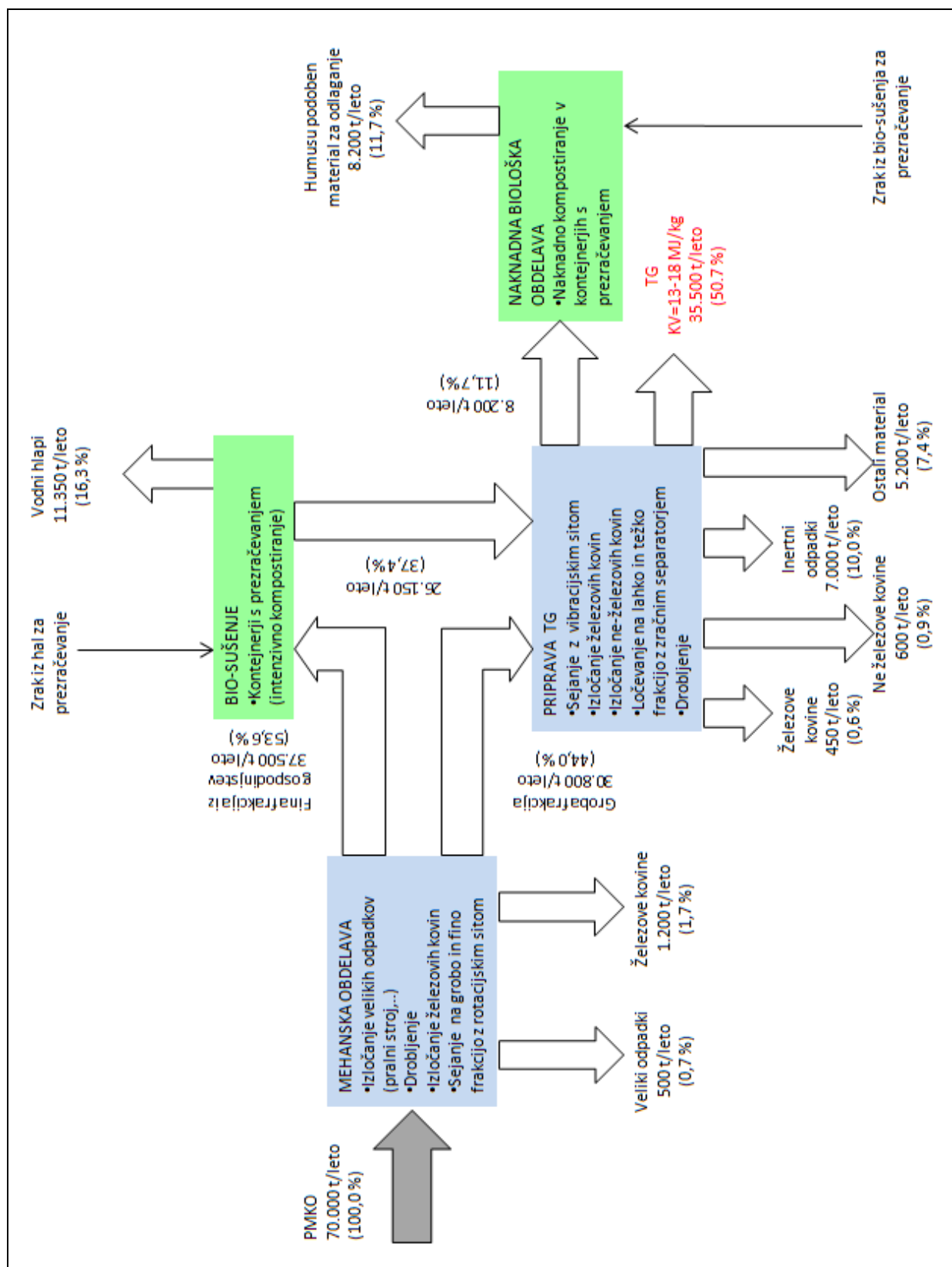
Naprava za MBO v Stralsundu je začela obratovati leta 2005 in lahko obdela 70.000 t odpadkov na leto, pretežno preostalih komunalnih odpadkov iz gospodinjstev.

Obdelavo odpadkov v tej napravi lahko razdelimo na štiri enote: mehansko obdelavo, bio-sušenje v kontejnerjih, pripravo TG in naknadno biološko obdelavo. Na sliki 36 je prikazana blok shema naprave za MBO z uporabo bio-sušenja v kontejnerjih.

---

<sup>2</sup> Napravo v Stralsundu v Nemčiji je predstavil v svojem prispevku z naslovom Experience with the Operatio of the Nehlsen-Drying-MBT Plant Stralsund na drugem mednarodnem simpoziju o MBO v Hannoveru leta 2007 W. Breuer. Napravo je predstavil tudi B. Oberländer, v prispevku z naslovom Betriebserfahrungen mit der Nehlsen-MBS-Anlage Stralsund-und weitere Aktivitäten von Nehlsen in Mecklenburg-Vorpommern, ki smo ga zasledili na internetu.





Slika 36: Blok shema naprave za MBO Stralsund

Figure 36: The block scheme of the Stralsund MBT facility

Na napravi se izloči 0,7% velikih odpadkov (bela tehnika, zabavna elektronika, ...), ki se uporabijo kot sekundarne surovine, železne kovine, ki jih je 2,3%, in barvne kovine, ki jih je 0,9% in se uporabijo kot stare odpadne kovine. Inertni odpadki se ponovno uporabijo pri gradnji ali se odložijo na odlagališče za inertne odpadke in se jih izloči 10,0%, okoli 7,4% pa je ostalih odpadkov.

Glavni produkt TG s KV od 13 do 18 MJ/kg se uporabi za sosežig v toplarnah in cementarnah in se ga proizvede 50,7%. Okoli 16,3% je vodnih hlapov. Pri MBO se proizvede še 11,7% stabiliziranega materiala, ki se ga odloži na odlagališče.

**Mehanska obdelava:** odpadki se sprejemajo v zaprti sprejemni hali, kjer se z bagerjem iz odpadkov najprej odstranijo veliki, kosovni odpadki, ki grede za sekundarne surovine ali na odlagališče, potem pa se odpadki zdrobijo. Drobilnik je prikazan na sliki. Po drobljenju se iz njih izločijo železne kovine, ki se uporabijo kot sekundarna surovina ali se odložijo. Potem se odpadki vodijo na rotacijsko sito, kjer se loči fina frakcija, manjša od 65 mm, in groba frakcija večja od 65 mm.

Fina frakcija se naloži v mobilne kontejnerje za bio-sušenje in v njih odpelje na prostor, namenjen bio-sušenju, razen fine frakcije iz odpadkov, ki niso iz gospodinjstev. Ta fina frakcija gre direktno na vibracijsko sito z odprtini 10 mm v pripravi TG. Groba frakcija, večja od 65 mm, se s transportnim trakom transportira v pripravo TG.

**Bio-sušenje v kontejnerjih** je v tem primeru pravzaprav intenzivno kompostiranje odpadkov, manjših od 65 mm v 65 kontejnerjih, ki so prezračevani z zrakom, izčrpanim v halah. Kontejnerji so vodo in plino nepropustni, s čimer se izogne emisijam med procesom. Večina lahko biorazgradljive snovi v odpadkih se razgradi v enem tednu pri temperaturi 70°C. V tem času so odpadki tudi v velikem obsegu posušeni, odpadni plin pa se uporabi v nadaljnjih postopkih. V proces bio-sušenja vstopajo samo odpadki, manjši od 65 mm, iz gospodinjstev. Po enem tednu se odpadki premestijo v proces priprave TG. Na sliki so prikazani kontejnerji, kjer se izvaja bio-sušenje oziroma aktivno kompostiranje, v ozadju pa se vidi biofilter.



Slika : Bio-sušenje v kontejnerjih in biofilter v ozadju (Breuer, 2007)



Slika: Drobilnik pri mehanski obdelavi (Breuer, 2007)



Slika: Drobilnik z dodanim magnetnim separatorjem pri pripravi TG (Breuer, 2007)

**Priprava TG** se prične s sejanjem odpadkov iz procesa bio-sušenja na vibracijskem situ v frakcijo pod in nad 10 mm. Frakcija, manjša od 10 mm, gre v postopek naknadnega kompostiranja, frakcija, večja od 10 mm, pa na separacijo kovin. Najprej se za sekundarne surovine izločijo železne kovine, potem pa še barvne kovine. Po izločitvi barvnih kovin gredo

odpadki na zračni separator, kjer se ločita lahka in težka frakcija. Težka frakcija predstavlja inertni material in gre na odlagališče skupaj z odpadki po naknadnem kompostiranju. Lahka frakcija se pridruži lahki frakciji iz zračne separacije odpadkov, večjih od 65 mm, ki se skupaj zdrobita z drobilnikom, ki je prikazan tudi na sliki, potem pa se še zmeljeta na krogelnem mlinu. Tako pripravljene odpadke se v dveh stiskalnicah stisne v pelete TG. Stiskalnica peletov je prikazana na sliki. Težka frakcija iz zračne separacije odpadkov, večjih od 65 mm, se odstrani s sežigom v sežigalnici.

**Naknadno biološko obdelavo** predstavlja naknadno kompostiranje frakcije, manjše od 10 mm, v 25 kontejnerjih 10 dni, da se še dodatno zmanjša njene biorazgradljive snovi. Prezračevanje kontejnerjev se izvaja z odpadnim zrakom iz kontejnerjev za bio-sušenje, odpadni zrak iz kontejnerjev za naknadno kompostiranje pa gre na čiščenje. Po desetih dneh se odpadni material odloži na odlagališče.

Bolj onesnažen zrak, to je zrak, ki se je najprej uporabil v halah, potem pa še v kontejnerjih za intenzivno in naknadno kompostiranje, se vodi na čiščenje na RTO, kjer se uničijo vse organske komponente. Potrebna energija za RTO je znatno zmanjšana zaradi pridobitve toplote iz odpadnega zraka. Manj onesnažen zrak se očisti na biofiltrih. Na sliki je prikazana RTO naprava.



Slika: Stiskalnica peletov (Breuer, 2007)



Slika: RTO naprava (Breuer, 2007)

TG iz naprave Stralsund se uporablja za gorivo v toplarni Stavenhagen, ki kot gorivo uporablja samo TG. Podatkov o kvaliteti TG iz naprave Stralsund nismo uspeli pridobiti, zato navajamo zahteve za TG, ki jih ima za sprejem toplarna Stavenhagen (Plepla, 2008) in so prikazane v preglednici 26.

Preglednica 26: Vrednosti parametrov TG, ki jih za sprejem zahteva toplarna Stavenhagen

Table 26: Parameter values for SRF, required by Stavenhagen heating-station acceptance specifications

Parameter	Enota parametra	Vrednost parametra
Kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	13 - 18
Klor (Cl)	%	Do 1,5
Živo srebro (Hg)	mg/MJ	0,17– 0,23
Kadmij (Cd)	mg/kg	Ni podatka
Žveplo (S)	%	Do 1,0

V preglednici 26 so prikazane tiste vrednosti parametrov za trdno gorivo iz toplarne, ki jih opredeljuje naša Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz leta 2008 za razvrščanje trdnega goriva v razrede. Iz preglednice sledi, da toplarna uporablja trdno gorivo, uvrščeno v 4. razred trdnega goriva, z upoštevanjem, da je vsebnost kadmija manjša od 5,0 mg/kg. V Sloveniji bi se to gorivo lahko uporabilo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov, z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi.

Investicijske vrednosti naprave za MBO Stralsund nismo uspeli pridobiti.

- c) MFO odpadkov v napravah Berlin-Reinickedorf in Berlin-Pankow z uporabo termične stabilizacije z bobnastim sušilcem<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Avtorji D. Michalski, A.Wendt in U. Büll so na 7. ASA dnevih odpadkov Hannoveru leta 2008 v prispevku MPS-Mechanisch Physikalisches Stabilisierungsverfahren am Beispiel Berlin predstavili dve napravi za MFO odpadkov z območja Berlina, ki obratujeta od leta 2005.

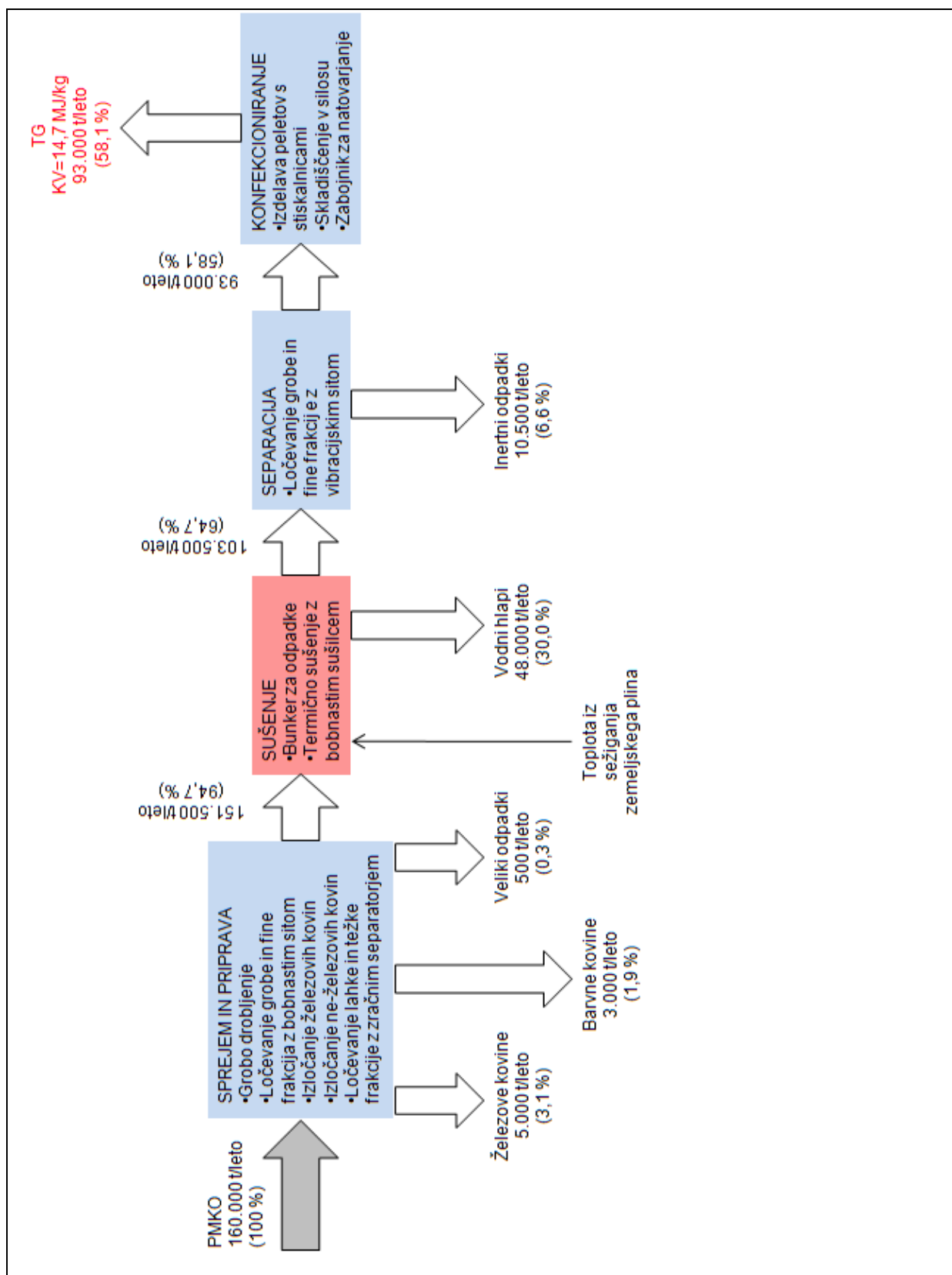
Na območju Berlina letno nastane okoli en milijon ton komunalnih odpadkov. Od leta 2005 dalje se jih okoli 50% sežge, okoli 25% mehansko-biološko obdela in okoli 25% mehansko-fizikalno obdela v dveh enakih napravah, ki ju bomo predstavili. V vsaki izmed obeh naprav se lahko z MFO obdela 160.000 ton PMKO, naprava pa obratuje 365 dni na leto v treh delovnih izmenah. Po mehanski obdelavi se odpadki posušijo in ločijo v različne sekundarne surovine, cilj obdelave pa je proizvodnja TG.

Postopek lahko razdelimo na štiri stopnje, in sicer: sprejem in priprava, sušenje, separacija in konfekcioniranje. Na sliki 37 je prikazana blok shema naprave z MFO odpadkov z uporabo termične stabilizacije z bobnastim sušilcem.

Na napravi se izloči 0,3% velikih odpadkov (bela tehnika, zabavna tehnika, ...), ki se uporabijo kot sekundarne surovine. Železne kovine, ki jih je 3,1% in barvne kovine, ki jih je 1,9%, se uporabijo kot stare odpadne kovine. Inertni odpadki se ponovno uporabijo pri gradnji in se jih izloči 6,6%. Glavni produkt TG s KV 14,7 MJ/kg se uporabi za sosežig v toplarnah in v cementarnah in se ga proizvede 58,1%, okoli 30,0% pa je vodnih hlapov.

**Sprejem in priprava:** po tehtanju PMKO na vhodu, sledi njihov dovoz v sprejemni globoki bunker. Iz bunkerja se z avtomatskim, računalniško vodenim mostnim dvigalom s čeljustnim grabilcem odpadki nalagajo na dvoje premikajočih se tal, ki odpadke transportirata v napravo za grobo mletje. S premikajočih tal se predhodno z grabilcem odstranijo veliki, kosovni odpadki (na primer bela tehnika). Grobo zmleti odpadki se s transportnim trakom transportirajo v mehansko pripravo za sušenje. Na sliki je fotografija sprejemne hale.

Odpadki grejo najprej v prvo bobnasto sito z odprtinami 160 mm. Presevek, odpadki, manjši od 160 mm, se po izločitvi železovih kovin z magnetnim izločevalnikom in po izločitvi barvnih kovin z uporabo vrtinčastega toka, vodi v drugo bobnasto sito z odprtinami 60 mm. Presevek tega sita gre direktno v bunker z odpadki, pripravljenimi za sušenje.



Slika 37: Blok shema naprav za MFO Berlin-Reinickedorf in Berlin-Pankow

Figure 37: The block scheme of the Berlin-Reinickedorf and Berlin-Pankow MBT facility

Odsevek prvega bobnastega sita, odpadki večji od 160 mm, se vodi na zračni separator, ki loči lahko in težko frakcijo. Lahka frakcija ne potrebuje sušenja, ampak se samo zmelje na velikost do 60 mm in mimo sušilca vodi v separacijo. Težka frakcija se po izločitvi železovih in barvnih kovin zmelje na velikost do 60 mm in vodi v bunker z odpadki, pripravljenimi za sušenje, še prej pa se izloči plastični material z optičnim izločevanjem, z NIR. PVC se po potrebi še zdrobi in vodi mimo sušilca v separacijo in konfekcioniranje. Odsevek drugega bobnastega sita se zmelje na velikost do 60 mm in vodi v bunker z odpadki, pripravljenimi za sušenje, še prej pa se izloči plastični material in PVC.

**Sušenje:** s petimi polžnimi transporterji se material iz bunkerja transportira v bobnasti sušilec. Sušilec je sestavljen iz vrtečega bobna, v katerem se odpadki segrevajo z dimnimi plini, paro in mešanico, ki nastane pri izgorevanju zemeljskega plina. Po termični stabilizaciji, sušenju na temperaturi od 300 do 370°C, ostane v odpadkih manj kot 10% vlage. Zrak iz bunkerja s pripravljenimi odpadki za sušenje se vodi na filter in uporabi kot zrak pri izgorevanju. Zrak oziroma plini iz sušilca se očistijo s postopkom RTO po predhodni odstranitvi težjih snovi in prahu. Sušilec je prikazan tudi na sliki.



Slika: Sprejemna hala (Michalski, 2008)



Slika: Bobnasti sušilec (Michalski, 2008)

**Separacija:** posušeni odpadki se vodijo s tekočim trakom v separacijo. Z vibracijskim sitom se ločijo v frakcijo, manjšo od 6 mm, in v frakcijo, večjo od 6 mm. Presevek, frakcija, manjša od 6 mm, se na naslednjem situ loči v frakcijo, manjšo od 2 mm, in v frakcijo, večjo od 2 mm. Frakcija, manjša od 2 mm, težka frakcija, je inertna frakcija, frakcija, večja od 2 mm, lahka frakcija, pa gre v konfekcioniranje, peletiranje. Odsevek vibracijskega sita, frakcija med 6 in



60 mm, se po predhodnem mletju na velikost 20 mm, prav tako vodi v konfekcioniranje. Na sliki je prikazana separacija.

**Konfekcioniranje** zajema izdelavo peletov iz osušenih odpadkov, ki predstavljajo trdno gorivo iz odpadkov. Material, pripravljen za peletiranje, se hrani v kontejnerjih s premikajočim dnom (*walking floor*), ki polnijo stiskalnice za izdelavo pelet. S 6 stiskalnicami se osušeni odpadki stiskajo v mehke ali trde pelete. Peletiranje je prikazano na sliki.



Slika: Separacija (Michalski, 2008)



Slika: Peletiranje (Michalski, 2008)

V preglednici 27 so prikazane tiste vrednosti parametrov trdnega goriva iz naprave Berlin-Reinickedorf v obdobju od januarja do novembra 2007, ki jih opredeljuje Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz leta 2008 za razvrščanje trdnega goriva v razrede.

Preglednica 27: Vrednosti parametrov TG iz naprave za MFO Berlin-Reinickedorf

Table 27: Parameter values for SRF from the MPT facility Berlin-Reinickedorf

Parameter	Enota parametra	Vrednost parametra
Kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	14,7
Klor (Cl)	%	0,73
Živo srebro (Hg)	mg/MJ	0,03
Kadmij (Cd)	mg/kg	2,4
Žveplo (S)	%	0,36

Glede na navedeno slovensko Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz leta 2008 bi bilo to gorivo uvrščeno v 3. razred trdnega goriva. Lahko bi se uporabilo kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno

dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi.

Investicijska vrednost naprave za MFO Berlin-Reinickendorf je bila okoli 30 milijonov EVR, enako tudi naprave Berlin-Pankow.

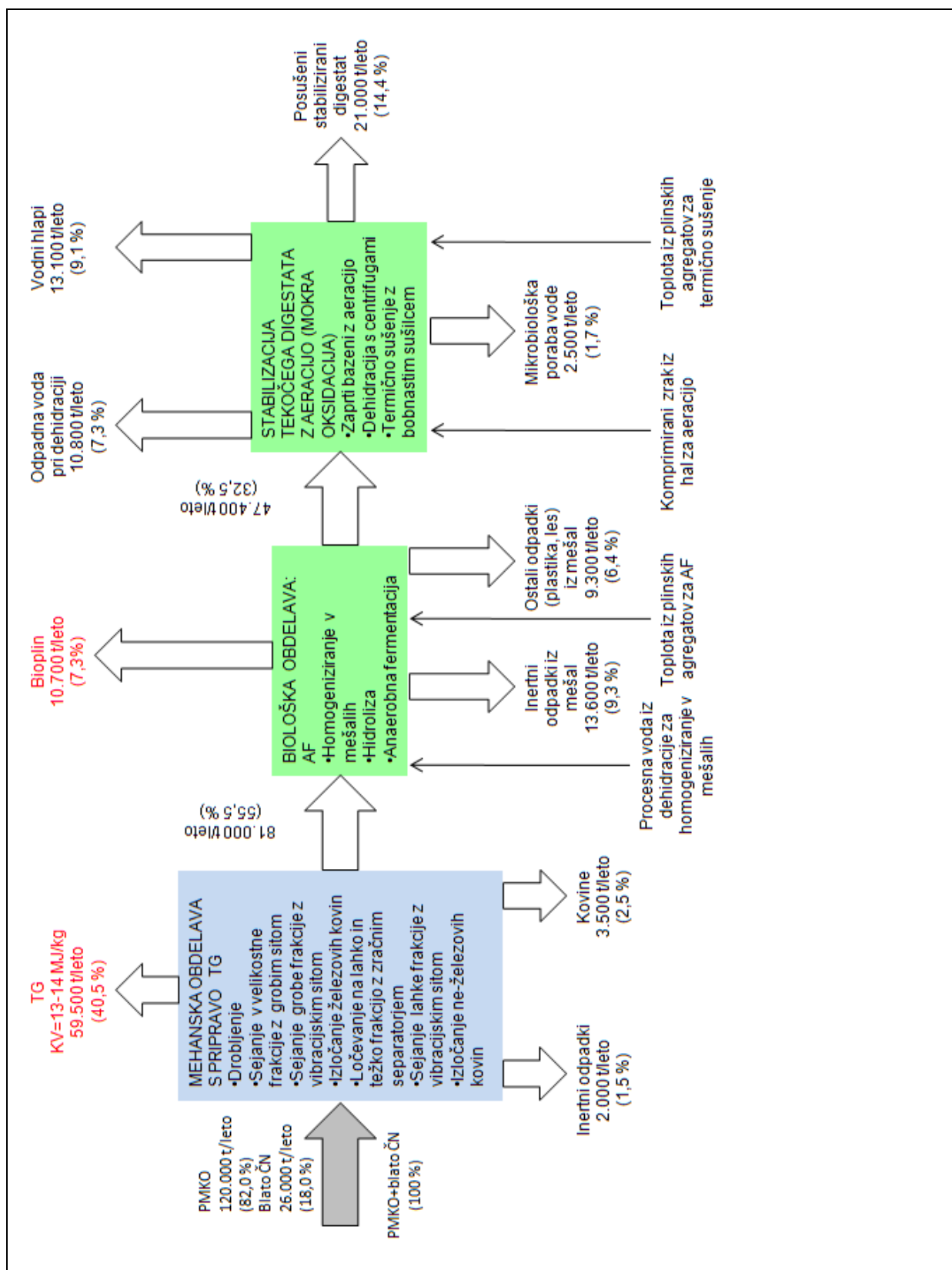
d) MBO odpadkov v napravi Lübeck z uporabo dvofazne, mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo<sup>4</sup>

Naprava za MBO v Lübecku je začela obratovati leta 2005 in lahko obdela 146.000 ton odpadkov, od tega 120.000 ton preostalih mešanih komunalnih odpadkov in 26.000 ton blata iz čistilnih naprav na leto. Obdelavo odpadkov v tej napravi lahko razdelimo na naslednje enote: mehansko obdelavo s pripravo TG, AF in stabilizacijo tekočega digestata z aeracijo. Na sliki 38 je prikazana blok shema naprave za MBO odpadkov z uporabo dvofazne, mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo.

Železne in barvne kovine, ki se izločijo na napravi in jih je skupaj 2,5%, se uporabijo kot stare odpadne kovine. Inertni odpadki se ponovno uporabijo pri gradnji ali se odložijo na odlagališče za inertne odpadke in se jih izloči 10,8%, okoli 6,4% pa je ostalih odpadkov. Glavni produkt TG s KV od 13 do 14 MJ/kg se uporabi za sosežig v toplarnah in cementarnah in se ga proizvede 40,5%. Okoli 18,1% je vodnih hlapov, mikrobiološke porabe vode in odpadne vode. Pri MBO se pridela še 14,4% posušenega stabiliziranega digestata, ki se ga lahko odloži na odlagališče za nenevarne odpadke.

---

<sup>4</sup> Napravo v Lübecku v Nemčiji so predstavili v svojem prispevku z naslovom Investigation of the Anaerobic/Aerobic Treatment of Residual Municipal Solid Waste in the Slurry Phase na enajstem mednarodnem simpoziju o ravnanju z odpadki in odlagališčih na Sardiniji leta 2007 J. Heerenklage, E. Mussio, R. Sieksmeyer in R. Stegmann. Napravo sta predstavila tudi R. Sieksmeyer in J. Stockinger v prispevku z naslovom HAASE-Technologie für die anaerobe/aerobe Vorbehandlung von Restabfällen in der Flüssigphase. Podatke o masnih tokovih odpadkov in vrsto ostalih podatkov in fotografij smo pridobili v razgovoru z upravljavcem naprave in pri ogledu naprave, ki smo jo obiskali v januarju leta 2008.



Slika 38: Blok shema naprave za MBO Lübeck

Figure 38: The block scheme of the Lübeck MBT facility

**Mehanska obdelava s pripravo TG:** PMKO se sprejemajo v zaprti sprejemni hali, kjer se z grabilnim bagerjem iz odpadkov najprej odstranijo veliki odpadki, ki gredo za sekundarne surovine ali na odlagališče, potem pa se odpadki zdrobijo. Sprejem odpadkov in pogled na mehansko obdelavo sta prikazana tudi na slikah 39 in 40, ki smo ju fotografirali ob ogledu naprave. Po drobljenju gredo odpadki na grobo sito, kjer se razdelijo na fino frakcijo, manjšo od 40 mm, in na grobo frakcijo, večjo od 40 mm.



Slika 39: Sprejem odpadkov  
Figure 39: The waste reception



Slika 40: Pogled na mehansko obdelavo  
Figure 40: The view on the mechanical treatment

Groba frakcija se še enkrat preseje na vibracijskem situ z enakimi odprtinami, to je 40 mm, kjer se izločijo po grobem sejanju ostali odpadki, manjši od 40 mm, in priključijo k odpadkom, manjšim od 40 mm iz grobega sejanja. Po vibracijskem situ se iz grobe frakcije izločijo železne kovine, po izločitvi železovih kovin pa se groba frakcija v zračnem separatorju loči na lahko in težko frakcijo. Lahka frakcija gre na dodatno drobljenje oziroma razkosanje in vibracijsko sito, kjer se loči na frakcijo, manjšo od 150 mm in večjo od 150 mm. Frakcija, večja od 150 mm, se vrne na drobljenje, frakcija, manjša od 150 mm, pa gre v uporabo za TG, saj ima visoko kurilno vrednost. Težka frakcija gre po zračnem separatorju na izločevanje ne- železovih kovin, po izločitvi barvnih kovin pa se pretežno inertna frakcija odlaga.

Fina frakcija, manjša od 40 mm, gre po izločitvi dolgih delcev ter železovih in barvnih kovin v biološko obdelavo.

Izločene železne in barvne kovine gredo v reciklažo.

Podatkov o lastnostih TG nismo uspeli najti v člankih, niti jih nismo uspeli pridobiti pri ogledu MBO naprave Lübeck. O lastnostih frakcije, ki gre v uporabo za TG lahko sklepamo iz podatkov, ki smo jih prejeli na ogledu toplarne Neumünster, ki ima od leta 2005 dograjeno napravo za termično izrabo TG, saj se na to napravo dovaža tudi TG iz MBO Lübeck. Lastnosti so razvidne iz preglednice 28.

Preglednica 28: Vrednosti parametrov TG iz MBO naprave Lübeck po podatkih iz naprave za termično izrabo TG

Table 28: Parameter values for SRF from the MBT facility Lübeck according to information from the device for thermal exploitation of SRF

Parameter	Enota parametra	Vrednost parametra
Kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	13 - 14
Klor (CL)	%	Do 1,0
Živo srebro (Hg)	mg/MJ	Ni podatka
Kadmij (Cd)	mg/kg	Ni podatka
Žveplo (S)	%	Ni podatka

V preglednici 28 so prikazane tiste vrednosti parametrov za trdno gorivo iz toplarne, ki jih opredeljuje naša Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo iz leta 2008 za razvrščanje trdnega goriva v razrede. Iz preglednice sledi, da naprava uporablja trdno gorivo uvrščeno v 4. razred trdnega goriva s predpostavko, da ga tudi vsebnost Hg, Cd in S ne uvršča v slabši razred. V Sloveniji bi se to gorivo lahko uporabilo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov, z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi.

**AF:** fina frakcija PMKO se homogenizira v štirih mešalih pred dvostopenjsko AF, kamor se dodaja voda. Iz mešal gre mokra mešanica odpadkov, manjših od 40 mm, v težnostni separator, ki deluje po principu usedanja in plavanja. V težnostnem separatorju se izloči težko frakcijo: kamne, steklo, keramiko, pesek, ki je v pretežni meri primerna za odlaganje, in lažjo plavajočo frakcijo: plastiko, les. Po težnostnem separatorju gre suspenzija v prvo stopnjo AF, hidrolizo. Hidroliza se izvede v fermentorju, ki ga poimenujemo kar hidrolizer, z volumnom

4.500 m<sup>3</sup>. Iz hidrolizerja gre suspenzija v dva anaerobna fermentorja velikosti po 5.000 m<sup>3</sup>, kjer se pri temperaturi okoli 37°C in zadrževalnem času okoli 21 dni v procesu acidogeneze in metanogeneze tvori bioplin. Fermentorji in rezervoar bioplina so prikazani na sliki.

Predvidena je proizvodnja 177 Nm<sup>3</sup> bioplina iz tone suhe snovi prevzetih odpadkov. Proizvedeni bioplin se preko 800 m<sup>3</sup> rezervoarja vodi v energetske izrabo na dva plinska agregata kontejnerske izvedbe električne moči 1,9 MW in toplotne moči 2,3 kW. Za rezervo je možnost kurjenja bioplina na bakli.

**Stabilizacijo tekočega digestata z aeracijo** lahko imenujemo tudi mokra oksidacija. Suspenzija, tekoči digestat iz AF, ki ima okoli 2 % suhe snovi, se polni v dve liniji s petimi zaprtimi bazeni, kjer poteka mokra oksidacija, kot se vidi na sliki 41, ki smo ju posneli ob ogledu naprave. Proces poteka kaskadno od prvega do petega bazena. Skupni volumen aeracijskih bazenov je 8.000 m<sup>3</sup>. V bazenih so vgrajena mešala, ki mešajo digestat, v bazene pa se vpahuje komprimiran zrak. Tekoči digestat je v procesu aeracije okoli 20 dni, aeraciji pa sledi dehidracija s centrifugami (*decanters*), kjer se ločijo trdni odpadki in tekočina, procesna voda. Po dehidraciji je v stabiliziranem digestatu od 30 do 50 % suhe snovi, procesna voda pa se iz centrifug vrne v mešala pred AF. Odpadni zrak iz bazenov za aeracijo se vodi na čiščenje. Dehidraciji sledi termično sušenje z bobnastim sušilcem, ki je prikazan na sliki 42, ki je nastala ob našem obisku naprave. Bobnasti sušilec uporablja toploto, pridobljeno na plinskih agregatih. S sušenjem se procent suhe snovi v stabiliziranem digestatu zviša na 70 %, saj je meja za dovoljenje za odlaganje v Nemčiji 65 % suhe snovi. Osušeni stabilizirani digestat se meša z lahko in težko frakcijo, ločeno v težnostnem separatorju, in odlaga na odlagališče. V primeru, da osušeni stabilizirani digestat ni deponiran tako, da je zaščiten pred dežjem oziroma se vgrajuje v slabem vremenu, se ob dežju napoji z vodo in ves strošek in delo z osušenjem sta bila za prazen nič. V tem se kaže slabost zahteve po 65 % suhe snovi v odloženih odpadkih v nemški zakonodaji.

Vrednosti TOC, NH<sub>4</sub> (amonijaka) in GB<sub>21</sub>, določene v devetnajstih dneh v obdobju devetih mesecev v odpadkih, to je v osušenem digestatu, pomešanem z lahko in težko frakcijo iz težnostnega separatorja, odloženih na odlagališče, so razvidne iz priložene slike. V nemški

zakonodaji je mejna vrednost za TOC je 300 mg/l, mejna vrednost za  $\text{NH}_4$  200mg/l in mejna vrednost  $\text{GB}_{21}$  20 L/kg suhe snovi.



Slika: Fermentorji, rezervoar bioplina in RTO naprava (Sieksmeyer, Stockinger, 2008)



Slika 41: Zaprti bazeni za aeracijo tekočega digestata

Figure 41: The closed basins for aeration of the liquid digestate

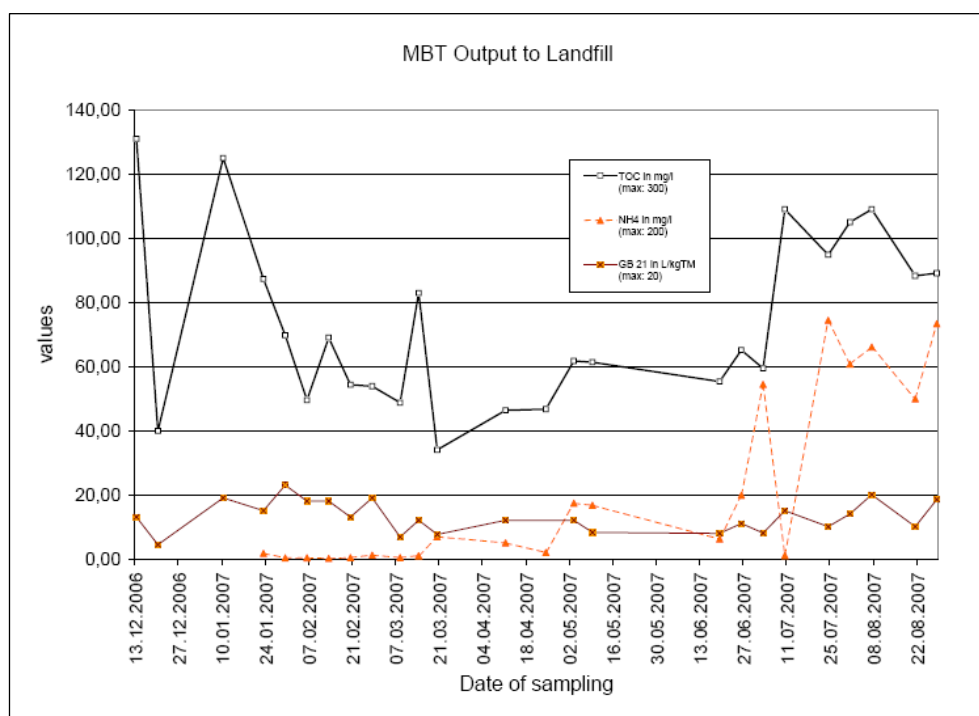


Slika 42: Bobnasti sušilec

Figure 42: The drum dryer

Višek procesne vode iz centrifug, ki se ne porabi na mešalih, se vodi na čistilno napravo s kapaciteto  $2 \times 37,5 \text{ m}^3/\text{dan}$ , kjer se očisti v procesu ultrafiltracije in dvostopenjske reverzne osmoze. Odpadni zrak iz procesa mokre oksidacije in iz vseh ventilacij hal se pred izpustom v ozračje očisti na RTO napravi kapacitete  $2 \times 28.500 \text{ m}^3/\text{uro}$ , ki uporablja za sežig bioplin in

toploto, pridobljeno na plinskih agregatih. RTO naprava zagotavlja izredno nizko raven emisij, pa tudi smrada, in je prikazana na sliki zraven fermentorjev in rezervoarja bioplina.



Slika: Vrednosti TOC, NH<sub>4</sub> in GB<sub>21</sub> v odloženem digestatu (Sieksmeyer, Stockinger, 2008)

Investicijska vrednost naprave za MBO Lübeck je 32 milijonov EVR.

### 6.3 Določitev in analiza izbranih postopkov

Izmed možnih postopkov obdelave PMKO smo za nadaljnjo analizo določili dva postopka obdelave PMKO in ju analizirali. Za izbrana postopka smo se odločili, ker se pri njiju proizvaja in zajema bioplin, ki ga uporabimo znotraj same naprave in je možnost za energijsko neodvisnost naprave od zunanjih virov energije. V prvem primeru dobimo relativno kvalitetno TG, v drugem pa stabilizirani digestat (pregnito blato), ki ga je možno odlagati na odlagališču za nenevarne odpadke. Prav tako sta v letu 2005 in 2006 začela v Nemčiji obratovati dva referenčna objekta s podobnima postopkoma MBO in rezultati obratovanja, ki so predstavljeni v prispevkih posvetovanj, so ugodni in znotraj zakonskih



meja, kar je bila še dodatna motivacija za analizo podobnih postopkov za uporabo pri MBO PMKO ljubljanske regije.

Za analizo smo določili postopka:

- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba lahka frakcija in pripravi za TG, precejanja vode skozi srednjo in fino frakcijo odpadkov, mokre mezofilne AF precejene vode s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, bio-sušenja precejjenih in dehidriranih odpadkov v tunelih ter mehanskega ločevanja po bio-sušenju na lahko frakcijo za TG in na ostanke za sežig v namenski sežigalnici in na mineralne ostanke za odlaganje (v nadaljevanju na kratko poimenujemo tudi MBO s precejanjem)
- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba in srednja lahka frakcija in pripravi za TG, mokre (suspenzijske) mezofilne AF težke biološke frakcije PMKO s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, stabilizacije tekočega digestata z aeracijo in dehidracije digestata ter njegovo odlaganje na odlagališče (v nadaljevanju na kratko poimenujemo tudi MBO z aeracijo) ter ločili še varianti s sušenjem TG in brez sušenja TG.

Navedeni varianti nista bili zajeti v idejni študiji za predelavo biološko razgradljivih odpadkov v RCERO Ljubljana na Barju iz leta 2005, kajti tedaj še ni bilo na razpolago rezultatov obratovanja referenčni objektov (Idejna študija...,2005). Idejni projekt je leta 2006 natančneje obdelal najugodnejšo varianto iz idejne študije (Idejni projekt..., 2006). Obe dokumentaciji je naročila Snaga.

V idejnem projektu je obdelana izgradnja objektov za obdelavo 116.356 ton letno PMKO (skupaj PMGO in POSD), 8.000 t/leto kosovnih odpadkov in 17.000 t/leto ločeno zbranih biološko razgradljivih odpadkov iz gospodinjstev za območje, s katerega se odpadki odlagajo na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje. Idejni projekt je predvidel za obdelavo PMKO in kosovnih odpadkov naslednji postopek:

- mehanska separacija lahke, energetsko bogatejše frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, mehansko čiščenje lahke frakcije, sušenje trdnega goriva in konfekcioniranje po zahtevah odjemalca ter priprava za transport
- separacija težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi in priprava za anaerobno fermentacijo
- suha termofilna anaerobna fermentacija težje frakcije s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina
- mokra separacija ostankov AF, dehidracija in termično sušenje pregnitega blata (digestata) iz anaerobne fermentacije in odvoz na sežig.

Za obdelavo ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov iz gospodinjstev je bil v idejnem projektu predviden naslednji postopek:

- mehanska predobdelava
- separacija težje frakcije in koncentriranje biorazgradljivih snovi
- suha termofilna anaerobna fermentacija s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina
- dehidracija pregnitega blata iz anaerobne fermentacije in priprava mešanice za kompostiranje iz pregnitega blata in strukturnega materiala, pridobljenega iz vhodnih odpadkov
- kompostiranje mešanice.

V poglavju 7 bomo z grafikoni prikazali medsebojno primerjavo naših izbranih postopkov in tudi primerjavo s postopkom MBO iz idejnega projekta Snage in njegovo varianto MBO iz vloge za pomoč EU (Upgrading...Ljubljana, 2009). Obdelava ločeno zbranih biološko razgradljivih odpadkov iz gospodinjstev in obdelava kosovnih odpadkov ni bila predmet obdelave v tem magistrskem delu, zato smo ob primerjavi postopkov to upoštevali in pri postopku MBO iz idejnega projekta in MBO iz vloge za pomoč EU upoštevali masno in energetsko bilanco ter investicijske in obratovalne stroške le za obdelavo PMKO, to je PMGO in POSD skupaj.

Za postopek MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave in priprave TG iz lahke frakcije, precejanja vode skozi odpadke, mokre mezofilne AF precejene vode, bio-sušenja precejanih

in dehidriranih odpadkov v tunelih ter mehanskega ločevanja po bio-sušenju in za postopek MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave in priprave TG iz lahke frakcije, mokre mezofilne AF biološke frakcije PMKO, stabilizacije tekočega digestata z aeracijo in dehidracije digestata ter njegovo odložitve na odlagališče smo samostojno pripravili opis procesa, blok shemo procesa in procesno shemo ter ostalo izključno z upoštevanjem podatkov o količini, sestavi in lastnostih odpadkov iz poglavja 5 in nismo povzemali podatkov iz že obstoječe dokumentacije.

Na osnovi podobnih že zgrajenih objektov smo ocenili minimalno potrebno površino za postavitev naprave.

Z upoštevanjem izvedenih analiz odpadkov, procesnih shem, BREF dokumenta za industrijo predelave odpadkov in podatkov, ki jih je predstavila Sabery (2004) smo pripravili za vsako napravo okvirno masno in energetska bilanco ter ocenili lastnosti produktov. Prav tako smo iz navedenih virov za vsako napravo ocenili njen vpliv na okolje in zdravje ljudi.

Za načrtovanje, izgradnjo in obratovanje naprave za MBO so potrebna znatna finančna sredstva. Pri investicijskih stroških smo ločili stroške osnovnih in obratnih sredstev. Strošek osnovnih sredstev predstavljajo sredstva, porabljena za načrtovanje in postavitev naprave, strošek obratnih sredstev pa zaloge produktov za prodajo, poslovne terjatve, denarna sredstva za tekoče stroške in zaloge materiala, ki ga potrebujemo pri obratovanju naprave. Obratna sredstva se v poslovnem procesu praviloma obrnejo v obdobju, krajšem od leta dni, njihova gospodarnost pa se povečuje s hitrostjo obračanja. Njihovo delovanje, skupaj z osnovnimi sredstvi, se kaže v poslovnih prihodkih (Sabery, 2004).

Strošek osnovnih sredstev smo razdelili v investicije v tri skupine postavk:

- glavne postavke: vsi agregati, oprema, naprave in stroji brez montaže (nakupna cena)
- direktne stranske postavke: merilno-regulacijska tehnika, elektro oprema, razna oprema (izolacija, premazi, požarna zaščita in varnostne naprave, gradbena dela (cevovodi z armaturami, temelji, jeklene konstrukcije, stavbe, zgradbe, zemljišče, ureditev okolice, pomožne naprave)

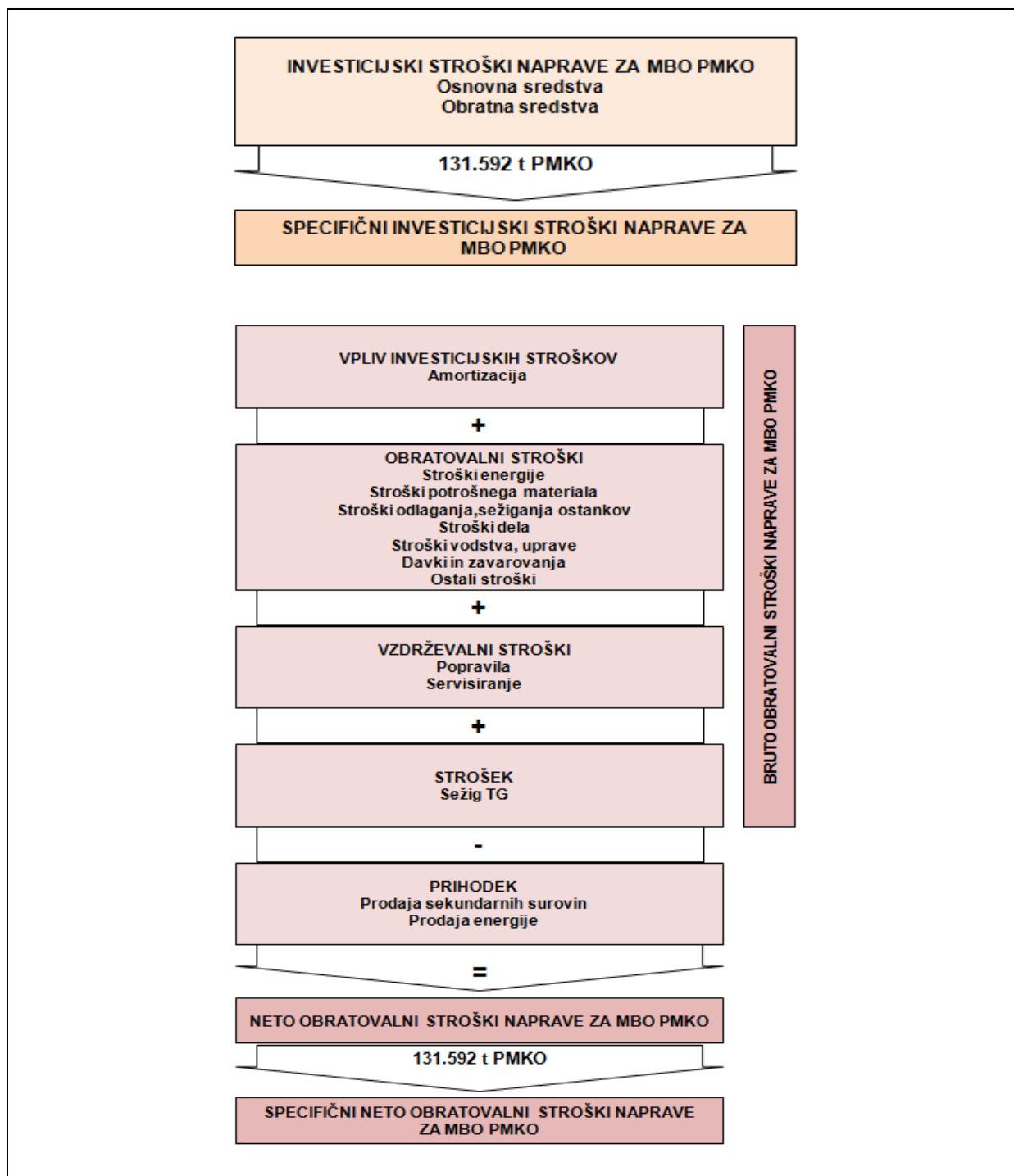
- indirektne stranske postavke: montaža, stroški za dodatna dela, strošek projektantske firme, stroški raznih planiranj in pridobitev potrebnih dovoljenj ter zagonski stroški (Sabery, 2004).

Na osnovi modela za določitev predračunske vrednosti naprav za mehansko-biološko obdelavo preostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki ga je predstavila Sabery (2004), smo določili investicijske in obratovalne stroške za vsako napravo. Model temelji na oceni investicijskih stroškov za glavno opremo, ki je pridobljena pri projektantih, ponudnikih opreme in investitorjih že zgrajenih naprav. Iz znane investicijske vrednosti glavnih postavk se z uporabo stroškovnih faktorjev oceni investicijska vrednost direktnih in indirektnih stranskih postavk. Vsota vseh treh stroškov predstavlja ocenjeno investicijsko vrednost osnovnih sredstev, kateri se doda še ocenjena vrednost obratnih sredstev v višini 5% osnovnih sredstev, da dobimo ocenjeno investicijsko vrednost naprave za MBO.

Ocenili smo bruto obratovalne stroške za vsako napravo, ki upoštevajo fiksne in variabilne stroške, ki nastanejo pri obratovanju naprave, ter neto obratovalne stroške, kjer smo upoštevali tudi prihodek od prodaje sekundarnih surovin in energije. Na sliki 43 je shematski prikaz določitve investicijskih in obratovalnih stroškov, v prilogi J pa so prikazani parametri, ki smo jih uporabili za izračun obratovalnih stroškov.

Pred samo analizo izbranih postopkov podajamo pregled glavnih zahtev in mejnih vrednosti posameznih parametrov po slovenskih predpisih, delno tudi nemških, ki jim morajo zadoščati PMKO oziroma produkti po mehansko-biološki obdelavi in mejne vrednosti emisij iz naprav za MBO. Pri obdelavi PMKO neposredno upoštevamo Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadov iz leta 2008, Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, prav tako iz leta 2008, in Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 2006 in njene spremembe in dopolnitve. Za emisije v zrak iz naprav za MBO se uporablja Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja iz leta 2007. Podajamo tudi mejne vrednosti za neugodne vonjave (smrad), hrup in klice ter mikroorganizme v odpadnem zraku.

Prav tako pred analizo izbranih postopkov podajamo pregled količine, sestave in lastnosti preostalih komunalnih odpadkov ljubljanske regije, ki smo jih na osnovi analiz, ki so opisane v poglavju 5, upoštevali pri snovanju izbranih naprav.



Slika 43: Shematski prikaz določitve investicijskih in obratovalnih stroškov

Figure 43: The schematic view of the determination the investment and operational costs

### 6.3.1 Pregled glavnih zahtev in mejnih vrednosti

**Zahteve za kompost ali pregnito blato in za stabilizirane biološko razgradljive odpadke** so določene z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008). Kompost ali pregnito blato (digestat) in stabilizirani biološko razgradljivi odpadki morajo:

- zadoščati parametrom iz priloge 2 te uredbe, ki je prikazana na sliki v nadaljevanju, drugače se obravnavajo kot odpadki. Za kompost 1. razreda okoljske kakovosti je raba neomejena, kompost 2. razreda okoljske kakovosti se lahko neomejeno uporablja kot gnojilo okrasnih rastlin, za vnos stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov ali pregnitega blata v ali na tla; zaradi izboljšanja njihovega ekološkega stanja, je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje
- biti higienizirani. Higienizacija se izvrši, če se odpadki ali kompost ali pregnito blato toplotno obdelujejo najmanj eno uro pri temperaturi 70°C, pa tudi pri zaprtem kompostiranju pri temperaturi najmanj 60°C za čas enega tedna ali pri AF, kjer je 24 ur neprekinjeno zagotovljena temperatura najmanj 55°C in je čas hidravličnega zadrževanja v reaktorju najmanj 20 dni. Higienizacija je uspešno izvedena, če se s preiskavo ugotovi odsotnost salmonelle
- v primeru odlaganja zadostiti pogoju  $AT_4 \leq 10 \text{ mg O}_2/\text{g}$  suhe snovi in izpolniti zahteve za mehansko-biološko obdelane odpadke, ki se odlagajo na odlagališču za nenevarne odpadke, v skladu z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih, ki so navedene v nadaljevanju.

PRILOGA 2

Preglednica 1: parametri okoljske kakovosti

Parameter okoljske kakovosti	Kompost ali preginito blato: 1. razred okoljske kakovosti (mg/kg suhe snovi)	Kompost ali preginito blato: 2. razred okoljske kakovosti (mg/kg suhe snovi)	Okoljska kakovost za stabilizirane biološko razgradljive odpadke (mg/kg suhe snovi)
Cd	0,7	1,5	7
celotni Cr	80	200	500
Cu	100	300	800
Hg	0,5	1,5	7
Ni	50	75	350
Pb	80	250	500
Zn	200	1200	2500
PCB	0,4	1	1
PAH	3	3	6
neželene primesi	(% mase suhe snovi)	(% mase suhe snovi)	(% mase suhe snovi)
trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2 mm	< 0,5 %	< 2 %	< 7 %
mineralni trdni delci, večji od 5 mm	< 5 %	< 5 %	-

Izmerjene vrednosti morajo biti preračunane na 30 % vsebnost biološko razgradljivih organskih snovi v kompostu, preginitem blatu ali stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkih.

Slika: Priloga 2 Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uredba o obdelavi..., 2008)

**Zahteve za odlaganje na odlagališčih** so določene z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih (2006) in njenimi spremembami in dopolnitvami. Glavno določilo te uredbe je, da je dovoljeno odlagati samo obdelane odpadke. Na odlagališče za nenevarne odpadke je med drugim dovoljeno odlagati:

- komunalne odpadke, če je vsebnost TOC  $\leq 5\%$  mase suhe snovi in KV  $\leq 6.000$  kJ/kg
- mehansko-biološko obdelane komunalne odpadke, če so stabilizirani v skladu z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov in njihova onesnaženost ne presega mejnih vrednosti iz priloge 2 Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih za nenevarne odpadke, pri čemer se mejne vrednosti za DOC (raztopljeni organski ogljik v standardnem izlužku) ne upoštevata, vsebnost TOC  $\leq 18\%$  mase suhe snovi

- obdelane nenevarne odpadke z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi, ki nastajajo kot ostanki predelave z lastnostmi parametrov iz priloge 2 te uredbe (vsebnost TOC  $\leq$  18% mase suhe snovi, KV  $\leq$  6.000 kJ/kg, DOC  $\leq$  7.500 mg/kg suhe snovi).

V nadaljevanju je prikazan izvleček iz priloge 2, Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih, ki se nanaša na nenevarne odpadke z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi.

PRILOGA 2			
Zahteve, ki jih morajo izpolnjevati odpadki za odložitev na odlagališču			
5.	Zahteve za nenevarne odpadke z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi, ki se odlagajo na odlagališču za nenevarne odpadke		
5.1	Vrednosti parametrov izlužka odpadkov z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi (L/S = 10 l/kg) ne smejo presegati naslednjih mejnih vrednosti parametrov izlužka:		
Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost parametra izlužka
Arzen	As	mg/kg suhe snovi	2
Barij	Ba	mg/kg suhe snovi	100
Kadmij	Cd	mg/kg suhe snovi	3
Celotni krom	Cr	mg/kg suhe snovi	10
Baker	Cu	mg/kg suhe snovi	50
Živo srebro	Hg	mg/kg suhe snovi	0,2
Molibden	Mo	mg/kg suhe snovi	10
Nikelj	Ni	mg/kg suhe snovi	10
Svinec	Pb	mg/kg suhe snovi	10
Antimon	Sb	mg/kg suhe snovi	0,7
Selen	Se	mg/kg suhe snovi	0,5
Cink	Zn	mg/kg suhe snovi	50
Kloridi	Cl	mg/kg suhe snovi	15.000
Fluoridi	F	mg/kg suhe snovi	250
Sulfati	SO <sub>4</sub>	mg/kg suhe snovi	20.000
Raztopljeni organski ogljik – DOC *	C	mg/kg suhe snovi	7.500
Celotne raztopljene snovi **	-	mg/kg suhe snovi	60.000

\* Če izmerjena vrednost parametra izlužka presega mejno vrednost parametra izlužka iz tabele pri lastni pH vrednosti izlužka, se lahko izvede analiza pri pH vrednosti med 7,5 in 8,0, pri čemer je treba uporabiti merilno metodo iz standarda prEN 14429 ali drugo, njej enakovredno.

\*\* Vsebnost celotnih raztopljenih snovi v izlužku se lahko uporablja namesto vsebnosti sulfatov in kloridov.

Slika: Mejne vrednosti parametrov izlužka pri odpadkih z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi, navedene v prilogi 2, Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uredba o obdelavi..., 2008)

Po nemški zakonodaji (AbfAbIV) morajo mehansko-biološko obdelani odpadki zadostiti vsem naslednjim pogojem, da se lahko odlagajo:



- $TOC \leq 18\%$  mase suhe snovi
- zgornja kalorična vrednost  $\leq 6.000$  KJ/kg
- $AT_4 \leq 5$  mg O<sub>2</sub>/g suhe snovi ali  $GB_{21} \leq 20$  l/kg suhe snovi
- DOC (raztopljeni organski ogljik = TOC v izlužku)  $\leq 300$  mg/l
- digestat, ki se odlaga, mora imeti več ko 65% suhe snovi (Sabery, 2004; Sieksmeyer, Stockinger, 2008).

Vrednost DOC (= TOC v izlužku) v nemški zakonodaji se je leta 2004 povišala iz 250 na 300 mg/l (Sieksmeyer, Stockinger, 2008).

**Zahteve za trdno gorivo** določa Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (2008). TG, pridobljeno iz PMKO, se glede na kurilno vrednost (kurilna vrednost = spodnja ali neto kalorična vrednost) in vsebnost nevarnih snovi lahko uvrsti v enega od petih razredov iz klasifikacijskega seznama trdnih goriv iz priloge 3 navedene uredbe, ki je prikazana spodaj.

PRILOGA 3							
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	$\geq 25$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 10$	$\geq 3$
Klor (Cl)	aritmetična sredina	% (m/m)	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3$
Živo srebro (Hg)	mediana	mg/MJ	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,5$
Živo srebro (Hg)	80 percentilna vrednost	mg/MJ	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,0$
Kadmij (Cd)	aritmetična sredina	mg/kg	$\leq 1,0$	$\leq 4,0$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$
Žveplo (S)	aritmetična sredina	% (m/m)	$\leq 0,2$	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$

Slika: Priloga 3 Uredbe o predelavi trdnih odpadkov v gorivo (Uredba o predelavi trdnih..., 2008)

TG, pripravljeno iz PMKO, je prepovedano uporabljati kot gorivo v malih kurilnih napravah, lahko pa se uporablja kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov. Če je naprava za

sosežig odpadkov srednja kurilna naprava, mora biti njena vhodna toplotna moč večja od 1MW, pri čemer se mora TG, ki se lahko v njej uporablja, uvrščati glede na:

- kurilno vrednost v 1., 2. ali 3. razred
- vsebnosti klora v 1. ali 2. razred in
- vsebnosti nevarnih snovi (Hg, Cd in S) v 1. razred iz klasifikacijskega seznama trdnih goriv.

Za cementarne te vrednosti ne veljajo. Okvirne vrednosti KV, vsebnosti vlage in velikosti delcev TG, ki jih za sprejem TG zahtevajo nekatere cementarne in toplarne iz nemškega okolja, so sledeče:

- cementarne: KV od 11 do 15 MJ/kg in več, vlaga do 30%, velikost delcev okoli 30 x 10 x 5 mm
- toplarne: KV od 7 do 11 MJ/kg in celo do 25 MJ/kg, manjša vlažnost je prednost, za skladiščenje je potrebna vlaga, manjša od 15%, zahtevana velikost delcev je različna in je ponekod manjša od 20 mm, drugje pa je zahtevana velikost 90% delcev, manjših od 150 mm, 100% pa manjših od 200 mm (Sabery, 2004).

**Zahteve za emisije v zrak** so določene z Uredbo o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (2007). Med naprave, za katere velja navedena uredba, se uvrščajo tudi naprave za predelavo in obdelavo trdnih odpadkov pred odstranjevanjem. Emisija snovi je izpuščanje ali oddajanje snovi iz posamezne naprave v zrak in se med ostalim izraža kot koncentracija snovi v odpadnih plinih, količini vlaken v odpadnih plinih in številu enot vonja zaradi emisije snovi, ki povzročajo vonjave. Ta uredba se ne uporablja za mejne vrednosti vonjav, vrednotenje vonjav in prepovedi, omejitve in ukrepe v zvezi s preprečevanjem in zmanjševanjem vonjav, ki jih povzročajo emisije snovi. Slovenija še nima predpisa, ki bi določal mejne vrednosti vonjav (smradu).

Mejne vrednosti emisije nekaterih snovi po navedeni uredbi so:

- prah: mejna koncentracija celotnega prahu je 20 mg/m<sup>3</sup> pri masnem pretoku, večjem od 0,2 kg/h, in 150 mg/m<sup>3</sup> pri masnem pretoku, enakem ali manjšem od 0,2 kg/h

- organske snovi: mejna koncentracija celotnih organskih snovi, izražena kot celotni ogljik, je  $50 \text{ mg/m}^3$ , mejni masni pretok celotnih organskih snovi razen organskih delcev, izražen kot celotni ogljik je  $500 \text{ g/h}$
- anorganski delci imajo mejno koncentracijo od  $0,05 \text{ mg/m}^3$  do  $0,5 \text{ mg/m}^3$  do  $1 \text{ mg/m}^3$  pri masnih pretokih od  $0,25$  do  $2,5$  do  $5 \text{ g/h}$ , odvisno od elementa
- anorganske snovi v plinastem stanju: mejna koncentracija je od  $0,5 \text{ mg/m}^3$  (fosfin, ...) pri masnem pretoku  $2,5 \text{ g/h}$  do  $3 \text{ mg/m}^3$  (brom, klor, ...) pri masnem pretoku  $15 \text{ g/h}$ , do  $30 \text{ mg/m}^3$  (amonijak, ...) pri masnem pretoku  $150 \text{ g/h}$  in do  $350 \text{ mg/m}^3$  (dušikov monoksid in dioksid, žveplov dioksid in trioksid) pri masnem pretoku  $1.800 \text{ g/h}$
- rakotvorne snovi: mejna koncentracija je od  $0,05 \text{ mg/m}^3$  (kadmij, arzen, ...) pri masnem pretoku  $0,15 \text{ g/h}$  do  $0,5 \text{ mg/m}^3$  (nikelj, ...) pri masnem pretoku  $1,5 \text{ g/h}$  in do  $1 \text{ mg/m}^3$  (benzen, vinilklorid, ...) pri masnem pretoku  $2,5 \text{ g/h}$
- vlakna: mejna količina vlaken v odpadnih plinih je od  $1 \times 10^4/\text{m}^3$  za azbestna vlakna do  $1,5 \times 10^4/\text{m}^3$  za keramična vlakna in do  $5 \times 10^4/\text{m}^3$  za mineralna vlakna
- mutagene snovi: mejna koncentracija je od  $0,05 \text{ mg/m}^3$  pri masnem pretoku  $0,15 \text{ g/h}$
- PCDD (dioksini) in PCDF (furani): mejna koncentracija je  $0,1 \text{ ng/m}^3$  pri masnem pretoku  $0,25 \text{ mg/h}$ .

Po nemški zakonodaji (30. BImSchV) morajo emisije iz mehansko-biološke obdelave odpadkov zadostiti vsem naslednjim pogojem:

- prah: mejna dnevna koncentracija celotnega prahu je  $10 \text{ mg/m}^3$  in mejna polurna koncentracija celotnega prahu  $30 \text{ mg/m}^3$
- organske snovi: mejna dnevna koncentracija organskih snovi, izražena kot celotni ogljik, je  $20 \text{ mg/m}^3$ , mejna polurna koncentracija organskih snovi, izražena kot celotni ogljik,  $40 \text{ mg/m}^3$  in mesečna mejna koncentracija organskih snovi, izražena kot celotni ogljik,  $55 \text{ mg/m}^3$
- anorganske snovi v plinastem stanju - dušikov monoksid in dioksid: mejna mesečna koncentracija je  $100 \text{ g/t}$
- PCDD (dioksini) in PCDF (furani): mejna koncentracija je  $0,1 \text{ ng/m}^3$
- smrad: mejna vrednost je  $500 \text{ EV (enota vonja)/m}^3$ .

**Smrad** določamo v EV (enota vonja) na  $m^3$  zraka. Mejna vrednost po nemški zakonodaji je  $500 \text{ EV}/m^3$  in je določena na osnovi primerjave onesnaženega in čistega zraka. Smrad pod mejno vrednostjo ni zaznaven oziroma moteč za večino ljudi.

**Hrup:** mejne vrednosti kazalnikov hrupa v okolju so določene z Uredbo o mejnih vrednostih kazalnikov hrupa v okolju iz leta 2005. V nadaljevanju je prikazana preglednica 4 iz priloge 1 te uredbe, ki določa mejne vrednosti kazalcev hrupa.

Preglednica 4: mejne vrednosti kazalcev hrupa  $L_{\text{dan}}$ ,  $L_{\text{noč}}$ ,  $L_{\text{večer}}$  in  $L_{\text{dvn}}$ , ki ga povzroča naprava, obrat, letališče, ki ni večje letališče, helikoptersko vzletišče, objekt za pretovor blaga in odprto parkirišče:

Območje varstva pred hrupom	$L_{\text{dan}}$ (dBA)	$L_{\text{večer}}$ (dBA)	$L_{\text{noč}}$ (dBA)	$L_{\text{dvn}}$ (dBA)
IV. območje	73	68	63	73
III. območje	58	53	48	58
II. območje	52	47	42	52
I. območje	47	42	37	47

Slika: Mejne vrednosti kazalcev hrupa iz priloge 1, Uredbe o mejnih vrednostih kazalnikov hrupa v okolju (Uredba o mejnih vrednostih..., 2005)

V zgornji razpredelnici pomeni:

- I. območje varstva pred hrupom: vse površine na mirnem območju na prostem, ki potrebujejo povečano varstvo pred hrupom
- II. območje varstva pred hrupom: neposredna okolica bolnišnic, zdravilišč in okrevališč, čiste stanovanjske površine, površine za turizem
- III. območje varstva pred hrupom: splošne stanovanjske površine, površine za izobraževanje, šport, zdravstvo, kulturo, javno upravo in opravljanje verskih obredov, površine za rekreacijo in šport, parki in pokopališča
- IV. območje varstva pred hrupom: nakupovalna središča, sejmišča in zabaviščni objekti, površine za industrijo, površine z objekti za kmetijsko proizvodnjo in površine za proizvodnjo itd.

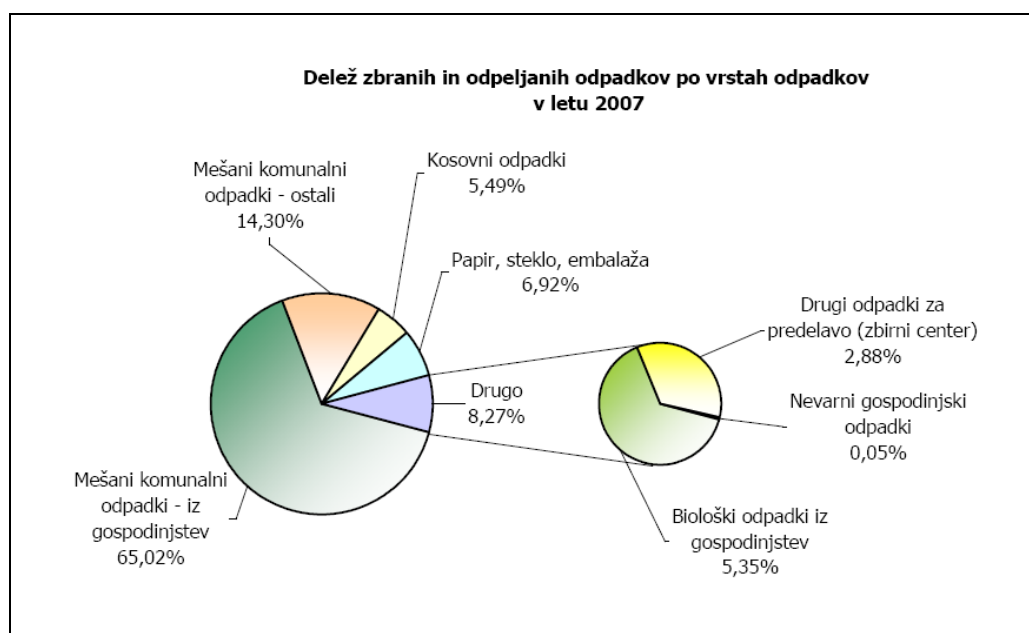
**Klice in mikroorganizmi** so v velikem številu prisotni v PMKO in izhajajo v zrak pri mehanski in biološki obdelavi, še posebej pri premikanju in drobljenju ter kompostiranju.

Zakonodaja, tudi nemška, ne določa mejnih vrednosti. Kot orientacijsko mejno vrednost lahko uporabimo  $10^4$  EGK (enota gradnje kolonije) na  $m^3$ , ki pomeni vsebnost klic, mikroorganizmov v zunanjem podeželskem zraku (Sabery, 2004).

### 6.3.2 Pregled količine, sestave in lastnosti odpadkov ljubljanske regije

Za postavitev in dimenzioniranje naprave za MBO PMKO so podatki o količini, sestavi in lastnostih odpadkov odločilnega pomena. Količina, sestava in analizirane lastnosti preostalih komunalnih odpadkov ljubljanske regije so detajlno opisani v poglavju 5 tega magistrskega dela. V nadaljevanju podajamo pregled in določene ugotovitve.

**Količina odpadkov:** Ljubljanska interesna regija, za katero bomo v tem magistrskem delu podali predlog obdelave preostalih mešanih komunalnih odpadkov, zajema naslednje občine: Ljubljana, Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Kamnik, Komenda, Medvode, Škofljica, Velike Lašče in Vodice ter ima 359.596 prebivalcev. Te občine so v letu 2007 svoje komunalne odpadke odlagale na odlagališču Barje v Ljubljani.



Grafikon: Deleži zbranih odpadkov po vrstah v letu 2007 (Letno poročilo..., 2008)

V letu 2007 je bilo v ljubljanski interesni regiji zbranih 214 tisoč ton odpadkov, od tega je bilo sprejetih na odlagališče Barje 192 tisoč ton, 22 tisoč ton pa je bilo ločeno zbranih. Na odlagališču so iz sprejetih odpadkov izločili še 6 tisoč ton odpadkov, primernih za sekundarne surovine, in odložili 186 tisoč ton odpadkov. Skupaj je bilo zbranih 158 tisoč komunalnih odpadkov, od tega je bilo zbranih 131.592 ton PMKO, ki so predmet obdelave v tem magistrskem delu.

Med ostalimi so bile zbrane naslednje količine posameznih vrst komunalnih odpadkov:

- PMKO - 131.592 ton (PMGO - 108.033 ton, POSD - 23.559 ton)
- ločeno zbrani kosovni odpadki iz gospodinjstev - 8.166 ton
- ločeno zbrani biološki odpadki iz gospodinjstev - 7.969 ton
- ločeno zbran papir v zbiralnicah - 6.398 ton
- ločeno zbrano steklo v zbiralnicah - 2.327 ton
- ločeno zbrana embalaža v zbiralnicah - 1.584 ton.

Na osnovi ocene stanja v Sloveniji, ki je razvidno tudi iz grafikona 7, in na osnovi večletnega spremljanja količine odloženih odpadkov na odlagališču Barje, ki je razvidno iz grafikona 13, ter na osnovi stanja v ljubljanski regiji, ki je razvidno iz grafikonov 15 in 16, smo ocenili, da se je količina odpadkov ustalila, oziroma, da se bo količina ločeno zbranih odpadkov kvečjemu povečevala, nikakor pa ne zmanjševala, saj se bo ozaveščenost ljudi povečevala. Z večanjem količine ločeno zbranih odpadkov se bo zmanjševala količina ostalih mešanih komunalnih odpadkov. Glede na navedeno smo za izračun masnih bilanc in velikosti naprav upoštevali količine PMKO, zbrane leta 2007. V letu 2007 je bilo v ljubljanski interesni regiji zbranih 366 kg PMKO na prebivalca.

Operativni program odstranjevanja odpadkov iz leta 2008 je opredelil osrednjo slovensko regijo, ki zajema poleg občin ljubljanske interesne regije še občine Domžale, Lukovica, Mengeš, Moravče in Trzin s 414.039 prebivalci in z ocenjeno letno količino 150.239 t/leto PMKO (Upgrading...Ljubljana, 2009). Glede na to, da smo mi v magistrskem delu upoštevali količino PMKO iz ljubljanske interesne regije za leto 2007, ugotavljamo, da ta količina

ustreza predvideni količini PMKO iz osrednje Slovenije v letu 2015, ki jo je določila Snaga, ko naj bi naprava za MBO na odlagališču Barje začela obratovati. Razlika je le 2.100 ton.

**Sestava odpadkov** je razvidna iz spodnjih preglednic, ki prikazujejo glavne sestavine PMGO in POSD v letu 2007 v sedanji interesni regiji Ljubljana.

Preglednica: Sestava odpadkov PMGO Ljubljane glede na glavne sestavine (Mele, 2008, str. 108)

Zaporedna številka	SESTAVINA	ODLOŽENI ODPADKI PMGO SKUPAJ 2007			
		MASA		PROSTORNINA	
		(t)	Delež (%)	(m <sup>3</sup> )	Delež (%)
1	PAPIR	10.154,6	9,40	102.234	9,29
2	KARTON, LEPENKA	7.349,9	6,80	173.253	15,75
3	PLASTIKA	16.737,2	15,49	454.976	41,35
4	TEKSTIL	3.566,3	3,30	34.853	3,17
5	MINERALNE SESTAVINE NAD 40 mm	1.980,3	1,83	4.564	0,41
6	STEKLO	5.050,2	4,67	15.900	1,45
7	KOVINE	3.058,4	2,83	32.713	2,97
8	ORGANSKE, BIOLOŠKO RAZGRADLJIVE (BIOGENE) SESTAVINE, VKLJUČNO Z OBDELANIM LESOM IN RODOVITNO ZEMLJO	40.848,3	37,81	176.509	16,04
9	NEVARNE SESTAVINE	142,7	0,13	457	0,04
10	OSTALO OZ. MEŠANICA SESTAVIN	19.144,0	17,72	104.738	9,52
<b>SKUPAJ</b>		<b>108.033,0</b>	<b>100,00</b>	<b>1.100.198</b>	<b>100,00</b>

Preglednica: Sestava odpadkov POSD Ljubljane glede na glavne sestavine (Mele, 2008, str. 122)

Zaporedna številka	SESTAVINA	PREVZETI ODPADKI POSD SKUPAJ LETO 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 (BIOGENE) SESTAVINE, VKLJUČNO Z OBDELANIM LESOM IN RODOVITNO ZEMLJO	5.590,6	23,73	25.925	7,92
9	NEVARNE SESTAVINE	0,4	0,00	2	0,00
10	OSTALO OZ. MEŠANICA SESTAVIN	5.945,9	25,24	50.853	15,54
<b>SKUPAJ</b>		<b>23.558,5</b>	<b>100,00</b>	<b>327.201</b>	<b>100,00</b>

Pri izračunih smo upoštevali sestavo PMKO, ki sledi iz sejalno-sortirnih analiz za leto 2007. Detajlna sestava PMGO po 33 frakcijah odpadkov in štirih velikostih frakcijah je razvidna iz priloge H1, detajlna sestava POSD po 34 frakcijah odpadkov in štirih velikostih frakcijah pa je razvidna iz priloge H2 (Mele, 2009).

**Lastnosti odpadkov** so bile določane s fizikalno-kemijskimi analizami, pa tudi analizami biorazgradljivosti. Detajlni rezultati fizikalno-kemijskih analiz so prikazani v prilogi I, povzetki pa v nadaljevanju.

Vlaga (105°C) pri PMKO iz ljubljanske regije narašča od 22% pri grobih, do 66% pri finih frakcijah. Vlažnost biogenih frakcij, izločenih iz teh odpadkov, je povprečno nekoliko višja, od 40 do 70% (Grilc in sod., 2008). V literaturi zasledimo podatek, da se vlaga pri PMKO giblje med 25 in 45% (Sabery, 2004). V lahki frakciji modelnega vzorca PMKO je bila izmerjena vlaga 10% (Grilc, 2007).

Žaroizguba (550°C) znaša med 70 in 80%, kar je tudi približna vsebnost celotnih organskih snovi (biorazgradljivih in nerazgradljivih) v odpadkih (Grilc in sod., 2008).

TOC je sorazmeren celotnim organskim snovem in zato v korelaciji z žaroizgubo. Vsebnost v vzorcih PMKO znaša od 30 do 40% (računano na suho stanje) (Grilc in sod., 2008).

Kurilna vrednost PMKO iz analize leta 2008 je razmeroma nizka in se glede na velikostno frakcijo giblje od 2 do 11 MJ/kg, kar je predvsem posledica relativno velike vsebnosti vlage (Grilc in sod., 2008). Zanimivi so tudi rezultati analize lahke frakcije modelnega vzorca iz leta 2007, ki je bil sestavljen iz frakcij, sveže pripeljanih PMKO iz gospodinjstev. Zgornja kalorična vrednost lahke frakcije je bila 24 MJ/kg in izmerjena vlaga 10%. Ob predpostavki vsebnosti 5% vodika je izračunana KV 13 MJ/kg (Grilc, 2007). Za lahko frakcijo velikosti nad 100 mm, ki se izloči na začetku mehanske obdelave v napravi za MBO, lahko ob upoštevanju zgoraj navedenih analiz KV in podatka o KV grobe lahke frakcije v napravi za MBO Kahlenberg (24 MJ/kg) upoštevamo KV 15 MJ/kg.



Klor, žveplo in težke kovine, za katere so določene mejne vrednosti z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov ali z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, so prikazane v preglednici 29. Vrednosti se razlikujejo glede na velikostne frakcije PMKO. Ker je bila za živo srebro z analizami določena le vrednost v mg/kg<sub>s.s.</sub>, smo izračunali še vrednost v mg/MJ, z upoštevanjem kurilne vrednosti 11 MJ/kg.

Preglednica 29: Vrednosti klora, žvepla in nekaterih težkih kovin v PMKO (Grilc in sod., 2008)

Table 29: The values of chlorine, sulphur and certain heavy metals in RMMW (Grilc in sod., 2008)

Parameter	Enota	PMKO > 10 mm	Biogena frakcija iz PMKO > 10 mm
Klor (Cl)	%	0,30 - 1,82	/
Žveplo (S)	%	0,03 - 0,27	/
Kadmij (Cd)	mg /kg <sub>s.s.</sub>	< 1 - 1	< 1 - 2,5
Krom cel. (Cr <sub>cel</sub> )	mg /kg <sub>s.s.</sub>	< 50 - 280	< 50 - 290
Baker (Cu)	mg /kg <sub>s.s.</sub>	< 50 - 1700	73 - 620
Živo srebro (Hg)	mg /kg <sub>s.s.</sub>	0,05 ≤ 0,18	0,07 - 0,2
Živo srebro (Hg)*	mg/MJ*	0,00* ≤ 0,02*	0,01* - 0,02*
Nikelj (Ni)	mg /kg <sub>s.s.</sub>	< 50 - 2000	< 50 - 52
Svinec (Pb)	mg /kg <sub>s.s.</sub>	< 50 - 50	< 50 - 50
Cink (Zn)	mg /kg <sub>s.s.</sub>	< 10 - 360	130 - 220

Opomba. \*Upoštevana kurilna vrednost 11 MJ/kg

Bioplinski potencial biogenih odpadkov iz PMKO se giblje od 80 do 110 m<sup>3</sup>/t začetnega bioodpadka. Biogeni odpadki iz PMGO velikostne frakcije, manjše od 100 mm in od 10 do 40 mm, so praktično enaki glede bioplinskega potenciala na suho snov, na organsko snov in na KPK odpadka. Proizvedejo več bioplina in so primernejši za anaerobno obdelavo kot biogeni odpadki iz PMGO velikostne frakcije od 40 do 100 mm in frakcije, manjše od 10 mm (Grilc in sod., 2008).

Poprečna nasipna prostorninska masa (gostota) PMKO, ki jo določimo iz sortirno-sejalnih analiz leta 2007, ko je bilo zbranih 131.592 ton odpadkov z ocenjenim volumnom 1.427.359 m<sup>3</sup>, znaša 92 kg/m<sup>3</sup> (Mele, 2008). Je osnova za dimenzioniranje posamezne opreme v napravi. V literaturi zasledimo podatek, da se nasipna prostorninska masa pri PMKO giblje med 100 in 300 kg/m<sup>3</sup> (Sabery, 2004), vendar so razlike glede metode določanja.

Velikost delcev PMKO je prav tako zelo pomembna pri dimenzioniranju in optimiranju opreme v napravi. Pri sejalno-sortirnih analizah leta 2007 je bilo zbranih 40 masnih % odpadkov, večjih od 100 mm, 29 masnih % odpadkov velikosti od 40 do 100 mm, 21 masnih % odpadkov velikosti od 10 do 40 mm in 10 masnih % odpadkov, manjših od 10 mm (Mele, 2008).

Klice in mikroorganizmi so v velikem številu prisotni v PMKO. Pri nesortiranih PMKO so v Nemčiji izmerili preko  $10^5$  EGK (enota gradnje kolonije) na  $m^3$ , takšna koncentracija je bila izmerjena tudi v kabinah nakladalnikov in pri izločanju škodljivih snovi iz PMKO (Sabery, 2004).

### **6.3.3 MBO PMKO z uporabo precejanja, mokre mezofilne anaerobne fermentacije in bio-sušenja v tunelih**

#### **6.3.3.1 Opis procesa, blok shema in procesna shema**

Proces obdelave odpadkov lahko razdelimo na naslednje stopnje: sprejem in mehanska obdelava, precejanje, mokra mezofilna AF perkolata, to je skozi odpadke precejene vode, bio-sušenje perkotrata, to je odpadkov, ki so ostali po precejanju, mehansko ločevanje posušenega perkotrata in pripravo trdnega goriva.

**Odpadki se sprejemajo** v zaprti sprejemni hali, kamor se pripeljejo skozi dvižna vrata. Letno se sprejme 131.529 ton PMKO. V hali nakladalnik in grabilni bager nalagata odpadke na transportni trak, ki transportira odpadke v halo za mehansko obdelavo. Pred nalaganjem na transportni trak se iz odpadkov z bagrom odstranijo veliki, kosovni odpadki (bela tehnika, zabavna elektronika, monitorji,...), ki jih je letno okoli 790 ton.

**Mehanska obdelava** poteka v dveh enakih linijah. Mehanska obdelava se prične s sejanjem 130.802 t/leto odpadkov v dveh multifunkcionalnih bobnastih sitih, kjer se najprej raztrgajo eventualne vrečke z odpadki. Sledi sejanje odpadkov na tri velikostne frakcije, in sicer na fino frakcijo, to je odpadke, manjše od 40 mm, srednjo frakcijo velikosti od 40 do 150 mm in grobo frakcijo velikosti nad 150 mm.

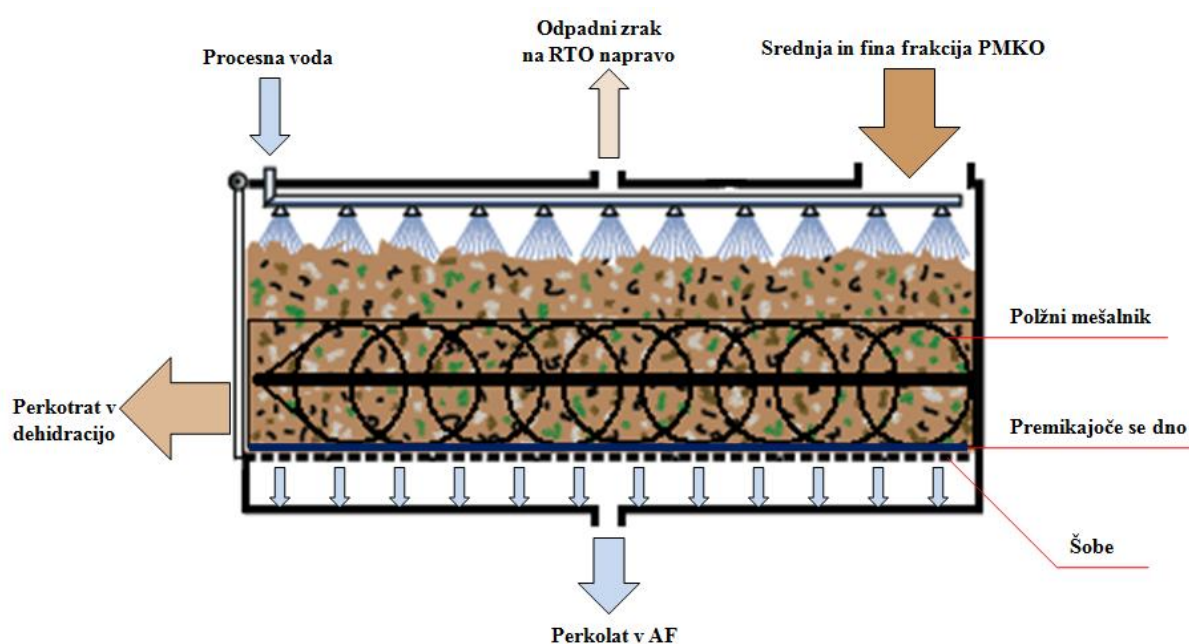
Fina frakcija, okoli 41.684 ton letno, se preko magnetnega separatorja, kjer se izločijo železne kovine, transportira v precejalnike (*percolators*).

Srednja frakcija, okoli 63.723 t/leto, gre v ponovno separacijo, in sicer na balistični separator, kjer se loči na 29.312 ton letno lahke in 34.410 ton letno težke frakcije. Lahka frakcija se po izločitvi železovih kovin na magnetnem separatorju skupaj s fino frakcijo transportira naprej v precejalnike. Težki frakciji obeh linij se združita in vodita preko magnetnega separatorja, kjer se odstranijo železne kovine. Po odstranitvi železovih kovin se težka frakcija transportira s tekočim trakom še v sortirno kabino, kjer se odstranijo barvne kovine, mineralni odpadki in nevarni, moteči odpadki ter steklo. Tako izsortirana težka frakcija mase 25.643 t/leto se razporedi v obe sortirni liniji, ki gresta naprej v precejalnike.

Groba frakcija, okoli 25.395 ton letno iz obeh sortirnih linij, se po multifunkcionalnem bobnastem situ združi, v sortirni kabini pa se iz nje odstranijo odpadki, uporabni za sekundarne surovine (kovine, steklo, PVC), in inertni odpadki. Iz sortirne kabine gre 14.626 ton letno grobe frakcije na **pripravo TG**, na drobilnik, kjer se zdrobi na velikost 25 mm, in na vibracijsko sito, ki vrača delce, večje od 25 mm nazaj v drobilnik. Na ta način je groba lahka frakcija pripravljena za uporabo kot TG s kurilno vrednostjo okoli 15 MJ/kg in vlago med 10 in 15%. TG odpeljemo na sosežig v cementarno.

**Precejanje** se prične s polnjenjem precejalnikov s 96.640 t/leto mešanice fine in srednje frakcije po odstranitvi železovih in barvnih kovin, mineralnih in nevarnih snovi. V procesu je šest precejalnikov, po trije na vsaki liniji, ki imajo vgrajen horizontalni polžni mešalnik. Na dnu je vgrajena naprava (*walking floor*), ki še dodatno pomaga transportirati odpadke proti izhodu iz precejalnika. Odpadki, ki sami že vsebujejo poprečno 44% vlage, v precejalniku kontinuirno krožijo in se mešajo tri dni. V precejalnik se tekom celotnega procesa dodaja 1,5 m<sup>3</sup> vode na en m<sup>3</sup> odpadkov. Voda se dodaja s tlačnim pršenjem po odpadkih. Odpadki se močijo in voda izpira iz njih ter iz njihove površine organsko snov v vodo, zraven pa se izpirajo tudi pesek in soli. Voda po preeditvi skozi odpadke odteka skozi odprtine na dnu precejalnika. Precejeno vodo imenujemo perkolat. Shematski prikaz precejalnika je na sliki 44. Iz perkolata se v peskolovu odstrani pesek, v bobnastem situ pa vlakna in nitasti odpadki. Tako očiščeni perkolat se vodi v AF, kjer se pri razgradnji organskih snovi sprošča bioplina. V

literaturi nismo uspeli najti podatka o vrednosti KPK v perkolatu, vendar pa o njeni vrednosti lahko sklepamo na osnovi izvedene analize izcedne vode, kot sledi. Na odlagališče Barje so se v letu 2003 začeli odlagati komunalni odpadki na novo odlagalno polje in Snaga je takoj opravila analize izcedne vode (še preden se je začela večja razgradnja). Prva izcedna voda je pravzaprav padavinska voda, ki se je precedila skozi odpadke in jih oprala ter bi jo lahko primerjali s precejeno vodo v precejalniku. KPK te vode je bil po podatkih Snage 5.061 mg/l. Glede na to, da je v precejalniku izpiranje bolj intenzivno, je KPK perkolata verjetno še precej večji.



Slika 44: Shematski prikaz precejalnika

Figure 44: The schematic view of the percolator

S tridnevним kroženjem odpadkov in izpiranjem se v precejalnikih iz odpadkov izpere organska snov, odpadki se homogenizirajo in delno zdrobijo ter so primerni za nadaljnji proces, dehidracijo in bio-sušenje. Imenujemo jih perkotrat ter jih je letno 85.044 tone mokre mase. Perkotrat iz precejalnikov ima od 58 do 60% vlage.

Tako pripravljena procesna voda s 33.631 t/leto odpadnih snovi se vodi v proces mokre mezofilne **anaerobne fermentacije**, v tri fermentorje, kjer se sprošča bioplín. V proces dodajamo železov triklorid (zaradi odžvepljevanja bioplína) in antipenilec. Predvideni zadrževalni čas perkolata v fermentorju je 6 dni pri temperaturi od 33 do 38°C. Večji del

odpadne vode iz fermentorjev se ponovno uporabi za izpiranje odpadkov v precejalniki, manjši del pa se vodi na čistilno napravo odpadnih vod, kjer se iz vode, pred izpustom v kanalizacijo, odstranijo prisotne ogljikove in dušikove spojine. Na čistilni napravi je tudi potrebno odstraniti sol iz procesne vode, ki kroži od fermentorjev do precejalnikov, ko se v njej pri precejanju nabere preveč soli. Previsoka koncentracija soli škodi mikroorganizmom v procesu anaerobne fermentacije in zmanjšuje količino nastalega bioplina (Merten in sod., 2006). Koliko previsoka koncentracija škodi mikroorganizmom, nismo uspeli ugotoviti iz literature, sklepamo pa lahko, da je to dva- do trikratna koncentracija soli glede na prvo precejanje. Na odlagališče Barje so se v letu 2003 začeli odlagati komunalni odpadki na novo odlagalno polje in Snaga je takoj opravila analize izcedne vode (še preden se je začela večja razgradnja). Prva izcedna voda je pravzaprav padavinska voda, ki se je precedila skozi odpadke in jih oprala ter bi jo lahko primerjali s precejeno vodo v precejalniki. Vrednost sulfidov v tej izcedni vodi je bila 63 mg/l, vrednost sulfatov pa 94 mg/l.

Z anaerobno fermentacijo organsko bogate vode se izognemo intenzivnejšemu smradu in sušenju ostankov anaerobne fermentacije. V fermentorjih se iz vsake tone odpadkov, ki gre v precejalnik, pridobi okoli 65 m<sup>3</sup> bioplina (Merten in sod., 2006). Letno je to okoli 6 milijonov m<sup>3</sup> oziroma okoli 7.264 ton. Upoštevana je gostota bioplina 1,2 kg/m<sup>3</sup> (Razlaga osnovnih..., 2008). Proizvedeni bioplin se preko plinskega rezervoarja vodi v energetske izrabo na plinske agregate kontejnerske izvedbe, za rezervo pa je možnost kurjenja bioplina na bakli.

Perkotrat iz precejalnikov vodimo v dveh linijah na dehidracijo v šest batnih stiskalnic, po tri na vsaki liniji. Pred dehidracijo dodamo flokulante. Filtrat gre skupaj s precejeno vodo v proces anaerobne fermentacije. Dehidrirani perkotrat z vsebnostjo vlage od 40 do 44% gre v proces **bio-sušenja**, ki ga imenujemo tudi suha stabilizacija. Pri bio-sušenju se zmanjša vlažnost odpadkov, pa tudi vsebnost biorazgradljivih snovi v odpadkih, vendar premalo, da bi bil ostanek po obdelavi biološko stabiliziran. Bio-sušenje poteka s pomočjo aktivnega prezračevanja in toplote, ki nastane pri razkroju biološko razgradljivih sestavin odpadkov, zunanja toplota pa se ne dodaja. Princip bio-sušenja se izvaja po principu kompostiranja in poteka v dveh korakih v zaprtih tunelih. Dehidrirani perkotrat, 59.531 t/leto, se najprej za 4 dni transportira v 4 tunele za intenzivno sušenje, potem pa se za naslednje 4 dni prestavi v 5 tunelov za naknadno sušenje. Na dnu tunelov so vgrajene šobe za vpihovanje zraka, ki se

zajema v sprejemni hali, hali za mehansko obdelavo in pri motorjih naprav ter uporabi za prezračevanje. Segreti, vlažni zrak se preko stropa oziroma pokrova sesa iz tunelov in vodi na napravo za RTO (regenerativna toplotna oksidacija) za čiščenje zraka. Nad dnem tunela je vgrajeno premikajoče dno (*walking floor*), s pomočjo katerega se tunel izprazni. V tunelih se kontrolira temperatura in pH vrednost. Temperatura doseže 50°C. S premeščanjem odpadkov se le-ti rahljajo in večja se biološka razgradnja. Po 8 dneh so odpadki bio-posušeni do take mere, da ni težav pri njihovem mehanskem sortiranju, saj imajo poprečno manj kot 15% (od 12 do 17%) vlage. 40.481 ton letno bio-posušenega perkotrata se vodi v mehansko ločevanje.

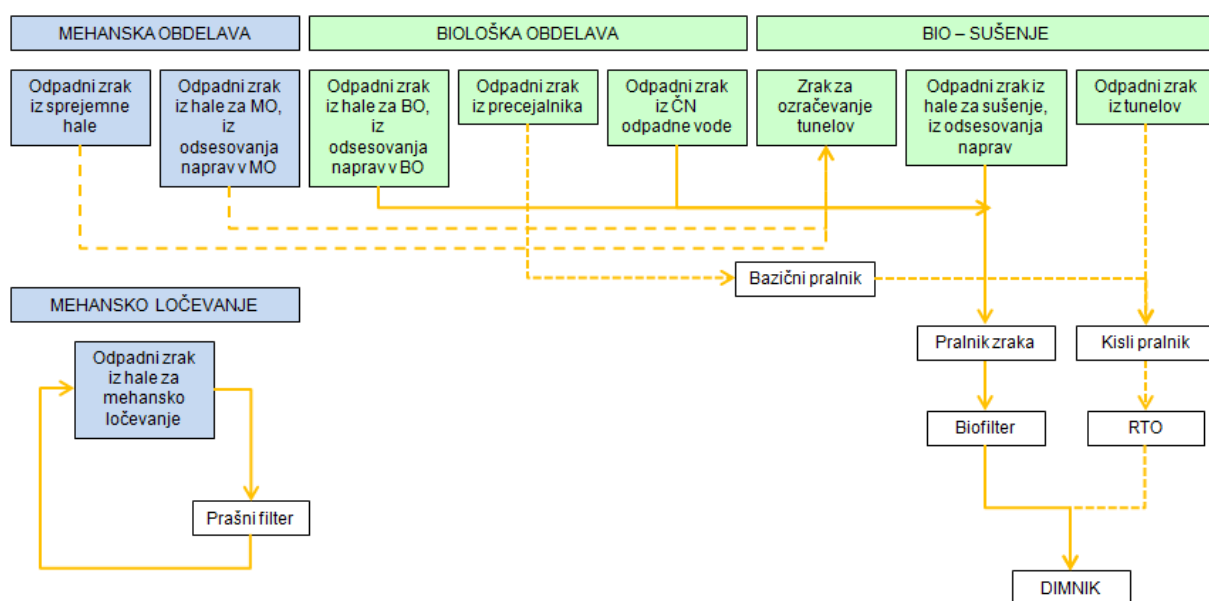
**Z mehanskim ločevanjem** se posušeni perkotrat ločuje po velikosti in gostoti delcev z namenom izločitve kamenja, peska, keramike, stekla in tudi prekomerno onesnaženih komponent, da se po mehanski separaciji pridobi gorivo čim višje kurilne vrednosti. Bio-posušeni odpadki se presejejo na vibracijskem situ s štirimi sejalnimi nivoji. Na prvem situ so odprtine velikosti 25 mm, odsevek (mešanica plastike, papirja, lesa, tekstila, stekla, kovine) se odpelje direktno v sežigalnico odpadkov, saj bi bila njegova separacija predraga. Večina posušenega materiala je manjšega od 25 mm in z nadaljnjim sejanjem na vibracijskem situ se dobi 4 velikostne frakcije, in sicer frakcijo od 18 do 25 mm, od 12 do 18 mm, od 6 do 12 mm in frakcijo, manjšo od 6 mm. Iz vsake izmed štirih frakcij se z zračnim separatorjem izloči lahka frakcija skupne mase 33.194 t/leto in ostane skupno 3.643 ton letno težke frakcije.

Lahko frakcijo vodimo na optično ločevanje PVC z NIR senzorjem, po izločitvi PVC pa je že primerna za TG in ima kurilno vrednost okoli 15 MJ/kg in maso 31.878 ton letno ter ga odpeljemo na sosežig v cementarno.

Težka frakcija, ki jo predstavljajo predvsem mineralni material, pesek in kamenje, se odloži na odlagališču, lahko pa bi se uporabila tudi v cestogradnji.

**Čiščenje odpadnega zraka:** zrak iz hale za sprejem odpadkov in hale za mehansko obdelavo ter iz odsesovanja glavne procesne opreme se porabi za prezračevanje tunelov za bio-sušenje, višek pa se očisti na biofiltrih. Odpadni zrak iz precejalnikov in tunelov za bio-sušenje se očisti na napravi za RTO. Očiščeni odpadni zrak se spušča v ozračje preko visokega dimnika. Pred biofiltrom je nameščen pralnik zraka, pred napravo za RTO pa bazični in kisli pralnik.

Naprava za RTO uporablja kot gorivo za sežig plinov 1.040 t bioplina s kurilno vrednostjo 6 kWh/m<sup>3</sup> (21,6 MJ/m<sup>3</sup>), proizvedenega pri AF. Na napravi za RTO je potrebna poprečna energija 15,8 kWh/1.000 m<sup>3</sup> onesnaženega zraka (Wallmann in sod., 2008). Skupno je potrebno letno očistiti 7.500 m<sup>3</sup> zraka/t odpadkov, in sicer na biofiltrih 5.000 m<sup>3</sup>/t in na napravi za RTO 2.500 m<sup>3</sup>/t (Sabery, 2004). Na sliki 45 je shematski prikaz zajema in čiščenja odpadnega zraka.

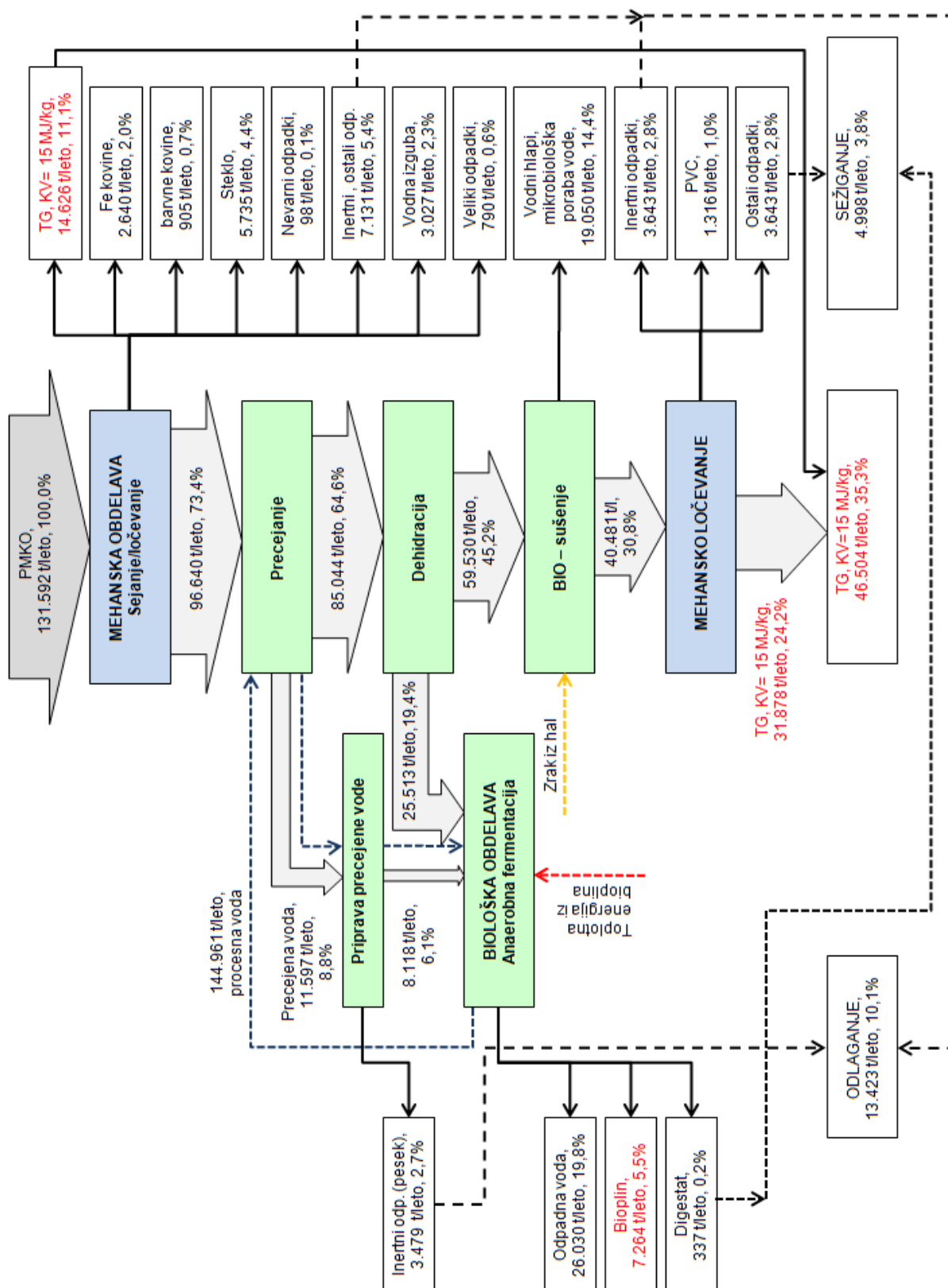


Slika 45: Shematski prikaz zajema in čiščenja odpadnega zraka pri MBO s precejanjem

Figure 45: The schematic view of the capture and purification of exhaust air in the MBT with percolation

**Čiščenje odpadne vode** se izvede na štiristopenjski čistilni napravi odpadnih vod, kjer se uporabi postopek denitrifikacije, nitrifikacije, ultra filtracije in filtracije z aktivnim ogljem za očiščenje 26.030 m<sup>3</sup> odpadne vode letno.

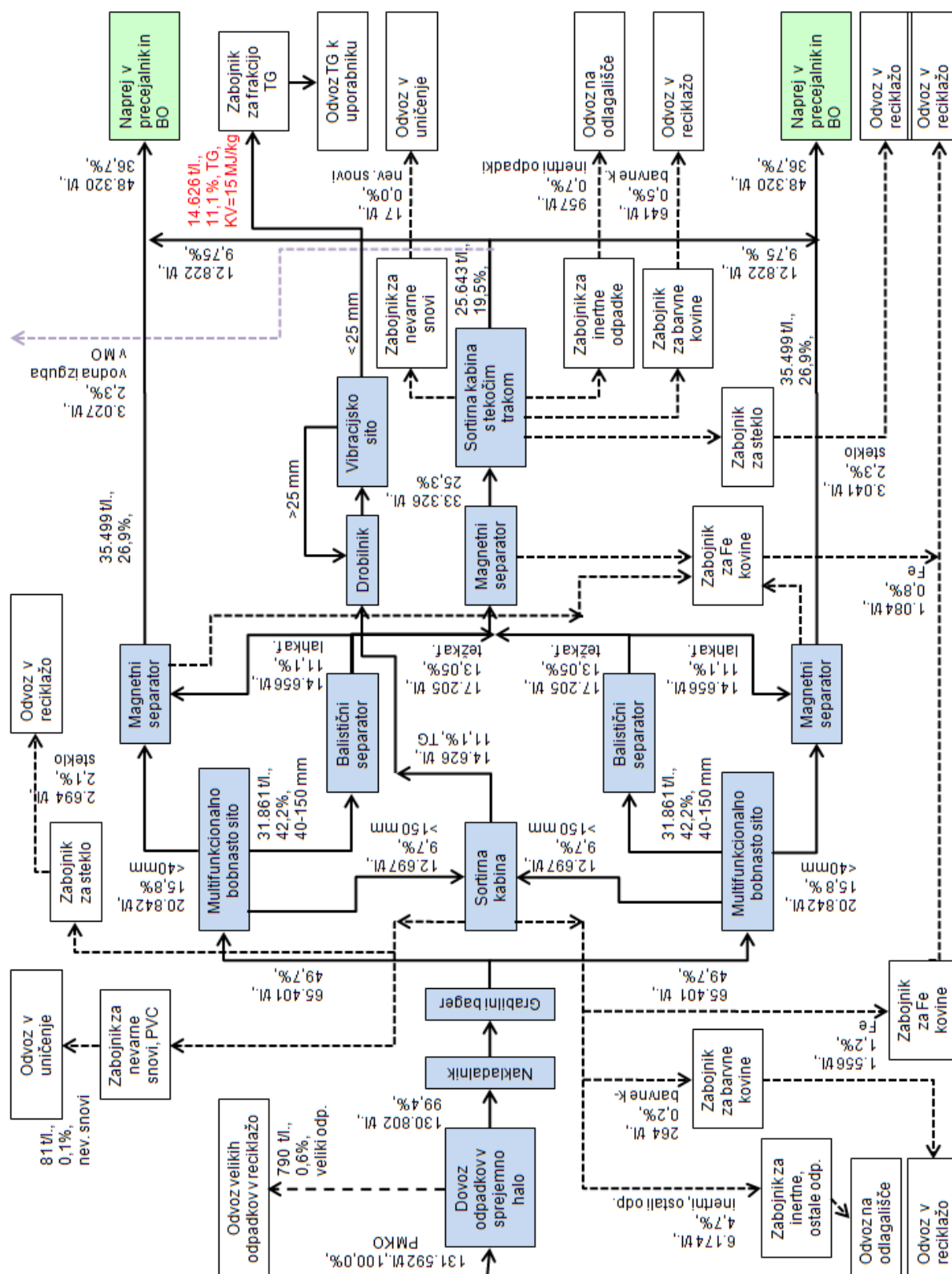
V nadaljevanju prikazujemo blok shemo in procesno shemo naprave za MBO PMKO z uporabo precejanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih.



Slika 46: Blok shema naprave MBO s precejanjem

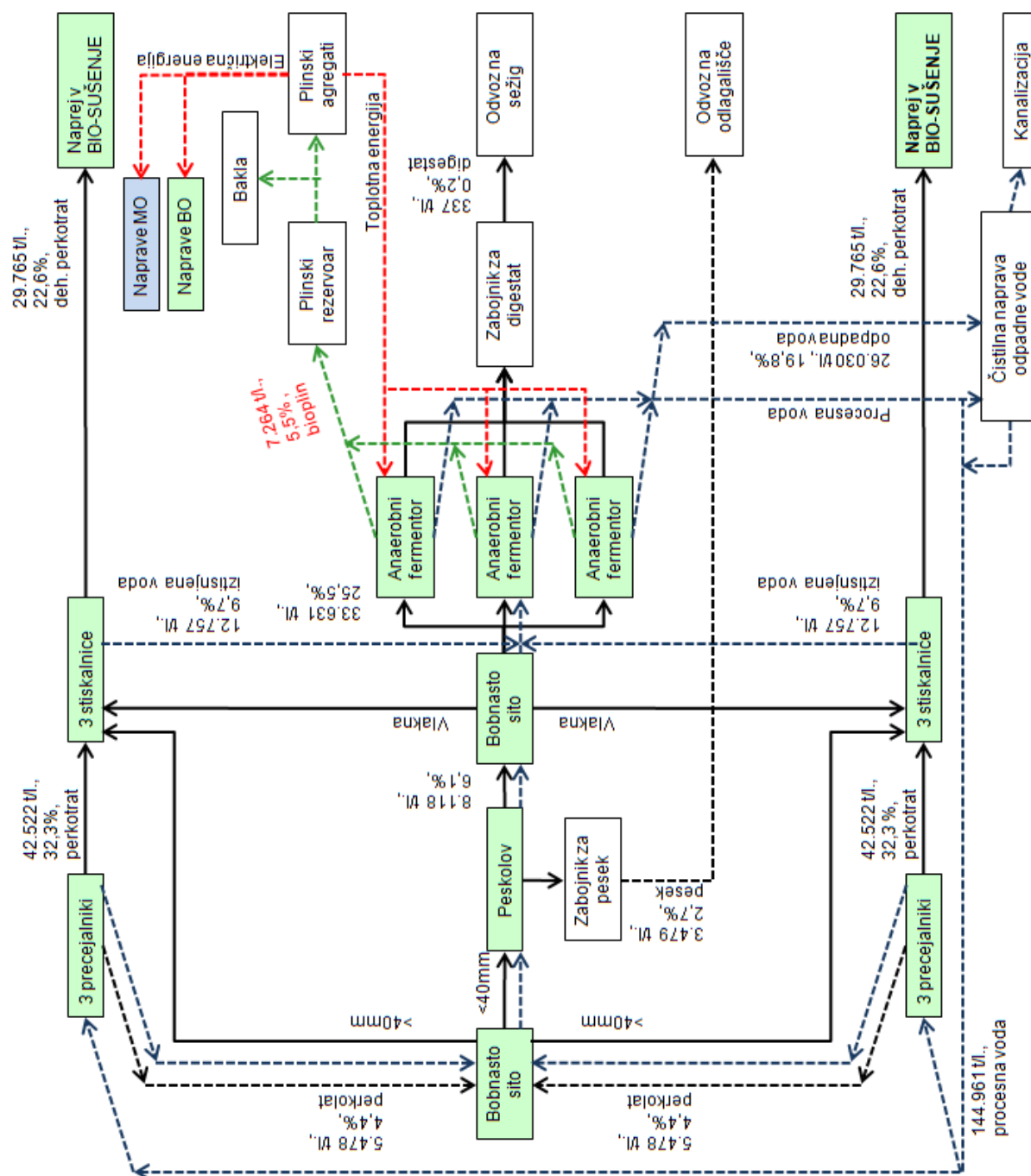
Figure 46: The block scheme of MBT facility with percolation



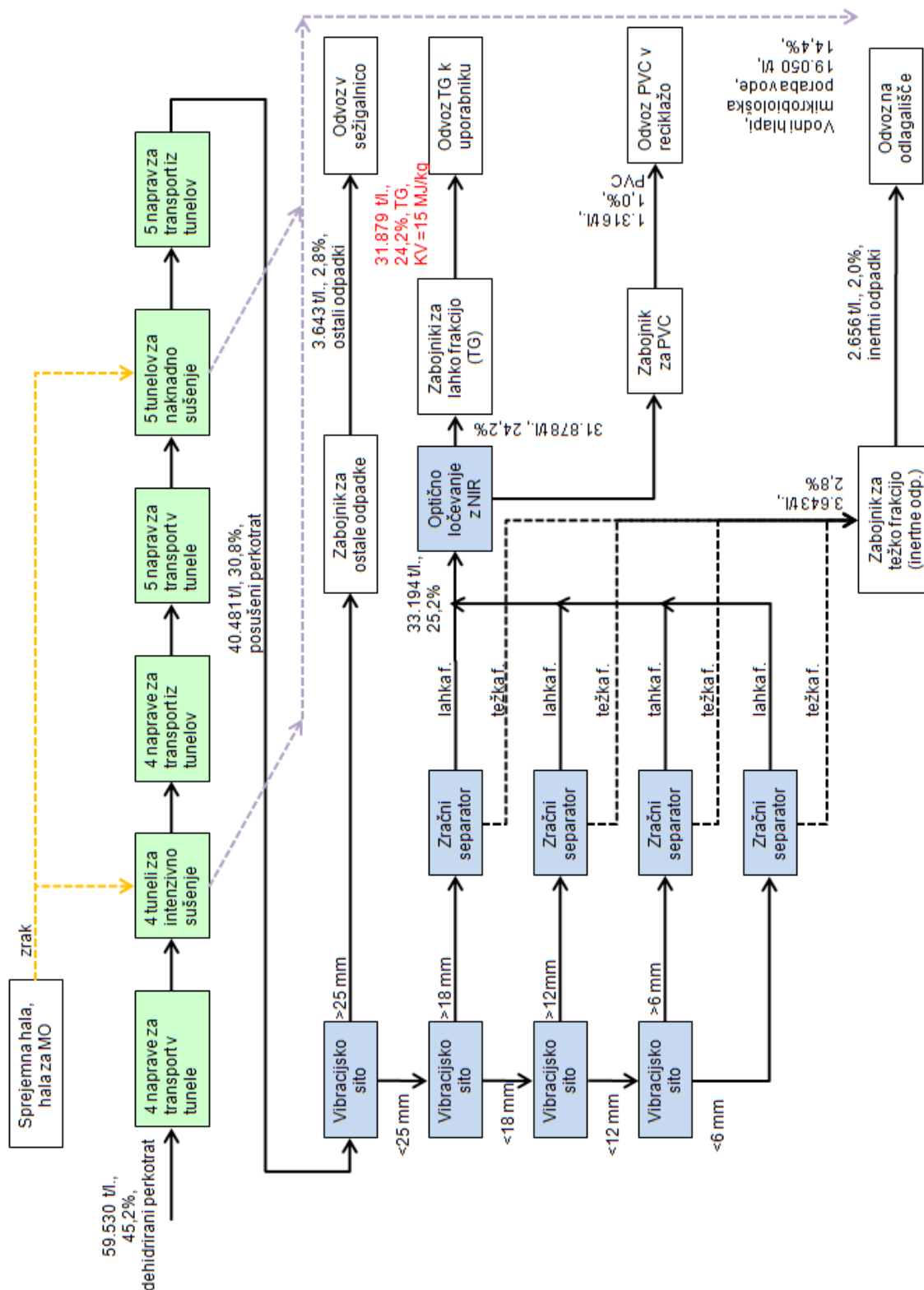


Slika 47: Procesna shema naprave MBO s precejanjem - MEHANSKA OBDELAVA

Figure 47: The process scheme of the MBT facility with percolation – MECHANICAL TREATMENT



Slika 48: Procesna shema naprave MBO s precejanjem - BIOLOŠKA OBDELAVA  
 Figure 48: The process scheme of the MBT facility with percolation – BIOLOGICAL TREATMENT



Slika 49: Procesna shema naprave MBO s precejanjem - BIO-SUŠ. in MEH. LOČEVANJE  
 Figure 49: The process scheme of the MBT facility with percolation – BIO-DRYING and MECHANICAL SEPARATION

### 6.3.3.2 Potrebna površina za umestitev naprave v prostor

Napravo sestavlja 9 objektov oziroma sklopov:

- objekt za sprejem odpadkov okvirne velikosti 500 m<sup>2</sup>
- objekt za mehansko obdelavo okvirne velikosti 800 m<sup>2</sup>
- objekt za precejanje in dehidracijo okvirne velikosti 900 m<sup>2</sup>
- plato z anaerobnimi fermentorji, plinskim rezervoarjem in plinskimi agregati okvirne velikosti 1.800 m<sup>2</sup>
- objekt za bio-sušenje perkotrata okvirne velikosti 1.400 m<sup>2</sup>
- objekt za mehansko ločevanje in pripravo TG okvirne velikosti 1.700 m<sup>2</sup>
- plato s pralniki, biofiltri in napravo za RTO okvirne velikosti 400 m<sup>2</sup>
- čistilna naprava odpadnih vod okvirne velikosti 400 m<sup>2</sup>
- minimalne manipulacijske površine, dovozni platoji, ceste, funkcionalne površine stavb okvirne velikosti 17.400 m<sup>2</sup>.

Potrebna površina za objekte je 7.900 m<sup>2</sup>, za minimalne manipulacijske površine, dovozne platoje, ceste, funkcionalne površine stavb 17.400 m<sup>2</sup>, skupna minimalna potrebna površina za postavitev naprave pa je 25.300 m<sup>2</sup>.

### 6.3.3.3 Masna bilanca in lastnosti produktov

Iz preglednice 30 je razvidna masna bilanca procesa MBO PMKO z uporabo precejanja, mokre mezofilne anaerobne fermentacije in bio-sušenja v tunelih.

Pri masni bilanci nismo upoštevali, vendar bi v procesu AF dodali še:

- antipenilec: 50 g/t odpadkov, ki gredo v AF
- flokulant za boljšo dehidracijo digestata: 60 g/t odpadkov, ki gredo v AF in
- FeCl<sub>3</sub> (železov triklorid) za boljše odžvepljevanje bioplina: 3.000 g/t odpadkov, ki gredo v AF (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

Preglednica 30: Prikaz masne bilance procesa MBO s precejanjem

Table 30: The schematic view of mass-balance in the MBT process with percolation

<b>MASNA BILANCA (MBO s precejanjem)</b>	<b>VHOD (t/l.)</b>	<b>IZHOD (t/l.)</b>
<b>1. PMKO</b>	<b>131.592</b>	
1.1. PMGO	108.033	
1.2. POSD	23.559	
<b>2. ŽELEZNE KOVINE</b>		<b>2.640</b>
2.1. MO		2.640
<b>3. BARVNE KOVINE</b>		<b>905</b>
3.1. MO		905
<b>4. STEKLO</b>		<b>5.735</b>
4.1. MO		5.735
<b>5. PVC</b>		<b>1.316</b>
5.1. MO		1.316
<b>6. TG</b>		<b>46.504</b>
6.1. groba lahka frakcija iz MO; KV=15 MJ/kg		14.626
6.2. lahka f. iz ločevanja po bio-sušenju; KV=15 MJ/kg		31.878
<b>7. KOMPOST</b>		
<b>8. POSUŠENI STABILIZIRANI DIGESTAT</b>		
<b>9. BIOPLIN</b>		<b>7.264</b>
9.1. AF v BO		7.264
<b>10. OSTANKI ZA ODLAGANJE</b>		<b>14.253</b>
10.1. Inertni odpadki iz MO > 150 mm		6.174
10.2. Inertni odpadki iz MO < 150 mm		957
10.3. Pesek iz priprave precejene vode v BO		3.479
10.4. Inertni odpadki iz meh. ločevanja po bio-sušenju		3.643
<b>11. OSTANKI ZA SEŽIG</b>		<b>3.980</b>
11.1. Ostali odpadki iz meh. ločevanja po bio-sušenju		3.643
11.2. Digestat iz AF perkolata		337
<b>12. ODPADNE VODE</b>		<b>26.030</b>
12.1. AF-vrača se nazaj v precejalnik ali gre na ČN		26.030
<b>13. OSTALO</b>	<b>144.961</b>	<b>167.926</b>
13.1. Veliki odpadki za sekundarne surovine v MO		790
13.2. Nevarni odpadki		98
13.3. Vodna izguba v MO		3.027
13.4. Vodni hlapi pri razkroju, pri bio-sušenju		19.050
13.5. Vodni hlapi pri sušenju TG		
13.6. Sveža voda v perkolator (recirkulacija)	144.961	144.961
<b>14. SKUPAJ</b>	<b>276.553</b>	<b>276.553</b>

V procesu se najprej izloči 0,6% velikih odpadkov (pralni stroji, zabavna elektronika, monitorji ...), ki se uporabijo kot sekundarne surovine. Okoli 2,7% vhodne količine odpadkov se izloči kovin, 4,4% stekla in 1,0% PVC, ki se jih proda kot sekundarne surovine. Inertni odpadki, ki se jih izloči 10,8%, se odložijo na odlagališču, del pa se jih lahko ponovno uporabi pri gradnji. Okoli 3,0% je ostalih odpadkov (mešanica plastike, papirja, lesa, tekstila,

stekla, kovin), ki jih peljemo na sežig v sežigalnico odpadkov. Pri tej MBO je 17,5% vodnih hlapov in mikrobiološke porabe vode in odpadne vode, ki gre na čiščenje na čistilno napravo, okoli 19,8%. Pri AF se proizvede okoli 5,5% bioplina, ki se ga uporabi za proizvodnjo energije. Glavni produkt MBO je TG, ki se ga uporabi za sosežig v cementarni. Skupaj se ga proizvede 35,3% s KV=15 MJ/kg. V preglednici 31 so prikazane izhodne količine iz procesa MBO s precejanjem.

Preglednica 31: Prikaz izhodnih količin iz procesa MBO s precejanjem

Table 31: The scheme of output quantities in the MBT process with percolation

<b>PRIKAZ IZHODA (MBO s precejanjem)</b>	<b>IZHOD (t/l.)</b>	<b>IZHOD (%)</b>
Fe KOVINE	2.640	2,0
BARVNE KOVINE	905	0,7
STEKLO	5.735	4,4
PVC	1.316	1,0
TG, KV=15 MJ/kg (glej preglednico 30)	46.504	35,3
BIOPLIN	7.264	5,5
OSTANKI ZA ODLAGANJE	14.253	10,9
OSTANKI ZA SEŽIG	3.980	3,0
ODPADNE VODE	26.030	19,8
Vodni hlapi, mikrobio. poraba vode, veliki in nev. odp.	22.965	17,4
SKUPAJ	131.592	100,0

V AF se proizvede okoli 60 Nm<sup>3</sup> bioplina/t odpadkov, ki gredo v proces precejanja, na leto. Pri upoštevanju gostoti bioplina 1,2 kg/m<sup>3</sup> je to 7.264 ton bioplina, kar je primerljivo s proizvodnjo bioplina v podobni napravi v Kahlenbergu. Kurilna vrednost bioplina je med 4 in 7,5 kWh/m<sup>3</sup> oziroma med 14 in 27 MJ/m<sup>3</sup>, za nadaljnje izračune pa smo upoštevali KV=6 kWh/m<sup>3</sup> (Razlaga osnovnih..., 2008). Na plinskih agregatih se porabi 6.224 ton oziroma 5,19 milijonov m<sup>3</sup> bioplina, 1.040 ton bioplina oziroma 0,87 milijonov m<sup>3</sup> pa se ga uporabi kot gorivo na napravi RTO za sežig onesnaženega zraka.

V preglednici 32 so prikazane tiste ocenjene vrednosti parametrov trdnega goriva iz naprave, ki so potrebne za razvrščanje trdnega goriva v razrede in vlaga, ki je pomembna zaradi sosežiga v cementarni ali tudi v toplarni.

Preglednica 32: Vrednosti parametrov povprečnega TG iz naprave za MBO s precejanjem

Table 32: Parameter values for an average SRF from the MBT facility with percolation

Parameter	Enota	Vrednost
Kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	15
Klor (Cl)	%	$\leq 1$
Živo srebro (Hg)	mg/MJ	0,0 – 0,02
Kadmij (Cd)	mg/kg	$\leq 1$
Žveplo (S)	%	0,1 – 0,3
Vlaga	%	10 – 15

TG bi lahko uvrstili v 3. razred trdnega goriva z upoštevanjem, da je vsebnost žvepla manjša od 0,5%. Lahko bi se uporabilo kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi. Mi smo predvideli, da se TG odpelje na sosežig v cementarno, oddaljeno od Ljubljane okoli 100 km.

#### 6.3.3.4 Energetska bilanca

Z upoštevanjem podatkov in ocen porabe električne in toplotne energije, ki so jih predstavili Sabery (2004), priročnik Mechanical-Biological Treatment (2005) in Idejni projekt... (2006) smo ocenili letno porabo energije na napravi za MBO s precejanjem in jo prikazali v preglednici 33.

Prav tako smo ocenili letno proizvodnjo energije v procesu MBO s precejanjem z upoštevanjem proizvedene količine bioplina in podatka, da se iz enega Nm<sup>3</sup> bioplina na plinskih agregatih proizvede 1,9 kWh električne energije in 3,5 kWh toplotne energije, in jo prikazali v preglednici 34 (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006). 1.040 ton bioplina letno se porabi kot gorivo na napravi RTO, ki potrebuje 15,8 kWh/1.000 m<sup>3</sup> onesnaženega zraka (Wallmann in sod., 2008). Če ne bi imeli naprave za RTO, bi na plinskih motorjih proizvedli 12,5 KWh/t sprejetih odpadkov letno, več.

Preglednica 33: Letna poraba energije v procesu MBO s precejanjem

Table 33: The annual energy consumption in the MBT process with percolation

Letna poraba energije (MBO s precejanjem)	Električna energija		Toplotna energija	
	kWh/t	kWh	kWh/t	kWh
Poraba energije za mehansko obdelavo	10	1.315.920		
Poraba energije za biološko obdelavo (prec., AF, deh., bio-sušenje)	15	1.973.880	3	444.980
Poraba energije za mehansko ločevanje (vključeno TG)	7	921.144		
Priprava TG (sušenje, drobljenje na 20 mm)				
Poraba energije na biofiltrih	4	526.368		
Poraba energije na RTO			40	5.197.884
Poraba energije na ČN odpadne vode	6	767.885		
SKUPAJ poraba energije	42	5.505.197	43	5.642.864

Preglednica 34: Letna proizvodnja energije v procesu MBO s precejanjem

Table 34: The annual energy production in the MBT process with percolation

Letna proizvodnja energije (MBO z aeracijo brez sušenja TG)	Električna energija		Toplotna energija	
	kWh/t	kWh	kWh/t	kWh
Sežig 1.040 m <sup>3</sup> bioplina za čiščenje odpadnega zraka na RTO			40	5.197.884
Proizvodnja energije iz 6.244 m <sup>3</sup> bioplina na plinskih generatorjih	75	9.854.667	139	18.153.333
SKUPAJ energija iz bioplina	75	9.854.667	179	23.351.217

Lahko ugotovimo, da je naprava praktično energetska neodvisna od zunanjih virov energije in ima višek električne energije 4,3 mio kWh/leto (33 kWh/t), ki jih proda na trgu. Z njo se lahko oskrbuje okoli 1.100 gospodinjstev oziroma 10% gospodinjstev občine Ljubljana. Na plinskih agregatih nastane tudi višek velike količina toplotne energije, 17,7 mio kWh/leto (136 kWh/t), od tega je približno polovica toplotne energije akumulirane v hladilnih krogotokih, polovica pa v dimnih plinih. Toplotne energije ni možno prodati. Ob upoštevanju cene tople vode v toplovodnem omrežju mesta bi bilo smotno preučiti možnosti in ekonomsko upravičenost izkoriščanja toplotne energije za oskrbo bližnjih obstoječih in predvidenih sosesk, ki so oddaljene okoli 700 m, če upoštevamo lokacijo naprave na odlagališču Barje.

### 6.3.3.5 Vplivi na okolje in ljudi

Pri vplivih na okolje in ljudi ločimo emisije v zrak, v vodo in v tla, pa tudi hrup in vpliv na ohranjanje naravnih virov in na izgled pokrajine ter vpliv na zaposlovanje in zdravje zaposlenih in lokalnih prebivalcev.



**Emisije v zrak:** Glavni vir onesnaženja zraka so hlapne organske snovi in H<sub>2</sub>S (žveplovodik). Pri mehanski obdelavi se zrak onesnaži in ima TOC med 20 do 25 g/t sprejetih odpadkov. Smrad se giblje med 150 in 630 EV (enota vonjanja) na m<sup>3</sup>. Pojavlja se tudi prah. Pri AF, ki je zaprt sistem, so emisije malo verjetne razen pri polnjenju in praznjenju fermentorja. Lahko bi se zgodilo, da bi skozi varnostne ventile ali slabo tesnjene zaklopke za vodo ušel bioplin, kar bi pomenilo nevarnost požara in eksplozije ter onesnaženje zraka z metanom, žveplovimi in dušikovimi oksidi, CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>S. Bioplin iz AF ima TOC 0,0023 g/t odpadkov, smrad pa se giblje okoli 600 EV/m<sup>3</sup>. Emisije v zrak se pojavljajo tudi pri precejalniki in bio-sušenju v kontejnerjih, in sicer ima ta zrak TOC 500 do 720 g/t odpadkov brez metana ter še okoli 700 g/t odpadkov metana. Koncentracija smradu v zraku iz bio-sušenja je od 8.000 do 20.000 EV/m<sup>3</sup> (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

Onesnaženi zrak se ne širi izven posameznih objektov, saj se z odsesovanjem vodi na biofiltre oziroma na napravo za RTO, kot je to razvidno iz shematskega prikaza zajema in čiščenja odpadnega zraka na sliki 45.

S postopkom AF se zmanjšajo emisije toplogrednih plinov, saj se bioplin uporabi za proizvodnjo energije, prav tako pa se z odložitvijo majhne količine zmanjšajo emisije toplogrednih plinov z odlagališča (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

**Emisije v vodo:** Odpadna voda ima pred čiščenjem KPK od 6.000 do 24.000 mg O<sub>2</sub>/l, BPK5 od 2.500 do 5.000 mg O<sub>2</sub>/l ter N<sub>total</sub> od 800 do 1.200 mg N/l (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

Predvideni postopek potrebuje večjo količino procesne vode, in sicer predvsem za izpiranje odpadkov v precejalniki, vendar pa procesna voda recirkulira. Letno je potrebno na čistilni napravi za odpadne vode očistiti 26.030 t. Očiščena se vodi v kanalizacijo oziroma razsoljena vrača v precejalnike.

**Emisije v tla:** Kot emisije v tla smo upoštevali odložitev 14.253 t/leto ostankov odpadkov, ki jih je po slovenski zakonodaji dovoljeno odložiti na odlagališče nenevarnih odpadkov. To so

predvsem inertni odpadki iz mehanske obdelave in mehanske separacije po bio-sušenju ter pesek iz priprave perkolata pred AF.

**Hrup:** Vsa vgrajena oprema in naprave so nameščene v halah, tako da emisija hrupa v okolje zadošča slovenski zakonodaji glede dovoljene višine hrupa v okolju. Večji hrup povzročajo plinski agregati in kompresorji, zato so dodatno protihrupno izolirani. Hrup iz opreme in naprav v mehanski obdelavi se giblje okoli 100 dBA, to je hrup v hali (Sabery, 2004).

Območje odlagališča, na katerem so locirani objekti za obdelavo odpadkov, se nahaja v IV. območju varstva pred hrupom, okolica odlagališča pa v III. območju varstva pred hrupom. Lokacija naprave je na obstoječem odlagališču nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani. Obstoječa naselja so oddaljena okoli 800 m, predvidena pa je nova soseska na razdalji 500 m. Odlagališče se zajeda v območje Nature 2000, v območje, okarakterizirano kot ekološko pomembno območje, in v predvideni krajinski park Ljubljansko barje.

**Ohranjanje naravnih virov:** S proizvodnjo in sežigom 46.504 ton letno TG, od tega 14.626 ton TG s kurilno vrednostjo 15 MJ/kg iz grobe lahke frakcije PMKO in 31.878 ton TG s kurilno vrednostjo 15 MJ/kg iz srednje frakcije po bio-sušenju perkotrata, potrebujemo v cementarni ali toplarni sorazmerno, okoli 32.500 ton letno, manj rjavega premoga ali drugega naravnega vira za pridobitev cementa oziroma toplote. Po našem mnenju bo v doglednem času morale priti do sprememb pri vrednotenju TG. Sežig TG je namreč potrebno v toplarnah in cementarnah drago plačati, v najboljšem primeru vzamejo v cementarnah TG z visoko kurilno vrednostjo brezplačno. Dodaten prihranek naravnih virov dosežemo tudi z uporabo 7.264 t bioplina, in sicer 1.040 ton letno kot gorivo za napravo RTO in 6.244 t za proizvodnjo električne energije.

**Vpliv na izgled pokrajine:** Posamezni objekti se lahko arhitekturno oblikujejo tako, da se bodo v največji meri vklopili v obstoječo pokrajino in ne bodo pokvarili izgleda pokrajine, kar je tudi bistven element sociološkega vidika trajnostnega razvoja. Zaradi izgradnje naprave za obdelavo odpadkov se lahko zmanjša vrednost nepremičnin v njeni okolici, zato je potrebno preprečiti emisije nad dovoljeno mejo ter poskrbeti za prijazen videz naprave, da do tega ne pride.

**Število zaposlenih:** Predvidena je zaposlitev 37 delavcev, kar pozitivno vpliva na odnos ljudi do naprave, saj je brezposelnost iz dneva v dan večja. Delo naj bi potekalo v dveh izmenah od ponedeljka do petka.

**Zdravje zaposlenih in lokalnih prebivalcev:** Ob uporabi ustreznih zaščitnih sredstev naprava nima vpliva na zdravje zaposlenih oziroma ga ne slabša. Naprava nima vpliva na zdravje lokalnih prebivalcev, saj so upoštevani vsi ukrepi za preprečevanje emisij v zrak, vodo, tla, prekomernega hrupa, zagotovljeni pa naj bi bili tudi pozitivni sociološki vidiki naprave. **Klice in mikroorganizmi** so v velikem številu prisotni v PMKO. Pri nesortiranih PMKO so v Nemčiji izmerili preko  $10^5$  EGK (enota gradnje kolonije) na  $m^3$ , takšna koncentracija je bila izmerjena tudi v kabinah nakladalnikov in pri izločanju škodljivih snovi iz PMKO in lahko sklepamo, da se bodo takšne vsebnosti pojavile tudi na naši napravi. Takšne koncentracije lahko vplivajo na zdravje zaposlenih, če ni rednega odsesovanja onesnaženega zraka iz hal, pri neustreznem transportu PMKO pa tudi na zdravje prebivalcev v okolici naprave za MBO (Sabery, 2004)

### 6.3.3.6 Investicijski stroški

Iz preglednice 35 lahko vidimo, da je investicijska vrednost naprave za MBO z uporabo precejjanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih 73,2 milijonov oziroma 557 €/tono sprejetih odpadkov.

Preglednica 35: Investicijski stroški naprave za MBO s precejjanjem

Table 35: The investment costs of the MBT facility with percolation

Vrsta stroškov (MBO s precejjanjem)	€
1. Inv. stroški glavnih postavk	19.930.000
2. Inv. stroški direktnih stranskih postavk	35.874.000
3- Inv. stroški indirektnih stranskih postavk	13.951.000
Investicijski stroški osnovnih sredstev (1 + 2 + 3)	69.755.000
Stroški obratnih sredstev	3.487.750
<b>Investicijski stroški</b>	<b>73.242.750</b>
<b>Specifični investicijski stroški (€/t)</b>	<b>557</b>

### 6.3.3.7 Obratovalni stroški

Preglednica 36: Obratovalni stroški naprave za MBO s precejanjem

Table 36: The operating costs of the MBT facility with percolation

<b>Vrsta stroškov (MBO s precejanjem)</b>	<b>€/leto</b>
1. Bruto obratovalni stroški	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 TG	697.560
1.4.1. Strošek prevoza	697.560
1.4.2. Strošek sežiga	0
2. Prihodek	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
3. Neto obratovalni stroški	11.791.813
<b>4. Specifični bruto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>100</b>
<b>5. Specifični neto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>90</b>

Iz preglednice 36 lahko vidimo, da so specifični bruto obratovalni stroški naprave za MBO z uporabo precejanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih 100 €/tono sprejetih odpadkov, neto obratovalni stroški, to so bruto obratovalni stroški, zmanjšani za prihodke od

prodaje sekundarnih surovin in električne energije, pa 90 €/tono sprejetih odpadkov. Cementarna sprejme to TG, ki ima kurilno vrednost okoli 15 MJ/kg, brezplačno.

V primeru, da bi cementarna pokrila strošek prevoza TG, kot nadomestilo za prejem TG, bi se specifični neto obratovalni stroški zmanjšali na 84 €/tono sprejetih odpadkov. Za vsako nadaljnje plačilo 1 €/tono TG bi se specifični obratovalni stroški zmanjšali za 1 €/tono sprejetih odpadkov. Mogoče se bo to zgodilo, ko bo zares začelo primanjkovati naravnih virov in se bodo le-ti zelo podražili.

Bruto obratovalne stroške smo razdelili na fiksne in variabilne in prikazali v preglednici 37.

Preglednica 37: Fiksni in variabilni stroški naprave za MBO s precejanjem

Table 37: The MBT facility with percolation fixed and variable costs

Vrsta stroškov (MBO s precejanjem)	€/leto
<b>1. Fiksni stroški</b>	<b>4.678.375</b>
1.1. Stroški amortizacije	3.487.750
1.2. Stroški vodstva, uprave	144.300
1.3. Davki in zavarovanja	1.046.325
<b>2. Variabilni stroški</b>	<b>8.455.445</b>
2.1. Stroški energije	503.338
2.2. Stroški dela	962.000
2.3. Stroški potrošnega materiala	348.775
2.4. Vzdrževalni stroški	3.986.000
2.5. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov	911.447
2.6. Strošek sežiga TG	697.560
2.7. Ostali stroški	1.046.325
<b>3. Skupni letni obratovalni stroški (bruto)</b>	<b>13.133.820</b>
<b>4. Specifični letni obratovalni stroški (bruto) (€/t)</b>	<b>100</b>

### 6.3.4 MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo

#### 6.3.4.1 Opis procesa, blok shema in procesna shema

Proces obdelave odpadkov v tej napravi lahko razdelimo na naslednje enote: sprejem in mehansko obdelavo s pripravo TG, dvofazno mokro mezofilno anaerobno fermentacijo in stabilizacijo tekočega digestata z aeracijo.

**Odpadki se sprejemajo** v zaprti sprejemni hali, kamor se pripeljejo skozi dvižna vrata. Letno se sprejme 131.529 ton PMKO. V hali nakladalnik in grabilni bager nalagata odpadke na transportni trak, ki transportira odpadke v halo za **mehansko obdelavo**, kjer se grobo zdrobijo v drobilniku za drobljenje na velikost 300 mm in vodijo na bobnasto sito. Na bobnastem situ se ločijo na 79.862 t/leto grobe frakcije od 40 do 300 mm in na 51.730 t/leto fine frakcije, manjše od 40 mm.

Groba frakcija se vodi na magnetni separator, kjer se izločijo železne oziroma elektromagnetne kovine, po izločitvi elektromagnetnih kovin pa se groba frakcija v zračnem separatorju loči na lahko in težko frakcijo.

Lahka frakcija, 63.348 t letno, gre na optično ločevanje PVC z NIR in naprej v pripravo trdnega goriva.

Pri **pripravi trdnega goriva** iz grobe lahke frakcije med 40 in 300 mm smo ločili dve varianti obdelave, in sicer varianto s sušenjem TG in varianto brez sušenja TG.

- a) Priprava TG s sušenjem: pri tej varianti gre groba lahka frakcija odpadkov po optičnem ločevanju PVC z NIR v drobilnik, kjer se zdrobi na velikost 150 mm in vodi naprej v tračni sušilec, kjer se, skupaj z 5.806 t/leto lahke frakcije iz težnostnega separatorja pred hidrolizerjem, posuši do vsebnosti vlage med 10 in 15% tudi s pomočjo toplotne energije iz bioplina. Iz tračnega sušilca se vodijo odpadki na drobilnik, kjer se zdrobi na velikost 25 mm in vodi naprej na vibracijsko sito, od koder se delci, večji od 25 mm, vračajo nazaj v drobilnik. Na ta način pripravimo 54.270 t/leto TG s kurilno vrednostjo okoli 15 MJ/kg.
- b) Priprava TG brez sušenja: pri tej varianti gre groba lahka frakcija odpadkov po optičnem ločevanju PVC z NIR v drobilnik, kjer se, skupaj s 5.806 t/leto lahke frakcije iz težnostnega separatorja pred hidrolizerjem zdrobi na velikost 25 mm in vodi naprej na vibracijsko sito, od koder se delci, večji od 25 mm vračajo nazaj v drobilnik. Na ta način pripravimo 67.838 t/leto TG s kurilno vrednostjo okoli 11 MJ/kg in vlago okoli 40%.

Težka frakcija, 13.874 t/leto, izločena na zračnem separatorju, se vodi na separator z vrtinčastim tokom, kjer se izločijo barvne kovine. Po izločitvi le-teh se pretežno inertna frakcija odlaga.

Fina frakcija, manjša od 40 mm, 51.730 t/leto, izločena na bobnastem situ na začetku mehanske obdelave, se vodi preko magnetnega separatorja, kjer se izločijo železne kovine in preko separatorja z vrtinčastim tokom, kjer se izločijo barvne kovine, naprej v biološko obdelavo.

Izločene železne in barvne kovine ter izločeni PVC gredo v reciklažo.

Fina frakcija PMKO, ki pride v biološko obdelavo, se najprej homogenizira v štirih mešalnikih, kamor se dodaja voda. Iz mešalnikov gre suspenzija v težnostni separator, ki deluje po principu usedanja in plavanja. V težnostnem separatorju se izloči težko frakcijo: kamni, steklo, keramika, pesek, ki je v pretežni meri primerna za odlaganje in lažjo plavajočo frakcijo: plastika, les. Po težnostnem separatorju gre suspenzija s 37.215 t/leto trdnih delcev v prvo stopnjo **anaerobne fermentacije**, hidrolizo. Hidroliza se izvede v fermentorju, ki ga poimenujemo kar hidrolizer. Iz hidrolizerja gre suspenzija v dva anaerobna fermentorja, kjer se pri temperaturi okoli 37°C in zadrževalnem času okoli 21 dni v procesu acidogeneze in metanogeneze tvori okoli 3,7 milijonov m<sup>3</sup> ali 4.466 ton letno bioplina oziroma 100 m<sup>3</sup>/t odpadkov, ki gredo v biološko obdelavo (Reference...for the Waste Treatments Industries, 2006). V proces anaerobne fermentacije dodajamo železov triklorid (zaradi odžvepljevanja bioplina), lahko pa tudi antipenilec. Proizvedeni bioplin se preko plinskega rezervoarja vodi v energetske izrabo na plinske agregate kontejnerske izvedbe, za rezervo pa je možnost kurjenja bioplina na bakli.

**Stabilizacijo tekočega digestata z aeracijo** lahko imenujemo tudi mokra oksidacija, mokra aeracija. Suspenzija, tekoči digestat iz AF, ki ima okoli 2% suhe snovi, se polni v dve liniji s petimi zaprtimi bazeni, kjer poteka mokra oksidacija 32.749 t/leto snovi. V bazenih poteka razgradnja preostalega ogljika in nitrifikacija. Biološko se razgradi okoli 3% biološko razgradljivih snovi, vsebnost amonijaka se zmanjša iz 600 mg NH<sub>4</sub>-N/l v povprečju na 30 mg NH<sub>4</sub>-N/l, stopnja nitrifikacije je 340 mg N/l. BPK<sub>5</sub> (biološka poraba kisika po 5 dneh) je pri vstopu v prvi bazen okoli 1.000 mg O<sub>2</sub>/l, po končani aeraciji pa okoli 200 mg O<sub>2</sub>/l. V prvem bazenu se izvrši 90% zmanjšanje. KPK (kemična poraba kisika) je pri vstopu v aeracijo okoli 13.000 mg O<sub>2</sub>/l, na izstopu pa okoli 7.000 mg O<sub>2</sub>/l (Heerenklage in sod., 2007). Razmerje

BPK<sub>5</sub>/KPK na izhodu iz aeracije je 0,03, kar kaže na zelo nizko biološko razgradljivost aeriziranega digestata (Sieksmeyer, Stockinger, 2008).

Proces poteka kaskadno od prvega do petega bazena. V bazenih so vgrajena mešala, ki mešajo digestat, v bazene pa se vpihuje komprimiran zrak. Tekoči digestat je v procesu aeracije okoli 20 dni, aeraciji pa sledi dehidracija z dvema centrifugama. V procesu lahko pred dehidracijo dodamo flokulante. Po dehidraciji je v dobljeni pogači od 30 do 50% suhe snovi, procesna voda pa se iz centrifug vrne v mešalnike pred AF.

Dehidrirani digestat, 23.688 t/leto, se lahko odlaga na odlagališče, saj so devetmesečne analize digestata na napravi za MBO v Lübecku, ki prav tako uporablja mokro oksidacijo tekočega digestata, pokazale, da je izmerjeni DOC ves čas manjši od 140 mg/l, amonijak manjši od 80 mg/l in GB<sub>21</sub> manjši od 20 l/kg suhe snovi, prav tako pa so to dokazale tudi analize BPK<sub>5</sub> in KPK v bazenih za aeracijo na navedeni napravi (Sieksmeyer, Stockinger, 2008).

Podatka o analizah in vrednosti TOC v dehidriranem digestatu nismo uspeli najti v literaturi. V Nemčiji, kjer je prav tako mejna vrednost za odlaganje na odlagališče TOC 18% s.s., lahko upravljavci naprav namesto mejne vrednosti TOC izberejo kot mejno vrednost zgornjo kalorično vrednost 6.000 kJ/kg, vendar je lažje doseči mejno vrednost TOC kot mejno vrednost zgornje kalorične vrednosti (Kühle-Weidemeier, 2009).

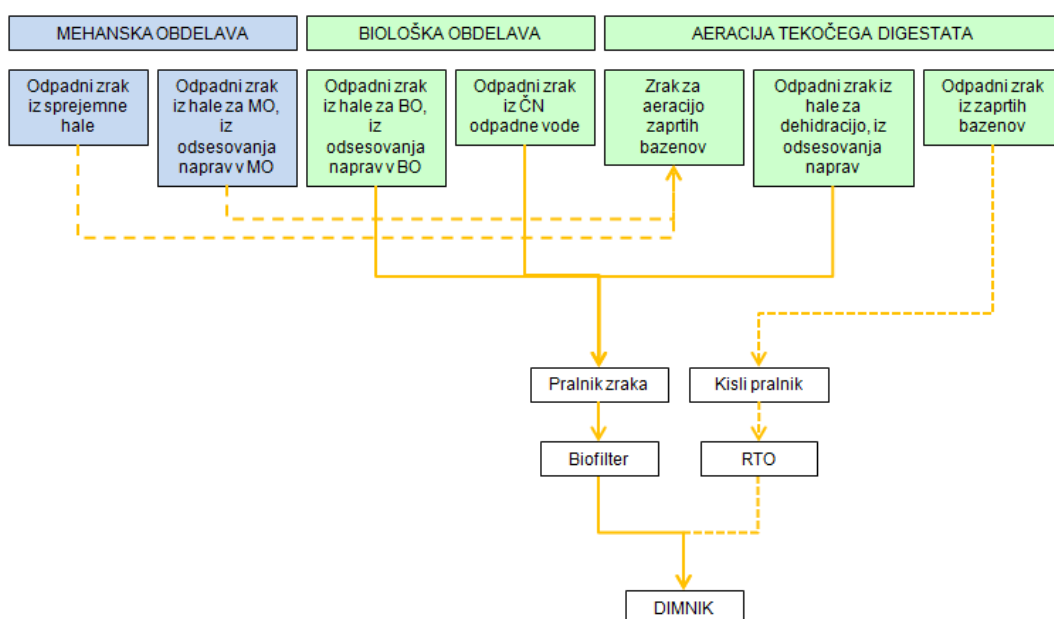
Januarja 2008 smo si ogledali napravo za MBO v Lübecku, kjer so nam dali vzorec dehidriranega digestata, ki je prikazan na sliki 49. Vzorec je spomladi 2008 analiziral Kemijski inštitut in določil, da je TOC enak 20% suhe snovi, zgornja kalorična vrednost 8.957 kJ/kg suhe snovi in izračunana KV= 2.400 kJ/kg. Pri ogledu naprave so nas opozorili, da imajo težave pri mokri oksidaciji, tako da sklepamo, da zaradi teh težav odvzeti vzorec digestata ni imel TOC manjši od 18%, tako kot so nam povedali upravljavci naprave.





Slika 50: Prejeti vzorec digestata

Figure 50: The received sample of digestate



Slika 51: Shematski prikaz zajema in čiščenja odpadnega zraka pri MBO z aeracijo

Figure 51: The schematic view of the capture and purification of exhaust air in the MBT with aeration

**Čiščenje odpadnega zraka:** zrak iz hale za sprejem odpadkov in hale za mehansko obdelavo ter iz odsesovanja glavne procesne opreme se porabi v zaprtih bazenih za aeracijo digestata, višek pa se očisti na biofiltrih. Pred biofiltri se zrak očisti še v pralniku zraka. Odpadni zrak iz zaprtih bazenov za aeracijo se očisti na napravi za RTO. Pred napravo za RTO je nameščen

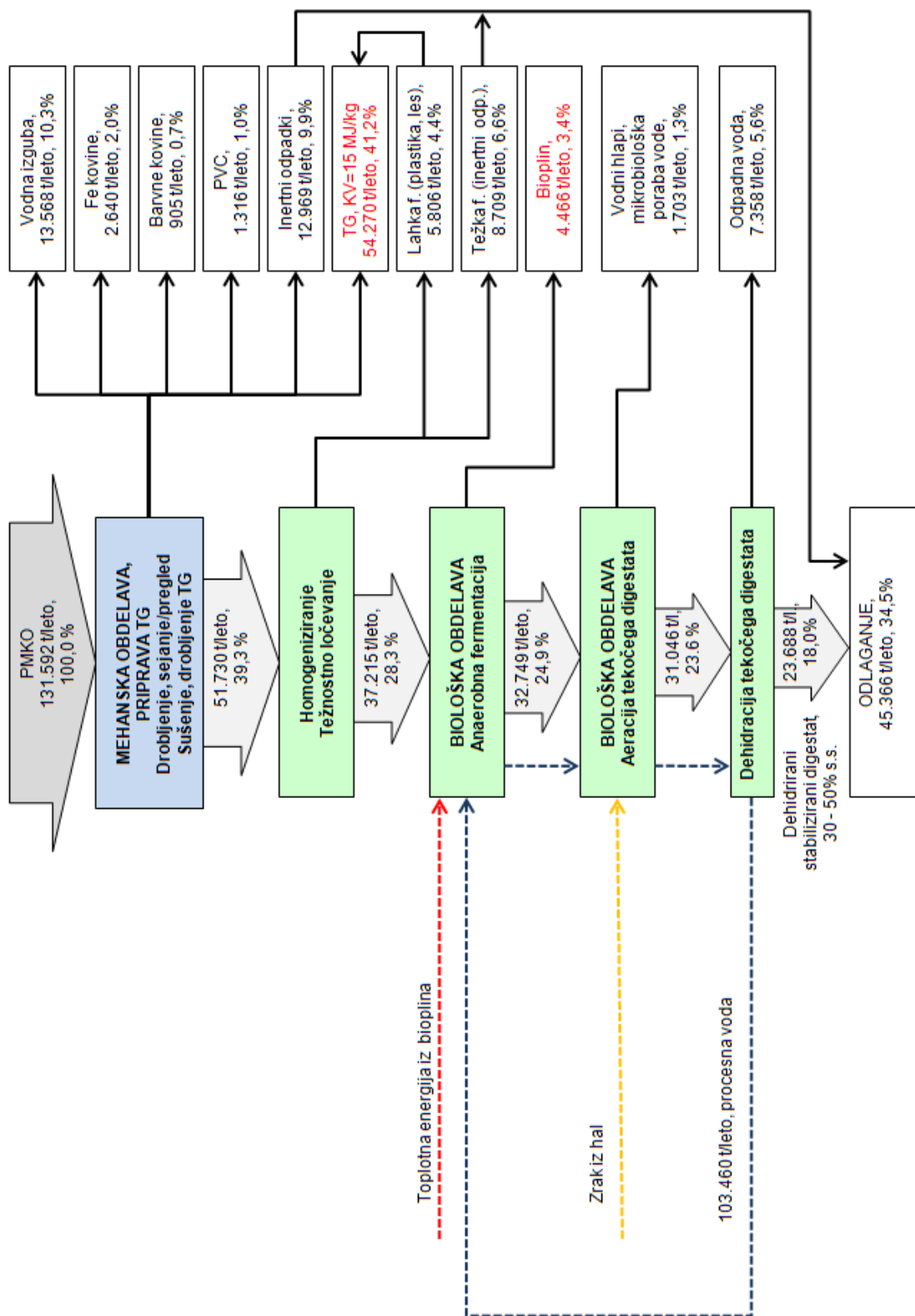
kisli pralnik. Očiščeni odpadni zrak se spušča v ozračje preko visokega dimnika. Naprava za RTO uporablja kot gorivo za sežig plinov 1.040 t bioplina s kurilno vrednostjo 6 kWh/m<sup>3</sup> (21,6 MJ/m<sup>3</sup>), proizvedenega pri AF. Na napravi za RTO je potrebna poprečna energija 15,8 kWh/1.000 m<sup>3</sup> onesnaženega zraka (Wallmann in sod., 2008). Skupno je potrebno očistiti 7.500 m<sup>3</sup> zraka/t odpadkov, in sicer na biofiltrih 5.000 m<sup>3</sup>/t in na napravi za RTO 2.500 m<sup>3</sup>/t (Sabery, 2004). Na sliki 51 je shematski prikaz zajema in čiščenja odpadnega zraka.

**Čiščenje odpadne vode** se izvede na čistilni napravi odpadnih vod, kjer se uporabi postopek denitrifikacije, nitrifikacije, ultra filtracije in filtracije z aktivnim ogljem ter tako očisti 7.358 m<sup>3</sup> odpadne vode.

V nadaljevanju prikazujemo blok shemi in procesni shemi naprave za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo, in sicer:

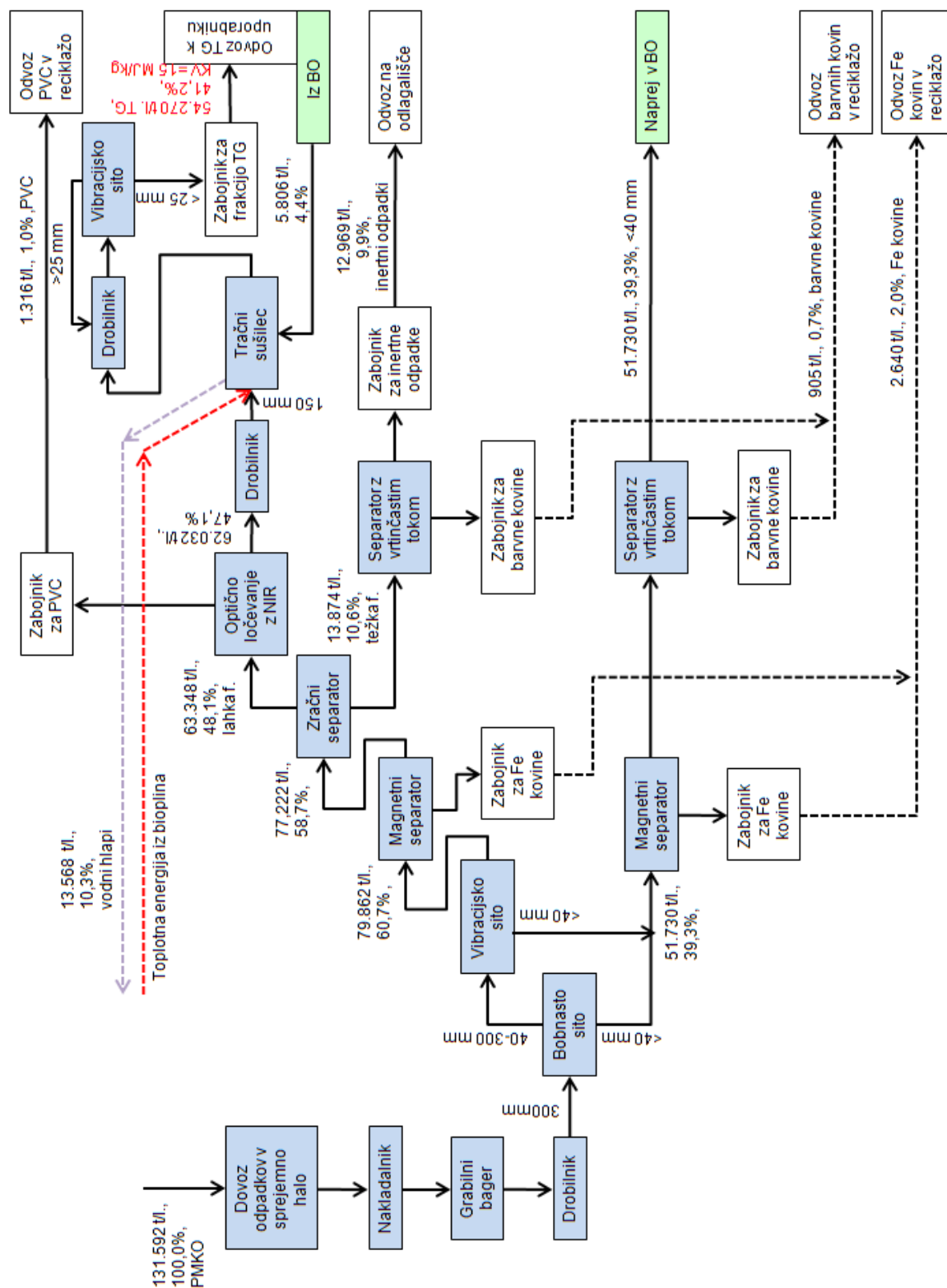
- a) s sušenjem trdnega goriva
- b) brez sušenja trdnega goriva.

- a) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG



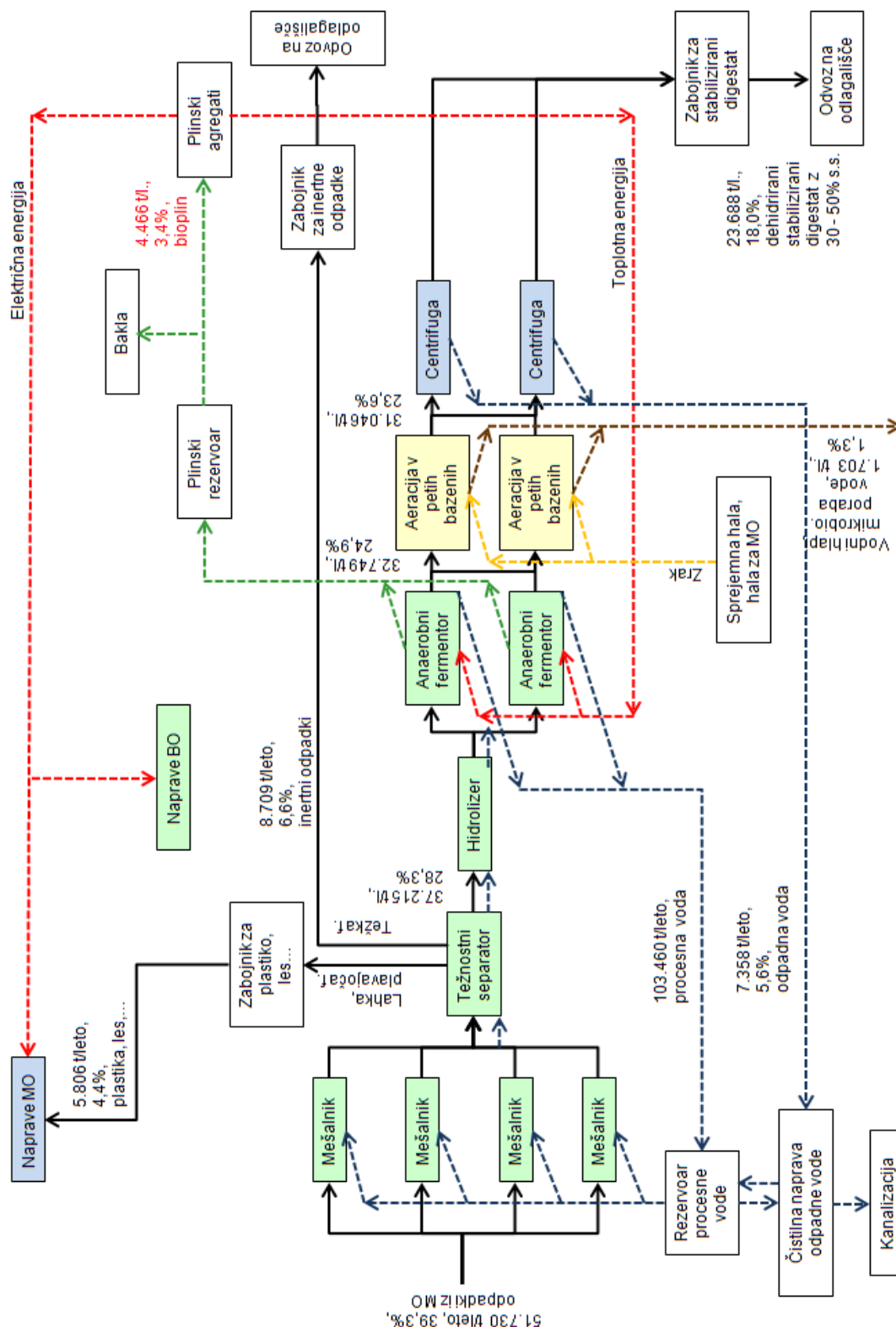
Slika 52: Blok shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG

Figure 52: The block scheme of the MBT facility with aeration with SRF drying



Slika 53: Procesna shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG – MEH. OBDELAVA

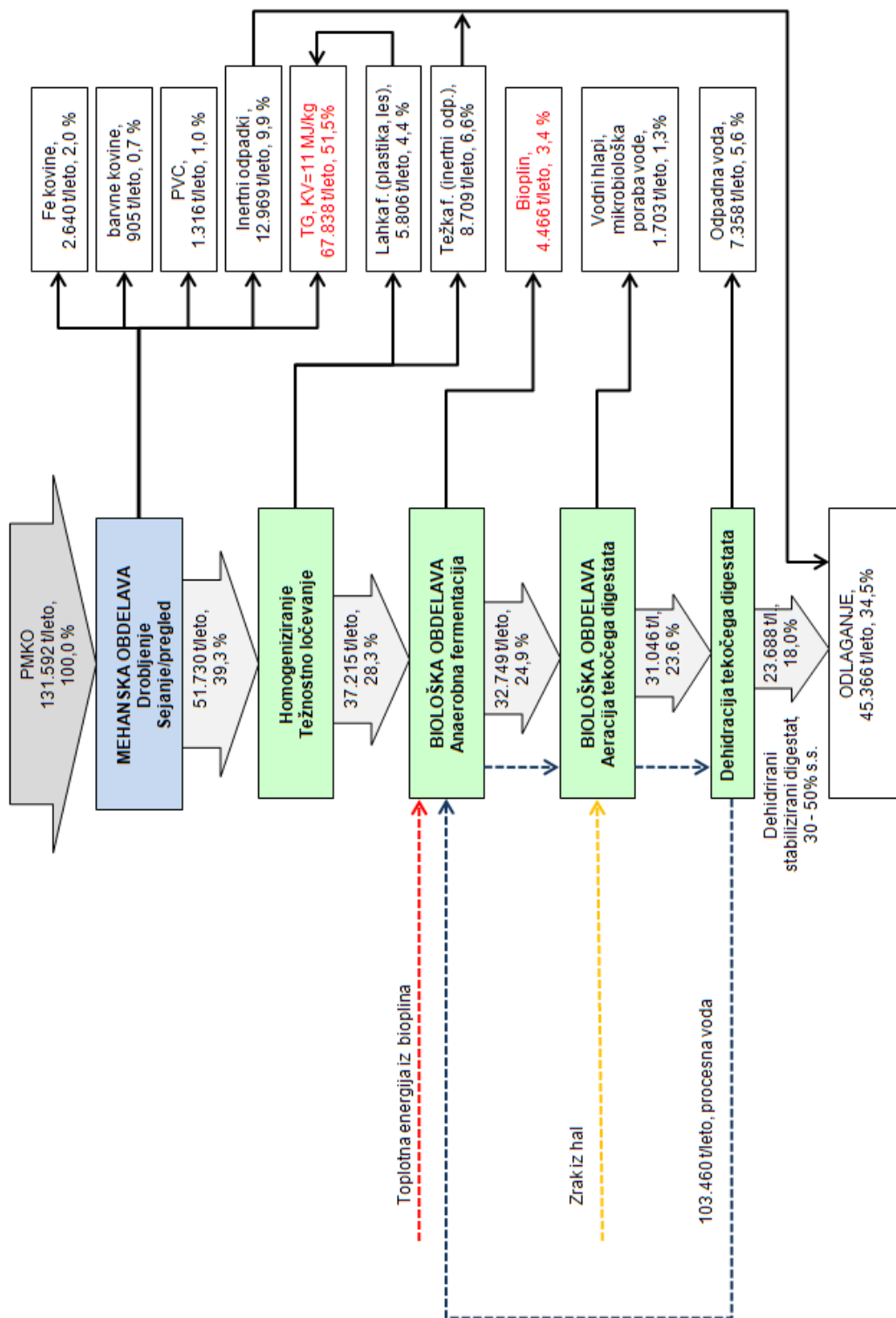
Figure 53: The process scheme of the MBT facility with aeration with SRF drying – MECHANICAL TREATMENT



Slika 54: Procesna shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG – BIO. OBDELAVA

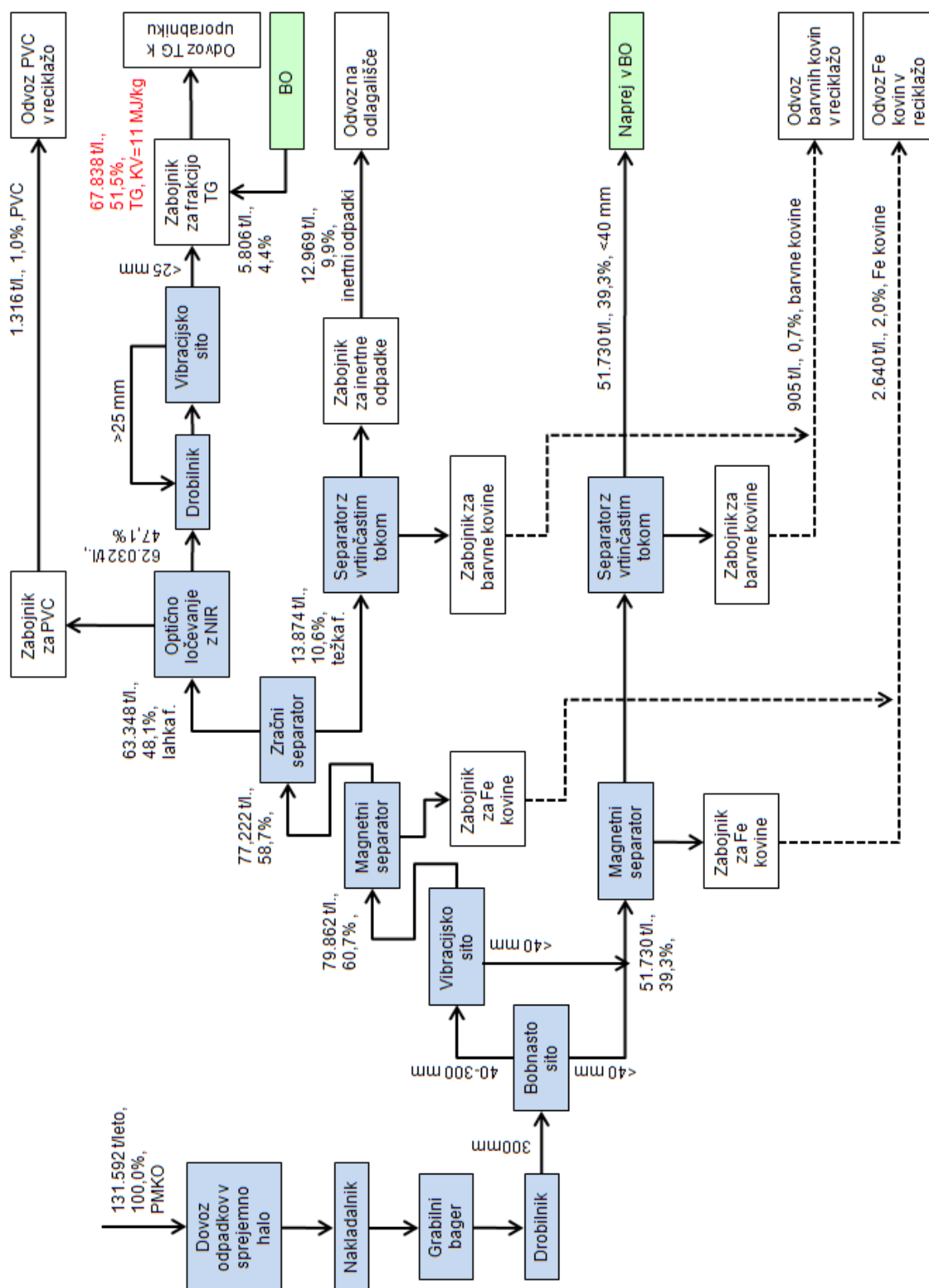
Figure 54: The process scheme of the MBT device with aeration with SRF drying – BIOLOGICAL TREATMENT

b) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo brez sušenja TG



Slika 55: Blok shema naprave MBO z aeracijo brez sušenja TG

Figure 55: The block scheme of the MBT facility with aeration without SRF drying



Slika 56: Procesna shema naprave MBO z aeracijo brez sušenja TG - MEH. OBDELAVA

Figure 56: The process scheme of the MBT facility with aeration without SRF drying – MECHANICAL TREATMENT

Procesna shema naprave MBO z aeracijo brez sušenja TG - BIOLOŠKA OBDELAVA je enaka kot procesna shema naprave MBO z aeracijo s sušenjem TG - BIOLOŠKA OBDELAVA in je prikazana na sliki 54.

#### **6.3.4.2 Potrebna površina za umestitev naprave v prostor**

Napravo sestavlja 8 objektov oziroma sklopov:

- objekt za sprejem odpadkov okvirne velikosti 1.000 m<sup>2</sup>
- objekt za mehansko obdelavo in pripravo TG okvirne velikosti 2.600 m<sup>2</sup>
- plato z anaerobnimi fermentorji, plinskim rezervoarjem in plinskimi agregati okvirne velikosti 2.000 m<sup>2</sup>
- objekt z zaprtimi bazeni za aeracijo mokrega digestata okvirne velikosti 1.100 m<sup>2</sup>
- objekt za dehidracijo stabiliziranega digestata okvirne velikosti 900 m<sup>2</sup>
- plato s pralniki, biofiltri in napravo za RTO okvirne velikosti 400 m<sup>2</sup>
- čistilna naprava odpadnih vod okvirne velikosti 400 m<sup>2</sup>
- minimalne manipulacijske površine, dovozni platoji, ceste, funkcionalne površine stavb okvirne velikosti 16.800 m<sup>2</sup>.

Potrebna površina za objekte je 8.400 m<sup>2</sup>, za minimalne manipulacijske površine, dovozne platoje, ceste, funkcionalne površine stavb 16.800 m<sup>2</sup>, skupna minimalna potrebna površina za postavitev naprave pa je 25.200 m<sup>2</sup>.

#### **6.3.4.3 Masna bilanca in lastnosti produktov**

- a) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG

Iz preglednice 38 je razvidna masna bilanca procesa MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG.



Preglednica 38: Prikaz masne bilance procesa MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 38: The scheme of mass-balance of the MBT process with aeration with SRF drying

MASNA BILANCA (MBO z aeracijo s sušenjem TG)	VHOD (t/l.)	IZHOD (t/l.)
<b>1. PMKO</b>	<b>131.592</b>	
1.1. PMGO	108.033	
1.2. POSD	23.559	
<b>2. ŽELEZNE KOVINE</b>		<b>2.640</b>
2.1. MO		2.640
<b>3. BARVNE KOVINE</b>		<b>905</b>
3.1. MO		905
<b>4. STEKLO</b>		
<b>5. PVC</b>		<b>1.316</b>
5.1. MO		1.316
<b>6. TG</b>		<b>54.270</b>
6.1. MO; KV=15 MJ/kg (sušeno)		49.626
6.2. Lahka f. iz priprave za AF; KV=15 MJ/kg (sušeno)		4.645
<b>7. KOMPOST</b>		
<b>8. POSUŠENI STABILIZIRANI DIGESTAT</b>		<b>23.688</b>
8.1. Posušeni stabilizirani digestat		23.688
<b>9. BIOPLIN</b>		<b>4.466</b>
9.1. AF v BO		4.466
<b>10. OSTANKI ZA ODLAGANJE</b>		<b>21.678</b>
10.1. Inertni odpadki iz MO		12.969
10.2. Težka frakcija iz težnostnega separatorja v BO		8.709
<b>11. OSTANKI ZA SEŽIG</b>		
<b>12. ODPADNE VODE</b>		<b>7.358</b>
12.1. Dehidracija digestata v BO		7.358
<b>13. OSTALO</b>	<b>103.460</b>	<b>118.731</b>
13.1. Vodni hlapi pri razkroju pri mokri oksidaciji		1.703
13.2. Vodni hlapi pri sušenju TG		13.568
13.3. Sveža voda v mešalnike (recirkulacija)	103.460	103.460
<b>14. SKUPAJ</b>	<b>235.052</b>	<b>235.052</b>

Pri masni bilanci nismo upoštevali, vendar bi v procesu AF dodali še:

- antipenilec: 50 g/t odpadkov, ki gredo v AF
- flokulant za boljšo dehidracijo digestata: 60 g/t odpadkov, ki gredo v AF
- FeCl<sub>3</sub> (železov triklorid) za boljše odžvepljevanje bioplina: 3.000 g/t odpadkov, ki gredo v AF (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

V procesu se skupaj izloči okoli 2,7% vhodne količine odpadkov kovin, ki se prodajo kot sekundarne surovine in 1% PVC. Inertni odpadki se ponovno uporabijo pri gradnji ali se odložijo na odlagališče za inertne odpadke in se jih izloči 16,5%. Okoli 11,6% je vodnih

hlapov in mikrobiološke porabe vode ter odpadne vode okoli 5,6%. Odpadna voda se očisti na čistilni napravi. Pri AF se proizvede okoli 3,4% bioplina glede na vhodno količino odpadkov, ki se ga uporabi za proizvodnjo energije za lastno porabo. Okoli 41,2% je posušenega TG s KV=15 MJ/kg, ki se ga v našem primeru uporabi za sosežig v cementarni. Na odlagališče se odloži 18,0% dehidriranega stabiliziranega digestata s TOC manjšim od 18% in 30 do 50% suhe snovi. V preglednici 39 so prikazane izhodne količine iz procesa MBO z aeracijo s sušenjem TG.

Preglednica 39: Prikaz izhodnih količin iz procesa MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 39: The schematic view of output quantities in the MBT process with aeration with SRF drying

<b>PRIKAZ IZHODA (MBO z aeracijo s sušenjem TG)</b>	<b>IZHOD (t/l.)</b>	<b>IZHOD (%)</b>
Fe KOVINE	2.640	2,0
BARVNE KOVINE	905	0,7
PVC	1.316	1,0
TG, KV=15 MJ/kg	54.270	41,2
BIOPLIN	4.466	3,4
OSTANKI ZA ODLAGANJE	21.678	16,5
DEHIDRIRANI STABILIZIRANI DIGESTAT	23.688	18,0
ODPADNE VODE	7.358	5,6
Vodni hlapi pri razkroju digestata in sušenju TG	15.271	11,6
SKUPAJ	131.592	100,0

V AF se proizvede okoli 100 Nm<sup>3</sup> bioplina/t odpadkov, ki gredo v proces AF, na leto (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006). Pri upoštevanju gostoti bioplina 1,2 kg/m<sup>3</sup> je to 4.466 t bioplina. Kurilna vrednost bioplina je med 4 in 7,5 kWh/m<sup>3</sup> oziroma med 14 in 27 MJ/m<sup>3</sup>, za nadaljnje izračune pa smo upoštevali KV=6 kWh/m<sup>3</sup> (Razlaga osnovnih..., 2008). Na plinskih agregatih se porabi 3.426 t oziroma 2,86 milijonov m<sup>3</sup> bioplina, 1.040 t bioplina oziroma 0,87 milijonov m<sup>3</sup> pa se ga uporabi kot gorivo na napravi RTO za sežig onesnaženega zraka.

V preglednici 40 so prikazane tiste ocenjene vrednosti parametrov 54.270 t/leto trdnega goriva iz naprave, ki so potrebne za razvrščanje trdnega goriva v razrede, in vlaga, ki je pomembna zaradi sosežiga v cementarni ali tudi v toplarni.

Preglednica 40: Vrednosti parametrov poprečnega TG iz naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 40: Parameter values of an average SRF from the MBT facility with aeration with drying SRF

Parameter	Enota	Vrednost
Neto kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	15
Klor (Cl)	%	≤ 1
Živo srebro (Hg)	mg/MJ	0,0 – 0,02
Kadmij (Cd)	mg/kg	≤ 1
Žveplo (S)	%	0,1 - 0,3
Vlaga	%	10 - 15

TG bi lahko uvrstili v 3. razred trdnega goriva z upoštevanjem, da je vsebnost žvepla manjša od 0,5%. Lahko bi se uporabilo kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi. Mi smo predvideli, da se TG odpelje na sosežig v cementarno, oddaljeno od Ljubljane okoli 100 km.

Z aeracijo mokrega digestata v zaprtih bazenih zagotovimo, glede na rezultate opravljenih analiz na podobni napravi v Nemčiji, ki so navedene v poglavju 6.3.4.1, da se tako stabilizirani digestat lahko odloži na odlagališču. Devetmesečne analize digestata na podobni napravi v Lubecku so pokazale, da je izmerjeni  $TOC_{eluat}$  ves čas manjši od 140 mg/l, amonijak manjši od 80 mg/l in  $GB_{21}$  manjši od 20 l/kg suhe snovi, razmerje  $BPK_5/KPK$  na izhodu iz aeracije je 0,03, kar kaže na zelo nizko biološko razgradljivost aeriziranega digestata (Sieksmeyer, Stockinger, 2008). Po dehidraciji nastane 23.688 ton na leto stabiliziranega digestata z vsebnostjo suhe snovi od 30 do 50% in TOC odpadka < 18%, ki se odloži na odlagališče nenevarnih odpadkov. Način ocene TOC je opisan v poglavju 6.3.4.1.

V preglednici 41 so prikazane tiste ocenjene vrednosti parametrov okoljske kakovosti stabiliziranega posušenega digestata iz naprave, ki so potrebne za razvrščanje digestata v razrede okoljske kakovosti ter vrednosti TOC, KV in  $AT_4$ .

Preglednica 41: Vrednosti parametrov poprečnega stabiliziranega posušenega digestata iz naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 41: Parameter values of an average stabilized dried digestate from MBT facility with aeration with drying SRF

Parameter	Enota	Vrednost
TOC	%	< 18
Kurilna vrednost (KV)	MJ/kg	< 6
Kadmij (Cd)	mg/kg	< 1 - 2,5
Krom (Cr celotni)	mg/kg	< 50 - 290
Baker (Cu)	mg/kg	73 - 620
Živo srebro (Hg)	mg/kg	< 0,02
Nikelj (Ni)	mg/kg	< 50 - 52
Svinec (Pb)	mg/kg	≤ 50
Cink (Zn)	mg/kg	< 130 - 360
AT <sub>4</sub>	mg O <sub>2</sub> /g	< 10

Mejna vrednost za vlago oziroma za suho snov v odpadkih, ki jo je potrebno doseči za dovoljenje za odlaganje v Nemčiji, je 65% suhe snovi v odpadkih. V Sloveniji nimamo predpisa, ki bi tako kot v Nemčiji, pogojeval 65% suhe snovi v odpadkih za odložitev. V primeru, da bi se odločili za termično sušenje digestata v bobnastih sušilcih, bi se procent suhe snovi v stabiliziranem digestatu zvišal na okoli 70% in količina odpadkov za odložitev zmanjšala iz 23.688 ton na okoli 14.426 ton oziroma 11% vseh vhodnih odpadkov letno.

b) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo brez sušenja TG

V primeru, da TG ne sušimo, se okvirna masna bilanca spremeni le v dveh postavkah: količina TG se poveča na 67.838 t/leto (51,5%) in ima povprečno kurilno vrednostjo 11 MJ/kg in vlago okoli 40% ter zmanjšajo se vodni hlapi na 1.703 t/leto (1,3%).

TG bi lahko uvrstili v 4. razred trdnega goriva z upoštevanjem, da je vsebnost žvepla manjša od 0,5%. Lahko bi se uporabilo kot gorivo v katerikoli napravi za sosežig odpadkov, za kar bi bilo potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za sosežiganje odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja sežiganje odpadkov z izjemo uporabe kot gorivo v mali in srednje veliki kurilni napravi. Mi smo predvideli, da se TG odpelje na sosežig v cementarno, oddaljeno od Ljubljane okoli 100 km.

### 6.3.4.4 Energetska bilanca

- a) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG

Z upoštevanjem podatkov in ocen porabe električne in toplotne energije, ki so jih predstavili Sabery (2004), priročnik Mechanical-Biological Treatment (2005) in Idejni projekt... (2006) smo ocenili letno porabo energije in jo prikazali v preglednici 42.

Preglednica 42: Letna poraba energije v procesu MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 42: The annual energy consumption in the MBT process with aeration with SRF drying

Letna poraba energije (MBO z aeracijo s sušenjem TG)	Električna energija		Toplotna energija	
	kWh/t	kWh	kWh/t	kWh
Poraba energije za mehansko obdelavo	18	2.368.656		
Poraba energije je za biološko obdelavo (AF, aeracija, dehidracija)	14	1.897.965	5	707.085
Priprava TG (sušenje, drobljenje na 20 mm)	21	2.767.770	107	14.110.200
Poraba energije na biofiltrih	4	526.368		
Poraba energije na RTO			40	5.197.884
Poraba energije na ČN odpadne vode	2	217.061		
SKUPAJ poraba energije	59	7.777.820	152	20.015.169

Prav tako smo ocenili letno proizvodnjo energije v procesu MBO z aeracijo s sušenjem TG z upoštevanjem proizvedene količine bioplina in podatka, da se iz enega Nm<sup>3</sup> bioplina na plinskih agregatih proizvede 1,9 kWh električne energije in 3,5 kWh toplotne energije in jo prikazali v preglednici 43 (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006). 1.040 ton bioplina se porabi kot gorivo na napravi RTO, ki potrebuje 15,8 kWh/1.000 m<sup>3</sup> onesnaženega zraka (Wallmann in sod., 2008). Če ne bi imeli naprave za RTO, bi na plinskih motorjih proizvedli 12,5 kWh/t letno več.

Preglednica 43: Letna proizvodnja energije v procesu MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 43: The investment costs for the MBT facility with aeration with SRFdrying

Letna proizvodnja energije (MBO z aeracijo s sušenjem TG)	Električna energija		Toplotna energija	
	kWh/t	kWh	kWh/t	kWh
Sežig 1.040 m <sup>3</sup> bioplina za čiščenje odpadnega zraka na RTO			40	5.197.884
Proizvodnja energije iz 3.426 m <sup>3</sup> bioplina na plinskih generatorjih	41	5.424.500	76	9.992.500
SKUPAJ energija iz bioplina	41	5.424.500	116	15.190.384

Lahko ugotovimo, da naprava ni energetska neodvisna od zunanjih virov energije in ima primanjkljaj električne energije 2,35 mio kWh/leto (18 kWh/t) in primanjkljaj toplotne energije 4,82 mio kWh/leto (36 kWh/t), ki jih mora kupiti na trgu.

b) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo brez sušenja TG

V primeru, da TG ne sušimo, se okvirna energetska bilanca spremeni le v postavki priprave TG. Poraba električne energije se zmanjša za 2.767.770 kWh/leto (21 kWh/t) in skupna poraba električne energije na napravi je 5.010.050 kWh/leto (38 kWh/t). Poraba toplotne energije se zmanjša za 14.110.200 kWh/leto (107 kWh/t) in skupna poraba toplotne energije na napravi je 5.904.969 kWh/leto (45 kWh/t). Naprava za MBO z aeracijo brez sušenja TG je energetska neodvisna od zunanjih virov in ima višek električne energije 414.450 kWh/leto (3 kWh/t), ki jih proda na trgu. Na plinskih agregatih nastane višek toplotne energije, 9.285.415 kWh/leto (71 kWh/t), ki pa jih ni možno prodati.

#### **6.3.4.5 Vplivi na okolje in ljudi**

Pri vplivih na okolje in ljudi ločimo emisije v zrak, v vodo in v tla, pa tudi hrup in vpliv na ohranjanje naravnih virov in na izgled pokrajine ter vpliv na zaposlovanje in zdravje zaposlenih in lokalnih prebivalcev.

**Emisije v zrak:** Glavni vir onesnaženja zraka so hlapne organske snovi in H<sub>2</sub>S (žveplovodik). Pri mehanski obdelavi se zrak onesnaži in ima TOC med 20 do 25 g/t sprejetih odpadkov. Smrad se giblje med 150 in 630 EV (enota vonjanja) na m<sup>3</sup>. Pojavlja se tudi prah. Pri AF, ki je zaprt sistem, se emisije pojavljajo pri polnjenju in praznjenju fermentorja. Pojavlja se onesnaženje zraka z metanom, žveplovimi oksidi, H<sub>2</sub>S in dioksini. Onesnažen zrak iz same AF ima TOC 0,0023 g/t odpadkov, smrad pa se giblje okoli 600 EV/m<sup>3</sup>. Emisije v zrak se pojavljajo tudi pri aeraciji digestata v zaprtih bazenih. (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

Onesnaženi zrak se ne širi izven posameznih objektov, saj se z odsesovanjem vodi na biofiltre oziroma na napravo za RTO, kot je to razvidno iz shematskega prikaza zajema in čiščenja odpadnega zraka na sliki 51.

S postopkom AF se zmanjšajo emisije toplogrednih plinov, saj se bioplin uporabi za proizvodnjo energije, prav tako pa se z odložitvijo majhne količine zmanjšajo emisije toplogrednih plinov z odlagališča (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

**Emisije v vodo:** Odpadna voda ima pred čiščenjem KPK od 6.000 do 24.000 mg O<sub>2</sub>/l, BPK5 od 2.500 do 5.000 mg O<sub>2</sub>/l ter N<sub>total</sub> od 800 do 1.200 mg N/l (Reference... for the Waste Treatments Industries, 2006).

Predvideni postopek potrebuje procesno vodo predvsem za AF, vendar pa procesna voda recirkulira. Letno je potrebno na čistilni napravi za odpadne vode očistiti 7.358 t oziroma 7.343 m<sup>3</sup> odpadne vode, ki se vodi v kanalizacijo.

**Emisije v tla:** Kot emisije v tla smo upoštevali odložitev 21.678 t/leto ostankov odpadkov, ki jih je po slovenski zakonodaji dovoljeno odložiti na odlagališče nenevarnih odpadkov. To so predvsem mineralni odpadki iz mehanske obdelave in težka frakcija iz težnostnega separatorja pri biološki obdelavi. Na odlagališče nenevarnih odpadkov bi se odlagal tudi dehidrirani bio - stabilizirani digestat, ki ga je 23.688 t/leto in glede na njegove lastnosti, opisane pri masni bilanci, zadošča pogojem iz nemških in tudi slovenskih predpisov za odložitev na odlagališčih nenevarnih odpadkov.

**Hrup:** Vsa vgrajena oprema in naprave so nameščene v halah, tako da emisija hrupa v okolje zadošča slovenski zakonodaji glede dovoljene višine hrupa v okolju. Večji hrup povzročajo plinski agregati za proizvodnjo električne energije in kompresorji, zato so nameščeni v objektih s posebno protihrupno zaščito. Hrup iz opreme in naprav v mehanski obdelavi se giblje okoli 100 dBA, to je hrup v hali in se ne širi izven nje. (Sabery, 2004).

Območje odlagališča, na katerem so locirani objekti za obdelavo odpadkov, se nahaja v IV. območju varstva pred hrupom, okolica odlagališča pa v III. območju varstva pred hrupom.

Lokacija naprave je na obstoječem odlagališču nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani. Obstoječa naselja so oddaljena okoli 800 m, predvidena pa je nova soseska na razdalji 500 m. Odlagališče se zajeda v območje Nature 2000, v območje, okarakterizirano kot ekološko pomembno območje, in v predvideni krajinski park Ljubljansko barje.

**Ohranjanje naravnih virov:** S proizvodnjo 67.838 ton TG s kurilno vrednostjo 11 MJ/kg se v cementarni ali toplarni porabi sorazmerno, okoli 34.700 ton, manj rjavega premoga ali drugega naravnega vira za proizvodnjo toplote. V primeru termičnega sušenja TG dobimo 54.270 ton s kurilno vrednostjo 15 MJ/kg, kar nadomesti okoli 37.800 ton rjavega premoga. Po našem mnenju bo v doglednem času moralo priti do sprememb pri vrednotenju TG. Sežig TG je potrebno v cementarnah in toplarnah plačati, le TG z visoko kurilno vrednostjo vzamejo v cementarni brezplačno. Dodaten prihranek naravnih virov dosežemo tudi z uporabo 4.466 t bioplina, in sicer 1.040 ton letno kot gorivo za napravo RTO in 3.426 t za proizvodnjo električne energije.

**Vpliv na izgled pokrajine:** Posamezni objekti se lahko arhitekturno oblikujejo tako, da se bodo v največji meri vklopili v obstoječo pokrajino in ne bodo pokvarili sedanjega izgleda pokrajine, kar je tudi bistven element sociološkega vidika trajnostnega razvoja. Zaradi izgradnje naprave za obdelavo odpadkov se lahko zmanjša vrednost nepremičnin v njeni okolici, zato je potrebno preprečiti emisije nad dovoljeno mejo ter poskrbeti za prijazen videz naprave, da do tega ne pride.

**Število zaposlenih:** Predvidena je zaposlitev 32 delavcev, kar pozitivno vpliva na odnos ljudi do naprave, saj je brezposelnost iz dneva v dan večja. Delo naj bi potekalo v dveh izmenah od ponedeljka do petka.

**Zdravje zaposlenih in lokalnih prebivalcev:** Ob uporabi ustreznih zaščitnih sredstev naprava nima vpliva na zdravje zaposlenih oziroma ga ne slabša. Naprava nima vpliva na zdravje lokalnih prebivalcev, saj so upoštevani vsi ukrepi za preprečevanje emisij v zrak, vodo, tla, prekomernega hrupa, zagotovljeni pa naj bi bili tudi pozitivni sociološki vidiki naprave. **Klice in mikroorganizmi** so v velikem številu prisotni v PMKO. Pri nesortiranih PMKO so v Nemčiji izmerili preko  $10^5$  EGK (enota gradnje kolonije) na  $m^3$ , takšna



koncentracija je bila izmerjena tudi v kabinah nakladalnikov in pri izločanju škodljivih snovi iz PMKO. Takšne koncentracije lahko vplivajo na zdravje zaposlenih, pri neustreznem transportu PMKO pa tudi na zdravje prebivalcev v okolici naprave za MBO (Sabery, 2004)

#### 6.3.4.6 Investicijski stroški

- a) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG

Iz preglednice 44 lahko vidimo, da je investicijska vrednost naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG 69,5 milijonov oziroma 528 €/tono sprejetih odpadkov.

Preglednica 44: Investicijski stroški naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 44: The investment costs for the MBT facility with aeration with SRF drying

Vrsta stroškov (MBO z aeracijo s sušenjem TG)	€
1. Inv. stroški glavnih postavk	18.916.000
2. Inv. stroški direktnih stranskih postavk	34.048.800
3- Inv. stroški indirektnih stranskih postavk	13.241.200
Investicijski stroški osnovnih sredstev (1 + 2 + 3)	66.206.000
Stroški obratnih sredstev	3.310.300
Investicijski stroški	69.516.300
<b>Specifični investicijski stroški (€/t)</b>	<b>528</b>

- b) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo brez sušenja TG

V primeru, da se odločimo, da TG ne sušimo, se investicijski stroški zmanjšajo, ker ni potrebno zgraditi postrojenja za sušenje TG. Iz preglednice 45 lahko vidimo, da je investicijska vrednost naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG 61,8 milijonov oziroma 470 €/tono sprejetih odpadkov. Naprava za MBO z aeracijo brez sušenja TG je za 7,7 milijonov oziroma 58 €/tono sprejetih odpadkov cenejša od naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG.

Preglednica 45: Investicijski stroški naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG

Table 45: The investment costs for the MBT facility with aeration without SRF drying

Vrsta stroškov (MBO z aeracijo brez sušenja TG)	€
1. Inv. stroški glavnih postavk	16.830.000
2. Inv. stroški direktnih stranskih postavk	30.294.000
3- Inv. stroški indirektnih stranskih postavk	11.781.000
Investicijski stroški osnovnih sredstev (1 + 2 + 3)	58.905.000
Stroški obratnih sredstev	2.945.250
Investicijski stroški	61.850.250
<b>Specifični investicijski stroški (€/t)</b>	<b>470</b>

#### 6.3.4.7 Obratovalni stroški

- a) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG

Iz preglednice 46 lahko vidimo, da so specifični bruto obratovalni stroški naprave za MBO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo s sušenjem TG 107 €/tono sprejetih odpadkov. Neto obratovalni stroški, to so bruto obratovalni stroški, zmanjšani za prihodke od prodaje sekundarnih surovin in električne energije, pa 96 €/tono sprejetih odpadkov. Cementarna sprejme to TG, ki ima kurilno vrednost okoli 15 MJ/kg, brezplačno.

V primeru, da bi cementarna pokrila strošek prevoza TG, kot nadomestilo za prejem TG, bi se specifični neto obratovalni stroški zmanjšali na 90 €/tono sprejetih odpadkov. Za vsako nadaljnje plačilo 1 €/t TG bi se specifični obratovalni stroški zmanjšali za 1 €/tono sprejetih odpadkov. Mogoče se bo to zgodilo, ko bo zares začelo primanjkovati naravnih virov in se bodo le-ti zelo podražili.

Preglednica 46: Obratovalni stroški naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 46: The operating costs for the MBT facility with aeration with SRF drying

<b>Vrsta stroškov (MBO z aeracijo s sušenjem TG)</b>	<b>€/leto</b>
1. Bruto obratovalni stroški	14.081.648
1.1. Vpliv investicijskih stroškov	3.310.300
1.1.1. Stroški amortizacije za naprave in opremo	1.891.600
1.1.2. Stroški amortizacije za gradbene objekte	1.418.700
1.2. Obratovalni stroški	6.174.098
1.2.1. Stroški energije	1.202.492
1.2.1.1. Električna energija	549.718
1.2.1.2. Toplotna energija	652.775
1.2.2. Stroški potrošnega materiala	331.030
1.2.3. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov	1.697.596
1.2.3.1. Odlaganje	1.697.596
1.2.3.2. Sežiganje	0
1.2.4. Stroški dela	832.000
1.2.5. Stroški vodstva, uprave	124.800
1.2.6. Davki in zavarovanja	993.090
1.2.7. Ostali stroški	993.090
1.3. Vzdrževalni stroški	3.783.200
1.3.1. Popravila	756.640
1.3.2. Servisiranje	3.026.560
1.4. Strošek sežiga TG	814.050
1.4.1. Strošek prevoza	814.050
1.4.2. Strošek sežiga	0
2. Prihodek	1.396.440
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	810.040
2.2.1. Električna energija	314.621
2.2.2. Toplotna energija (porabi na sami napravi)	495.419
3. Neto obratovalni stroški	12.685.208
<b>4. Specifični bruto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>107</b>
<b>5. Specifični neto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>96</b>

Bruto obratovalne stroške smo razdelili še na fiksne in variabilne in jih prikazali v preglednici 47.

Preglednica 47: Fiksni in variabilni stroški naprave za MBO z aeracijo s sušenjem TG

Table 47: The fix and variable costs for the MBT facility with aeration with SRF drying

Vrsta stroškov (MBO z aeracijo s sušenjem TG)	€/leto
<b>1. Fiksni stroški</b>	<b>4.428.190</b>
1.1. Stroški amortizacije	3.310.300
1.2. Stroški vodstva, uprave	124.800
1.3. Davki in zavarovanja	993.090
<b>2. Variabilni stroški</b>	<b>9.653.458</b>
2.1. Stroški energije	1.202.492
2.2. Stroški dela	832.000
2.3. Stroški potrošnega materiala	331.030
2.4. Vzdrževalni stroški	3.783.200
2.5. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov	1.697.596
2.6. Strošek sežiga TG	814.050
2.7. Ostali stroški	993.090
<b>3. Skupni letni obratovalni stroški (bruto)</b>	<b>14.081.648</b>
<b>4. Specifični letni obratovalni stroški (bruto) (€/t)</b>	<b>107</b>

b) Naprava za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo brez sušenja TG

Iz preglednice 48 lahko vidimo, da so specifični bruto obratovalni stroški naprave za MBO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo brez sušenja TG 136 €/tono sprejetih odpadkov. Neto obratovalni stroški, to so bruto obratovalni stroški, zmanjšani za prihodke od prodaje sekundarnih surovin in električne energije, pa 128 €/tono sprejetih odpadkov. Cementarni je za sprejem tega TG, ki ima kurilno vrednost le okoli 11 MJ/kg, potrebno plačati 80 €/t TG.

Preglednica 48: Obratovalni stroški naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG

Table 48: The operating costs for the MBT facility with aeration without SRF drying

<b>Vrsta stroškov (MBO z aeracijo brez sušenja TG)</b>	<b>€/leto</b>
1. Bruto obratovalni stroški	17.955.098
1.1. Investicijski stroški v obratovalnih stroških	2.945.250
1.1.1. Stroški amortizacije za naprave in opremo	1.683.000
1.1.2. Stroški amortizacije za gradbene objekte	1.262.250
1.2. Obratovalni stroški	5.199.238
1.2.1. Stroški energije	483.168
1.2.1.1. Električna energija	290.583
1.2.1.2. Toplotna energija	192.585
1.2.2. Stroški potrošnega materiala	294.525
1.2.3. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov	1.697.596
1.2.3.1. Odlaganje	1.697.596
1.2.3.2. Sežiganje	0
1.2.4. Stroški dela	832.000
1.2.5. Stroški vodstva, uprave	124.800
1.2.6. Davki in zavarovanja	883.575
1.2.7. Ostali stroški	883.575
1.3. Vzdrževalni stroški	3.366.000
1.3.1. Popravila	673.200
1.3.2. Servisiranje	2.692.800
1.4. Strošek sežiga TG	6.444.610
1.4.1. Strošek prevoza	1.017.570
1.4.2. Strošek sežiga	5.427.040
2. Prihodek	1.093.606
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	507.206
2.2.1. Električna energija	314.621
2.2.2. Toplotna energija (porabi na sami napravi)	192.585
3. Neto obratovalni stroški	16.861.493
<b>4. Specifični bruto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>136</b>
<b>5. Specifični neto obratovalni stroški (€/t)</b>	<b>128</b>

Bruto obratovalne stroške smo razdelili še na fiksne in variabilne in jih prikazali v preglednici 49.

Preglednica 49: Fiksni in variabilni stroški naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG

Table 49: The fix and variable costs for the MBT facility with aeration without SRF drying

<b>Vrsta stroškov (MBO z aeracijo brez sušenja TG)</b>	<b>€/leto</b>
<b>1. Fiksni stroški</b>	<b>3.953.625</b>
1.1. Stroški amortizacije	2.945.250
1.2. Stroški vodstva, uprave	124.800
1.3. Davki in zavarovanja	883.575
<b>2. Variabilni stroški</b>	<b>14.001.473</b>
2.1. Stroški energije	483.168
2.2. Stroški dela	832.000
2.3. Stroški potrošnega materiala	294.525
2.4. Vzdrževalni stroški	3.366.000
2.5. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov	1.697.596
2.6. Strošek sežiga TG	6.444.610
2.7. Ostali stroški	883.575
<b>3. Skupni letni obratovalni stroški (bruto)</b>	<b>17.955.098</b>
<b>4. Specifični letni obratovalni stroški (bruto) (€/t)</b>	<b>136</b>

#### 6.4 Primerjava izbranih postopkov na osnovi načel trajnostnega razvoja

Cilj trajnostnega razvoja je zdravo, blagodejno in raznoliko okolje. Ljudje naj bi mirno živeli v čistem in varnem okolju, bogatem z raznovrstnimi rastlinskimi in živalskimi vrstami, vendar pa se morajo zavedati, da morajo za to skrbeti predvsem sami.

Pri katerem koli izbranem načinu ravnanja s komunalnimi odpadki je vedno bolj pomemben okoljski vidik, ki je sestavljen iz ocen lokalne problematike (onesnaženje podtalnice, površinskih vod, zraka, tal), regionalne problematike (ohranjanje naravnih virov, pojav kislega dežja) in globalne problematike (toplogredni efekt, ozonske luknje). Tudi ekonomski vidik je zelo pomemben, v preteklosti pa je bil prevladujoč. Vsebuje stroške in koristi izvedbe. Sociološki, družbeni vidik vsebuje vpliv na zaposlovanje, vpliv na človekovo zdravje in na kakovost bivanja lokalnih prebivalcev. Vse tri vidike naj bi združil zakonski vidik, kjer mora biti dan poseben poudarek na aktivnem sodelovanju povzročiteljev odpadkov, predelovalcev odpadkov in vladnih institucij, ki se ukvarjajo z ravnanjem s komunalnimi odpadki (Barata, 2002).

V nadaljevanju bomo podali primerjavo med napravo za MBO PMKO z uporabo precejjanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih in napravo za MBO PMKO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo a) s sušenjem TG in b) brez sušenja TG.

#### 6.4.1 Okoljski vidik

Vsi postopki in naprave za obdelavo odpadkov imajo vpliv na okolje. Poleg preprečevanja vpliva naprav na onesnaženje vode, zraka in tal je zaradi zmanjševanja občutka neugodnosti in nevarnosti, ki ga povzroča obratovanje naprave, potrebno zagotavljati tudi ukrepe varstva okolja v zvezi z emisijami prahu, lahкими materiali, ki jih raznaša veter, hrupom in prevozom materiala, pticami, glodalci in insekti, nastajanjem aerosolov in požarno varnostjo. Blato in prah, ki nastajata na območju naprave, se ne smeta raznašati na površine javnih cest in bližnjo okolico (Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, 2008).

**Onesnaženje podtalnice in površinskih vod** iz obeh naprav je preprečeno s tehničnimi rešitvami in čiščenjem odpadne vode na čistilnih napravah. V procesu MBO s precejjanjem v sistemu letno recirkulira okoli 140.000 m<sup>3</sup> procesne vode, odpadne vode pa je okoli 26.000 m<sup>3</sup>. V procesu MBO z aeracijo v sistemu letno recirkulira okoli 100.000 m<sup>3</sup> procesne vode, odpadne vode pa je okoli 7.400 m<sup>3</sup>. Pri napravi za MBO s precejjanjem je za 40% več procesne vode, odpadne vode pa je približno 3,5-krat več, zato je ta naprava potencialno večji onesnaževalec vode.

Pri obeh napravah se pojavljajo **emisije v zrak** iz mehanske obdelave, kot so prah, bio-aerosoli in smrad. Prav tako se pri obeh napravah pojavljajo emisije pri AF. Pri AF se vse plinaste onesnaženosti združijo v bioplinu. Pri sežigu bioplina na plinskih agregatih, bi šli v zrak izpušni plini, ki so onesnaženi predvsem s CO (ogljikovim monoksidom), NO<sub>x</sub> (dušikovi oksidi), SO<sub>2</sub> (žveplovim dioksidom), H<sub>2</sub>S (vodikovim sulfidom), prahom in hlapljivimi organskimi spojinami, če jih ne bi očistili. Pri napravi za MBO s precejjanjem predstavljajo emisije iz procesa bio-sušenja odpadni plini, ki vsebujejo CO<sub>2</sub> (ogljikov dioksid) in H<sub>2</sub>O (voda), organske onesnaženosti, NH<sub>3</sub> (amonijak), bio-aerosole in prah, vendar je bio-sušenje v zaprtih tunelih, ki se odsesujejo. Mislim, da med napravama ni razlik.

Pri obeh napravah so vsa vgrajena oprema in naprave nameščene v halah. Večji **hrup** povzročajo plinski agregati za proizvodnjo električne energije in kompresorji, zato so nameščeni v objektih s posebno protihrupno zaščito. Med napravama ni razlik.

Kot **emisije v tla** lahko upoštevamo odložitev ostankov obdelave odpadkov, ki jih je po slovenski zakonodaji dovoljeno odložiti na odlagališče nenevarnih odpadkov, to so predvsem inertni odpadki iz mehanske obdelave. Iz naprave za MBO s precejanjem se na odlagališče odloži okoli 14.300 t/leto ostankov odpadkov, iz naprave za MBO z aeracijo pa okoli 21.700 t/leto. Na odlagališče nenevarnih odpadkov bi se iz procesa MBO z aeracijo odlagal tudi aerizirani dehidrirani bio-stabilizirani digestat, ki ga je okoli 23.688 t/leto in glede na njegove lastnosti, opisane pri masni bilanci, zadošča pogojem iz nemških in tudi slovenskih predpisov za odložitev na odlagališčih nenevarnih odpadkov. Pri napravi za MBO z aeracijo je za 65% več ostankov za odlaganje, odlaga pa se še stabilizirani digestat, zato je ta naprava potencialno večji onesnaževalec tal. Hkrati je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da je nov odlagalni prostor zelo težko zagotoviti.

**Ohranjanje virov** in njihova trajnostna raba se povezuje s proizvodnjo trdnega alternativnega goriva in bioplina. V napravi za MBO s precejanjem s proizvodnjo in sežigom 46.504 ton letno TG s kurilno vrednostjo 15 MJ/kg potrebujemo v cementarni ali toplarni sorazmerno, okoli 32.500 ton letno, manj rjavega premoga ali drugega naravnega vira za pridobitev cementa oziroma toplote. Dodaten prihranek naravnih virov dosežemo tudi z uporabo 7.264 t bioplina, in sicer 1.040 ton letno kot gorivo za napravo RTO in 6.244 t za proizvodnjo električne energije. V napravi za MBO z aeracijo s proizvodnjo 67.838 ton TG s kurilno vrednostjo 11 MJ/kg se v cementarni ali toplarni porabi sorazmerno, okoli 34.700 ton manj, rjavega premoga ali drugega naravnega vira za proizvodnjo toplote. V primeru termičnega sušenja TG dobimo 54.270 ton s kurilno vrednostjo 15 MJ/kg, kar nadomesti okoli 37.800 ton rjavega premoga. Dodaten prihranek naravnih virov dosežemo tudi z uporabo 4.466 t bioplina, in sicer 1.040 ton letno kot gorivo za napravo RTO in 3.426 t za proizvodnjo električne energije. Naprava za MBO s precejanjem ima večji potencial ohranjanja naravnih virov predvsem zaradi količine bioplina.



Na napravi za MBO s precejanjem se proizvede okoli 9,8 mio kWh električne energije oziroma 75 kWh/t sprejetih odpadkov in porabi okoli 5,5 kWh električne energije oziroma 42 kWh/t sprejetih odpadkov. Naprava ne potrebuje zunanjih virov energije in v zunanje električno omrežje še prodaja 33 kWh/t sprejetih odpadkov. Na napravi MBO z aeracijo brez sušenja TG se proizvede okoli 5,4 mio kWh električne energije oziroma 41 kWh/t sprejetih odpadkov in porabi okoli 5,0 kWh električne energije oziroma 38 kWh/t sprejetih odpadkov. Naprava lahko proda 3 kWh/t sprejetih odpadkov v zunanje električno omrežje. Na napravi MBO z aeracijo s sušenjem TG so energetska razmerja najslabša, saj se proizvede enaka količina električne energije kot pri napravi brez sušenja TG, vendar pa se porabi okoli 7,7 mio kWh električne energije oziroma 59 kWh/t sprejetih odpadkov. Naprava mora zagotoviti 18 kWh/t sprejetih odpadkov iz zunanjega električnega omrežja.

Na vseh treh napravah bi se razmerja zelo poslabšala, če bi na napravah za RTO čistili ves odpadni zrak in ne samo eno tretjino, kot je predvideno pri naših izbranih napravah. V tem primeru bi pri napravi za MBO s precejanjem lahko na trgu prodali le 12 kWh/t sprejetih odpadkov elektrike namesto 33 kWh/t, pri napravi za MBO z aeracijo brez sušenja TG bi morali na trgu kupiti 18 kWh/t elektrike namesto prodati 3 kWh/t, pri napravi za MBO z aeracijo s sušenjem TG pa bi morali na trgu kupiti 39 namesto 18 kWh/t elektrike. Z vidika energije je naprava za MBO s precejanjem bolj ugodna.

Potencialna **nevarnost pojava kislega dežja** zaradi emisij v zrak pri plinskih motorjih je pri obeh napravah enaka, če ne bi spoštovali potrebnih ukrepov čiščenja odpadnega zraka.

**Toplogredni efekt** oziroma potencialni toplogredni efekt je manjši pri napravi za MBO s precejanjem, saj bi pri napravi za MBO za aeracijo eventualno lahko prišlo do sproščanja toplogrednih plinov v ozračje v primeru odlaganja ne dovolj stabiliziranega digestata. Ker imata obe napravi anaerobno fermentacijo, je med obratovanjem to preprečeno.

Dobro načrtovan in voden energetski sistem je pomemben vidik minimaliziranja vpliva naprave za MBO na okolje.

## 6.4.2 Ekonomski vidik (delno)

V spodnji preglednici 50 je prikazana primerjava investicijskih in specifičnih investicijskih stroškov ter specifičnih obratovalnih stroškov za izbrane naprave.

Preglednica 50: Primerjava stroškov

Table 50: The costs comparison

Vrsta naprave	Inv. stroški (mio €)	Spec. inv. str. (€/t)	Spec. bruto obr. str. (€/t)	Spec. neto obr. str. (€/t)
MBO s precejanjem	73,2	557	100	90
MBO z aeracijo	S sušenjem TG	69,5	528	107
	Brez sušenja TG	61,8	470	136

Lahko ugotovimo, da je najcenejša izgradnja naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG, da pa so pri napravi za MBO s precejanjem najnižji obratovalni stroški. Razliko v investicijski vrednosti naprav bi v napravi za MBO s precejanjem prihranili pri obratovalnih stroških, in sicer glede na MBO z aeracijo s sušenjem TG v 4 letih in 2 mesecih, glede na MBO z aeracijo brez sušenja TG pa v 2 letih in 3 mesecih. Razliko v investicijskih stroških med MBO z aeracijo s sušenjem TG in brez sušenja TG bi naprava s sušenjem TG pokrila z razliko v obratovalnih stroških v enem letu in 10 mesecev.

V primeru, da bi lahko zagotovili, da bi cementarna pokrila stroške prevoza TG s kalorično vrednostjo 15 MJ/kg, bi se neto obratovalni stroški zmanjšali pri napravi za MBO s precejanjem na 84 €/t, pri napravi za MBO z aeracijo s sušenjem TG pa na 90 €/t. V napravi za MBO z aeracijo brez sušenja TG je kalorična vrednost TG 11 MJ/kg, zato ni za pričakovati skorajšnje spremembe pri odjemu.

Koristi izvedbe vseh treh naprav se kažejo:

- v prihranku sredstev za naravne vire, zaradi reciklaže sekundarnih surovin in energije ter zaradi ekonomske vrednosti TG, ki pa zaenkrat še ni priznana; prihranku sredstev zaradi daljšega trajanja odlagališča, saj se odlaga le 10 do 25% sprejetih odpadkov
- zmanjšanju emisije toplogrednih plinov z uporabo bioplina na plinskih agregatih.

### 6.4.3 Sociološki vidik (delno)

Sociološki vidik med ostalim vsebuje vpliv na zaposlovanje, vpliv na človekovo zdravje in na kakovost bivanja lokalnih prebivalcev.

Pri izgradnji nove naprave za obdelavo odpadkov se odprejo **nova delovna mesta** predvsem za neizobražene delavce oziroma delavce z nižjo izobrazbo, kjer je nezaposlenost največja, zato ima z vidika zaposlovanja izgradnja naprave pozitiven vpliv na ljudi. Na napravi za MBO s postopkom precejanja je predvidena zaposlitev 37 delavcev, na napravi za MBO z aeracijo pa 32 delavcev.

Vsaka naprava za obdelavo odpadkov ima potencialni **vpliv na zdravje ljudi**, saj ima emisije v zrak, v vodo in v tla. Nastanek in sproščanje prahu, bio-aerosolov v zrak, neuničeni patogeni organizmi v stabiliziranem digestatu ter težke kovine, prisotne v trdnih ostankih, lahko pripeljejo do tveganja za zdravje zaposlenih, sosednjih prebivalcev ali tistih, ki so izpostavljeni produktom iz ostankov MBO. Najbolj izpostavljeni tveganju za zdravje so delavci v napravah za MBO, kjer so pri mehanski obdelavi postavljene linije za ročno ločevanje odpadkov. Tveganju se izognemo s profesionalnim upravljanjem naprav, ki omogočajo natančno kontrolo procesa in ostankov ter redno čiščenje hal in opreme. Če primerjamo napravo za MBO s precejanjem in napravo za MBO z aeracijo, lahko ugotovimo, da so delavci na prvi napravi izpostavljeni večjemu tveganju za zdravje, saj sta predvideni dve sortirni liniji za ročno ločevanje odpadkov.

**Kakovost bivanja** lokalnih prebivalcev se z izgradnjo naprave ne bi smela spremeniti, vendar pa se moramo zavedati, da se ob izgradnji katerekoli naprave za ravnanje z odpadki pojavi odpor bližnjega prebivalstva, ki je drugačnega mnenja. Pojavlja se strah pred novimi rešitvami, ki se jih ne pozna, strah pred zmanjšanjem vrednosti njihovih nepremičnin zaradi naprave v bližini, strah zaradi povečanja stroškov ravnanja z odpadki. Posamezni objekti se lahko arhitekturno oblikujejo tako, da se bodo v največji meri vklopili v obstoječo pokrajino in ne bodo pokvarili lepote pokrajine, kar je tudi bistven element sociološkega vidika trajnostnega razvoja. S tega vidika ne vidim razlike med napravama.

Lokacija naprave je na obstoječem odlagališču nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani. Obstoječa naselja so oddaljena okoli 800 m, predvidena pa je nova soseska na razdalji 500 m od odlagališča. Odlagališče se zajeda v območje Nature 2000, v območje, okarakterizirano kot ekološko pomembno območje, in v predvideni krajinski park Ljubljansko barje.

Sociološki vidik pridobiva na teži, ker je v pridobivanje okoljevarstvenih dovoljenj za gradnjo naprave vključena javnost (strokovna in nestrokovna), ki želi v procesu javne razgrnitve dobiti vse odgovore na svoja vprašanja in dileme, njeno nestrinjanje pa lahko pripelje do ne izdaje okoljevarstvenega dovoljenja in ne izgradnje naprave na določeni lokaciji.

Primerjave obeh postopkov so grafično prikazane v 7. poglavju.

## **7 PREDLOG PREDNOSTNEGA POSTOPKA OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV V LJUBLJANSKI REGIJI**

### **7.1 Pregled prednosti in pomanjkljivosti izbranih postopkov obdelave**

V prejšnjem poglavju smo analizirali naslednja izbrana postopka obdelave:

- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba lahka frakcija in pripravi za TG, precejanja vode skozi srednjo in fino frakcijo odpadkov, mokre mezofilne AF precejene vode s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, bio-sušenja precejenih in dehidriranih odpadkov v tunelih ter mehanskega ločevanja po bio-sušenju na lahko frakcijo za TG in na ostanke za sežig v namenski sežigalnici in na mineralne ostanke za odlaganje, ki smo jo na kratko poimenovali MBO s precejanjem
- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba in srednja lahka frakcija in pripravi za TG, mokre mezofilne AF težke biološke frakcije PMKO s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, stabilizacije tekočega digestata z aeracijo in dehidracije stabiliziranega digestata ter njegovo odlaganje na odlagališče, ki smo jo na kratko poimenovali MBO z aeracijo ter ločili še varianti s sušenjem TG in brez sušenja TG.

Zgoraj navedena izbrana postopka MBO še nista bili analizirana in obdelana v nobeni študiji ali dokumentaciji za obdelavo odpadkov iz ljubljanske regije.

Najugodnejši postopek MBO PMKO iz idejne študije, ki jo je leta 2005 pripravila Snaga in je bil natančneje obdelan v idejnem projektu leta 2006, je sestavljen iz:

- mehanske separacije lahke, energetsko bogatejše frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, mehanskega čiščenja lahke frakcije, sušenja trdnega goriva in konfekcioniranja po zahtevah odjemalca ter priprave za transport, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi in priprave za anaerobno fermentacijo, suhe termofilne anaerobne fermentacije težje frakcije s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, mokre separacije ostankov AF in

dehidracije ter termičnega sušenja pregnitega blata (digestata) iz AF in odvoza na sežig.

V letu 2008 je Snaga obnovila vlogo za pomoč EU pri nadgradnji RCERO (regijski center za ravnanje z odpadki) Ljubljana iz leta 2007 ter v njej nekoliko spremenila postopek MBO PMKO glede na idejni projekt. Sprememba je ostala nespremenjena tudi v zadnji obnovi vloge leta 2009:

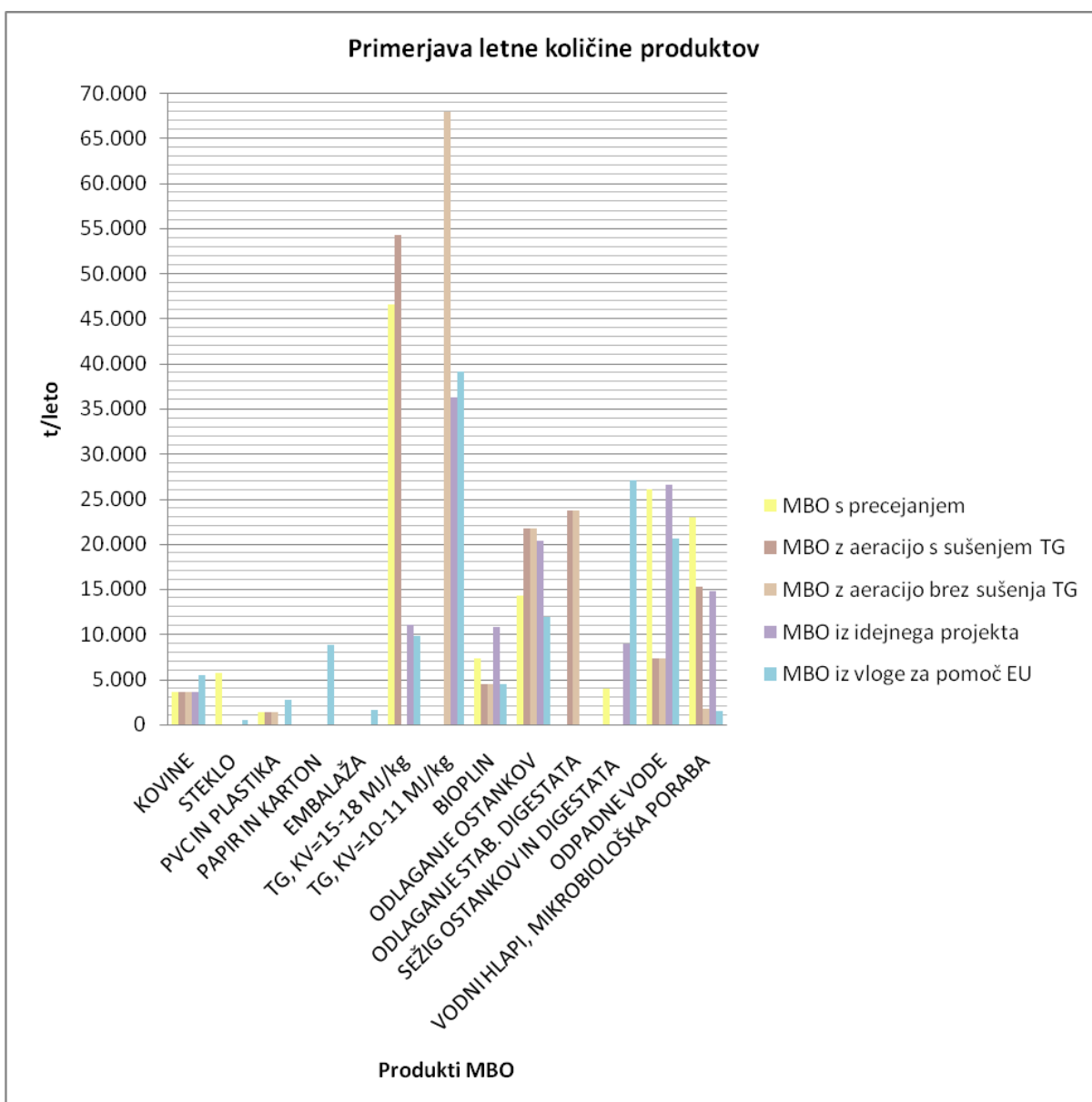
- na začetek mehanske obdelave je dodana sortirnica za izločanje čim večjih količin sekundarnih surovin, opuščena je mokra separacija ostankov AF in sušenje digestata iz AF ter sušenje TG iz srednje težke frakcije (Upgrading...Ljubljana, 2009).

V nadaljevanju prikazujemo primerjavo med izbranimi postopkoma MBO v tem magistrskem delu in postopkoma MBO iz idejnega projekta in MBO iz vloge za pomoč EU v obliki grafikonov, ki so izdelani na osnovi analiz in primerjav v poglavjih 6.3 in 6.4 ter podatkov iz idejnega projekta iz leta 2006 in vloge za pomoč EU pri nadgradnji RCERO iz leta 2009 (*Upgrading of Regional Waste Management Centre Ljubljana, Application for Assistance*).

Iz grafikona 17 je razvidna letna količina produktov pri posameznih postopkih MBO, iz grafikona 18 pa letna proizvodnja in poraba energije.

Pri MBO iz vloge za pomoč EU dobimo največjo količino sekundarnih surovin, hkrati pa je potreben sežig večje količine dehidriranega digestata v namenski sežigalnici, ki uporablja tehnologijo sežiga v vrtinčastem sloju. Ugotavljamo, da je pri MBO iz idejnega projekta količina proizvedenega bioplina za 1,5- do 2,4-krat večja kot pri naših izbranih postopkih. Iz idejnega projekta je razvidno, da je bila pri izračunu količine proizvedenega bioplina upoštevana količina drobne težke frakcije, ki gre v proces AF, 62.990 ton. Za izračun je bilo ocenjeno, da se proizvede 127 Nm<sup>3</sup> bioplina/t odpadkov, ki grejo v AF. Upoštevana je bila gostota bioplina 1,4 kg/Nm<sup>3</sup>, mi pa smo upoštevali 1,2 kg/Nm<sup>3</sup>. Proizvodnja bioplina je zelo odvisna od vhodnih odpadkov v AF. Ob upoštevanju, da se AF uporablja še posebej za biološko obdelavo ločeno zbranih biološko razgradljivih odpadkov, se proizvodnja bioplina giblje od 80 do 120 Nm<sup>3</sup> na tono odpadka (Reference...for the Waste Treatments Industries, 2006).

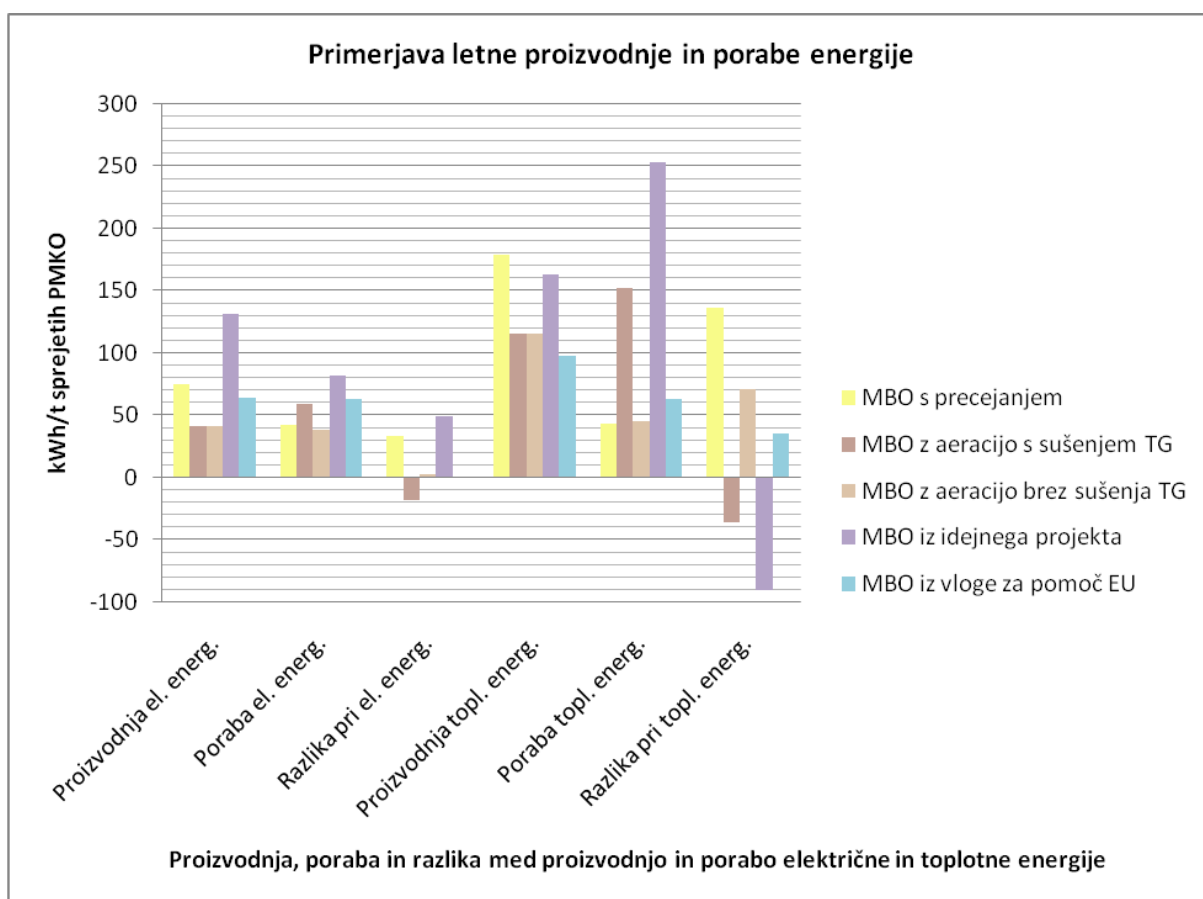
Iz navedenega lahko ugotovimo, da je pri MBO iz idejnega projekta precejšnja količina proizvedenega bioplina, kar posledično pomeni tudi precejšnja proizvodnja električne in toplotne energije. Do enakega zaključka je prišla tudi Snaga, zato je pri MBO iz vloge za pomoč EU količina bioplina zmanjšala za dobro polovico, glede na količino bioplina pri MBO iz idejnega projekta.



Grafikon 17: Primerjava letne količine produktov

Graph 17: The comparison of annual amount of products

Iz grafikona 18 lahko ugotovimo, da je pri postopku MBO iz idejnega projekta zelo velika poraba toplotne energije, kar je prav gotovo posledica porabljene toplotne energije za sušenje digestata in za sušenje celotnega TG. Po opustitvi sušenja digestata, kajti tudi brez sušenja je z vsebnostjo suhe snovi okoli 35% primeren za sežig v namenski sežigalnici odpadkov, ki uporablja tehnologijo sežiga v vrtinčastem sloju in opustitvi sušenja TG iz srednje težke frakcije, se poraba toplote pri MBO iz vloge za pomoč EU bistveno zmanjša. TG, pridobljeno iz srednje težke frakcije s kurilno vrednostjo okoli 10 MJ/kg, je prav tako še vedno primerno za sežig v namenski sežigalnici oziroma toplarni, ki uporablja TG kot gorivo. Najugodnejšo energetsko bilanco izkazuje MBO s precejanjem.



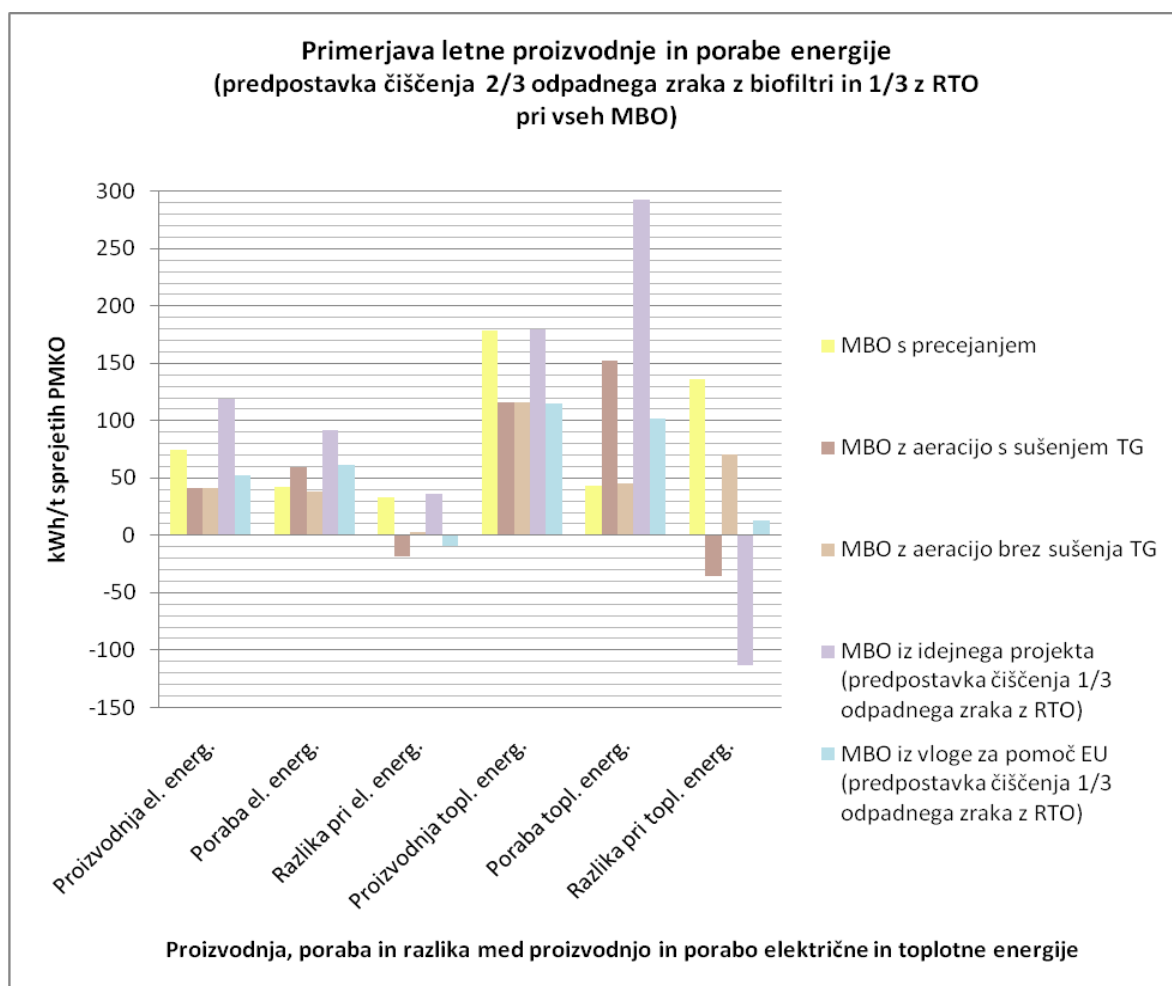
Grafikon 18: Primerjava letne proizvodnje in porabe energije

Graph 18: The comparison of annual energy production and consumption

Pri izbranih postopkih iz magistrskega dela smo upoštevali čiščenje dveh tretjin manj onesnaženega zraka s prašnimi filtri, pralniki in biofiltri ter ene tretjine zelo onesnaženega



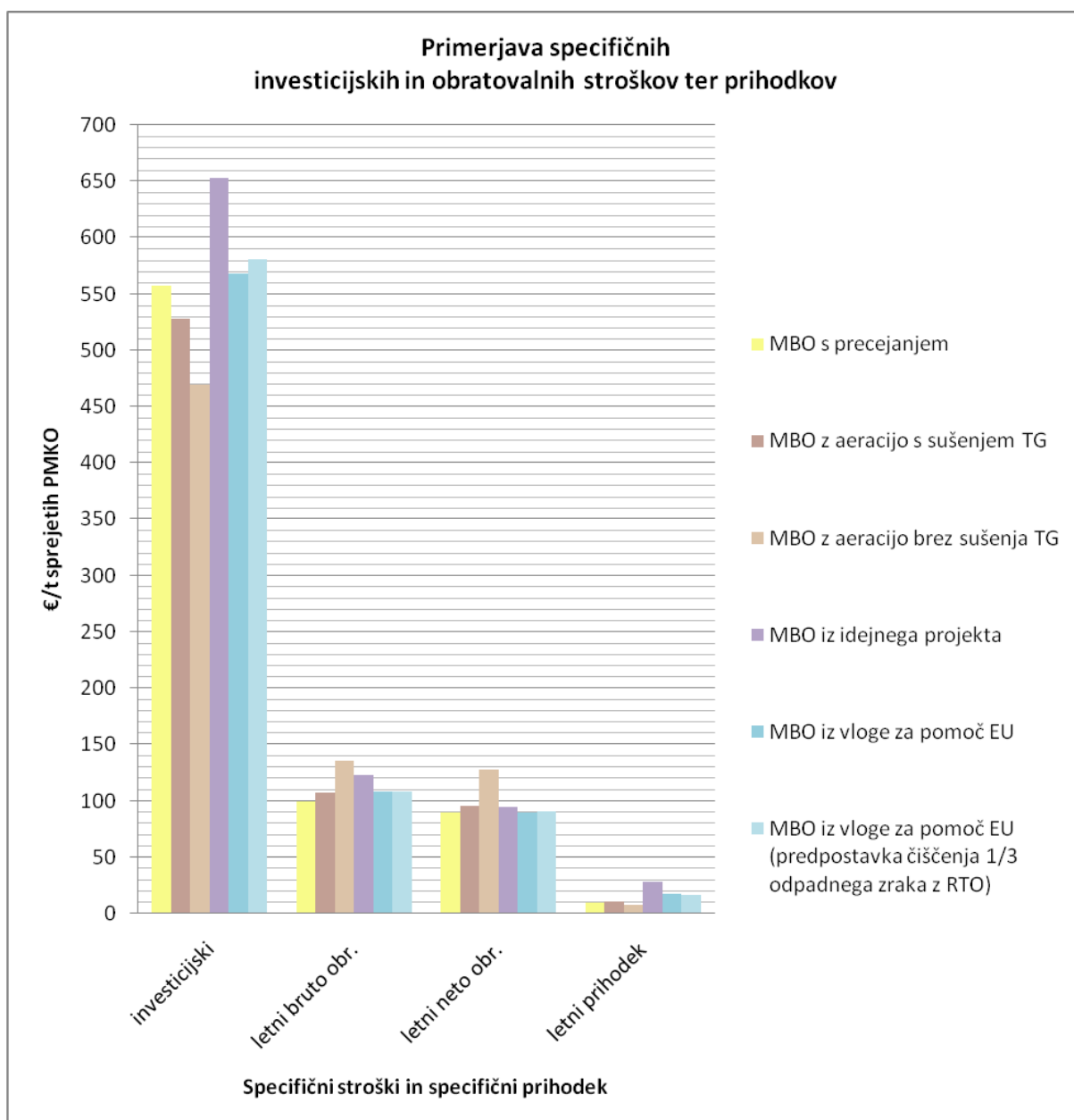
zraka (precejalniki, tuneli za bio-sušenje, zaprti bazeni za aeracijo) z napravo RTO. Pri MBO iz idejnega projekta in pri MBO iz vloge za pomoč EU je predvideno čiščenje zraka na A/D-T napravi, to je na adsorbcijsko/desorbcijiski napravi, kjer se hlapne organske snovi zadržijo na adsorbcijskem alumosilikatnem nosilcu pri ambientni temperaturi. Z vročim zrakom organske snovi periodično desorbiramo, adsorbcijsko kolono pa tako regeneriramo. Organske snovi zgorijo s pomočjo katalinskega zgorevanja zemeljskega plina pri nizki temperaturi. A/D-T naprave za čiščenje zraka iz industrijskih objektov so še v razvojni fazi, prav tako za njih še ni na voljo podatkov o emisijah po termičnem sežigu, zato smo tudi za postopka MBO iz idejnega projekta in za MBO iz vloge za pomoč EU v tem poglavju pripravili varianto čiščenja manj obremenjenega odpadnega zraka s prašnimi filtri, pralniki in z biofiltri oziroma ene tretjine bolj obremenjenega zraka (sušenje digestata, sušenje TG) z RTO napravo in to upoštevali v primerjavi energetskih bilanc v grafikonu 19.



Grafikon 19: Primerjava letne proizvodnje in porabe energije (biofiltri in RTO)

Graph 19: The comparison of annual energy production and consumption (biofilters and RTO)

Iz grafikona 19 lahko ugotovimo, da se energetska bilanca pri MBO iz idejnega projekta in pri MBO iz vloge za pomoč EU bistveno poslabša, če se ena tretjina odpadnega zraka čisti z RTO napravo. MBO iz vloge za pomoč EU je bila prej energetsko neodvisna, sedaj pa je potrebno zagotavljati del električne energije (okoli 1,2 mio kWh/leto) iz javnega omrežja.



Grafikon 20: Primerjava specifičnih investicijskih in obratovalnih stroškov ter prihodkov

Graph 20: The comparison of specific investment and operational costs and revenues

Iz grafikona 20 so razvidni specifični investicijski stroški in specifični bruto in neto letni obratovalni stroški ter specifični letni prihodki za vseh pet postopkov MBO, dodali pa smo še MBO iz vloge za pomoč EU ob predpostavki čiščenja ene tretjine zelo onesnaženega odpadnega zraka z RTO napravo. Lahko ugotovimo, da so letni neto obratovalni stroški najugodnejši pri MBO s precejanjem (90 €/t) in pri MBO iz vloge za pomoč EU (90 €/t), ki jima sledi MBO iz vloge za pomoč EU ob predpostavki čiščenja ene tretjine zelo onesnaženega odpadnega zraka z RTO napravo (91 €/t) in MBO iz idejnega projekta (95 €/t) ter MBO z aeracijo s sušenjem TG (96 €/t).

Pri investicijskih stroških je najugodnejši postopek MBO z aeracijo brez sušenja digestata (470 €/t), ki mu sledi MBO z aeracijo s sušenjem TG (528 €/t) in MBO s precejanjem (557 €/t) ter MBO iz vloge za pomoč EU (568 €/t), MBO iz vloge za pomoč EU ob predpostavki čiščenja ene tretjine zelo onesnaženega odpadnega zraka z RTO napravo (581 €/t) in MBO iz idejnega projekta (653 €/t). Letni prihodek pri MBO iz idejnega projekta izstopa in izhaja iz večje količine prodane električne energije, vendar pa smo že prej ugotovili, da je bila v idejnem projektu precenjena količina proizvedenega bioplina in s tem tudi količina proizvedene električne energije.

V preglednici 51 smo poskušali na osnovi primerjav v poglavju 6.4 in v tem poglavju prikazati prednosti, označene z znakom »+«, in pomanjkljivosti, označene z znakom »-«, posameznega postopka ali postopkov MBO pred ostalimi.

Pri okoljskem vidiku imajo postopki MBO s precejanjem, MBO iz idejnega projekta in MBO iz vloge za pomoč EU prednost pred postopkom MBO z aeracijo predvsem zaradi tega, ker se na odlagališče ne odlaga digestat, ki predstavlja potencialno nevarnost za nastanek toplogrednih plinov v primeru, da ni v zadostni meri stabiliziran, pa tudi količina odloženih mineralnih ostankov ni velika.

Pri ekonomskem vidiku smo ugotovili, da je najcenejša izgradnja naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG, vendar so pri njej najvišji neto obratovalni stroški, predvsem zaradi dragega sežiga TG. Obratovalni stroški so najnižji pri MBO s precejanjem in pri MBO iz vloge za pomoč EU, sprejemljivi pa so tudi pri vseh ostalih postopkih MBO, razen pri postopku

MBO z aeracijo brez sušenja TG. Ocenjujemo, da so koristi izvedbe vseh treh naprav približno enakovredne in se kažejo v prihranku sredstev za naravne vire (fosilna goriva) in zmanjšanju emisije toplogrednih plinov z uporabo bioplina na plinskih agregatih. Z ekonomskega vidika je najbolj ugoden postopek MBO iz vloge za pomoč EU.

S sociološkega vidika so vsi postopki MBO enakovredni in jih lahko enakovredno ocenimo.

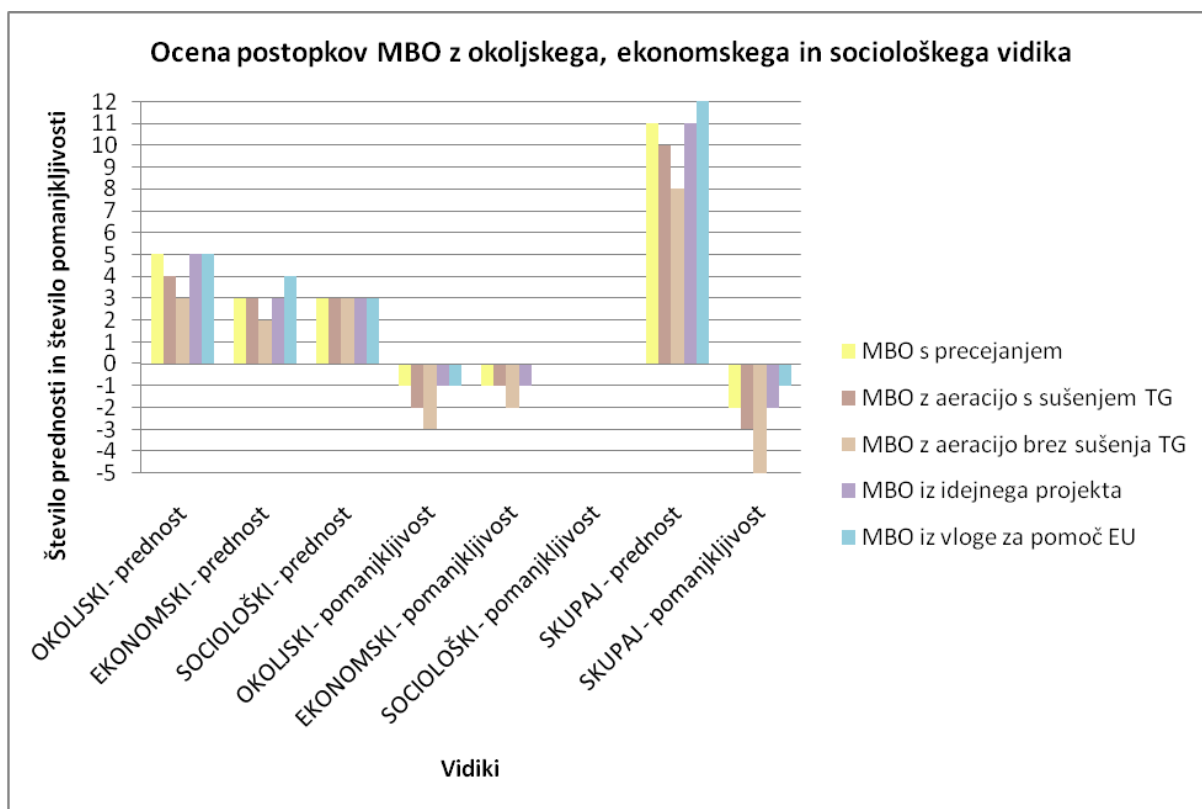
Preglednica 51: Prikaz prednosti in pomanjkljivosti postopkov MBO

Table 51: The presentation of advantages and disadvantages of MBT

VIDIK in VPLIV		MBO s precejanjem	MBO z aeracijo s sušenjem TG	MBO z aeracijo brez sušenja TG	MBO iz idejnega projekta	MBO iz vloge za pomoč EU
OKOLJSKI VIDIK	Emisije v vodo	-	+	+	+	-
	Emisije v zrak	+	+	+	+	+
	Emisije v tla	+	-	-	+	+
	Črpanje naravnih virov	+	+	-	-	+
	Nevarnost kislega dežja	+	+	+	+	+
	Nevarnost toplogrednih plinov	+	-	-	+	+
EKONOMSKI VIDIK	Investicijski stroški	+	+	+	-	+
	Prihodek	-	-	-	+	+
	Obratovalni stroški	+	+	-	+	+
	Koristi	+	+	+	+	+
SOCIOLOŠKI VIDIK	Zaposlenost	+	+	+	+	+
	Vpliv na zdravje ljudi	+	+	+	+	+
	Kakovost bivanja	+	+	+	+	+
SKUPAJ "+"		11	10	8	11	12
SKUPAJ "-"		2	3	5	2	1

Legenda: "+" prednosti, "-" pomanjkljivosti

V grafikonu 21 smo prikazali ocene posameznih postopkov MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika ter skupaj iz preglednice 51. Lahko ugotovimo, da je najugodnejši postopek MBO iz vloge za pomoč EU, sledita postopek MBO iz idejnega projekta in postopek MBO s precejanjem z enako oceno, na koncu pa sta postopka MBO z aeracijo s sušenjem in brez sušenja TG.



Grafikon 21: Ocene MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika

Graph 21: The evaluations of MBT from the environmental, economic and sociologic view

## 7.2 Predlog prednostnega postopka

Na osnovi analiz, primerjav in ocen postopkov MBO lahko ugotovimo in predlagamo prednostni postopek obdelave PMKO iz ljubljanske regije.

Izmed naših, v magistrski nalogi izbranih postopkov MBO, ki smo jih analizirali in obdelali v poglavju 6.3 in 6.4, je najugodnejši postopek MBO PMKO s precejanjem, ki ga sestavljajo:

- mehanska obdelava: ločevanje na grobo, srednjo in fino frakcijo z multifunkcionalnim bobnastim sitom, kjer se tudi strgajo vreče z odpadki, izločanje kovin in stekla ter motečih sestavin iz grobe frakcije, večje od 150 mm v ročni sortirni kabini, da se pridobi frakcija za trdno gorivo, ki se še zmelje na 25 mm, ločevanje srednje frakcije od 40 do 150 mm na lahko in težko frakcijo z balističnim separatorjem, srednja lahka frakcija gre v precejanje v precejalnik, prav tako težka, vendar po predhodni izločitvi

sekundarnih surovin in ostankov. Fina frakcija, manjša od 40 mm gre direktno v precejanje

- precejanje vode skozi preostalo srednjo in fino frakcijo odpadkov v precejalnikih (*percolators*)
- mokra mezofilna anaerobna fermentacija perkolata in povratne vode iz dehidracije perkotrata
- dehidracija perkotrata s stiskalnicami
- bio-sušenje perkotrata v tunelih
- mehansko ločevanje dehidriranega in posušenega perkotrata na lahko frakcijo za trdno gorivo in na ostanke za sežig v namenski sežigalnici in odlaganje na odlagališče.

Investicijska vrednost naprave za MBO s precejanjem je 73,2 mio €, letni bruto obratovalni stroški znašajo 100 €/t sprejetih PMKO, neto obratovalni stroški naprave oziroma cena predelave PMKO v njej letno znaša 90 €/t, letni prihodki pa so torej 10 €/tono. Povzročitelji odpadkov bodo morali plačati najmanj neto obratovalne stroške. Predviden je letni sprejem 131.592 ton preostalih mešanih komunalnih odpadkov, od tega 108.033 ton preostalih mešanih gospodinjskih odpadkov in 23.559 ton komunalnih odpadkov iz proizvodne, obrtne in storitvene dejavnosti, iz ljubljanske interesne regije. Ljubljanska interesna regija zajema naslednje občine: Ljubljana, Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Horjul, Ig, Kamnik, Komenda, Medvode, Škofljica, Velike Lašče in Vodice ter ima skupaj 359.596 prebivalcev.

Na osnovi analiz, primerjav in ocen naših postopkov MBO in postopkov MBO iz idejnega projekta in MBO iz vloge za pomoč EU, ki so razvidne iz poglavja 7.1, lahko ugotovimo in predlagamo za prednostni postopek obdelave PMKO iz ljubljanske regije in tudi iz osrednje slovenske regije, postopek MBO, ki je bil obdelan v vlogi za pomoč EU, ki jo je za Mestno občino Ljubljana pripravila Snaga leta 2007, z upoštevanjem spremembe vloge julija 2008 in februarja 2009 s tem, da predlagamo opustitev čiščenja odpadnega zraka z A/D-T napravo ter nadomestitev s preizkušenim stanjem tehnike (prašni filtri, kisli pralniki in biofiltri, za manjši del eventualno zelo onesnaženega odpadnega zraka pa po potrebi tudi naprava za RTO).

Za doseganje mejnih vrednosti emisij v zrak se za čiščenje zraka uporabljajo prašni filtri, pralniki, bifiltri in termična obdelava. Prašni filtri se uporabljajo izključno za izločanje prahu iz onesnaženega zraka. S pralniki lahko izločimo prah, vse vodotopne organske snovi in amonijak. Prašnim filtrom in pralnikom sledi biofilter, kjer se lahko izločijo organske snovi in smrad iz manj onesnaženega zraka. Za popolno razgradnjo organskih snovi in odstranitev smradu zelo onesnaženega zraka, ki je zelo obremenjen z organskimi snovmi, pa navedeno čiščenje ne zadostuje, z njim ne dosežemo mejnih vrednosti emisij. Mejne vrednosti emisij zelo obremenjenega odpadnega zraka lahko dosežemo le, če v sklop čiščenja dodamo tudi termično obdelavo, na primer napravo za RTO (Sabery, 2004).

Predlog prednostnega postopka MBO PMKO ljubljanske interesne regije in tudi osrednje slovenske regije je sestavljen iz:

- mehanske obdelave: izločanje čim večjih količin sekundarnih surovin v sortirnici, drobljenje PMGO z drobilnikom 180 mm, POSD se ne drobijo, ločevanje na grobo frakcijo, večjo od 200 mm, in frakcijo, manjšo od 200 mm z bobnastim sitom, ločitev frakcije, večje od 200 mm na lahko in težko frakcijo z zračnim separatorjem, groba lahka frakcija gre na pripravo TG z višjo kalorično vrednostjo, groba težja frakcija se po izločitvi kovin vrača v drobilnik, frakcija, manjša od 200 mm, gre v bobnasto sito z odprtini 50 mm, frakcija od 50 do 200 mm gre v zračni separator, kjer se loči na srednjo lahko frakcijo in srednjo težko srednjo frakcijo, srednja lahka frakcija gre na pripravo TG z višjo kurilno vrednostjo, srednja težka frakcija se po izločitvi kovin vodi v pripravo TG z nižjo kurilno vrednostjo, frakcija manjša od 50 mm iz drugega bobnastega sita se po izločitvi kovin vodi v balistični separator za izločitev inertnih snovi, ostanek pa v anaerobno fermentacijo
- mehanskega čiščenja lahke frakcije, izločanje PVC z NIR, konfekcioniranja TG po zahtevah odjemalca ter priprave za transport
- suhe termofilne anaerobne fermentacije težje frakcije s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina
- dehidracije pregnitega blata (digestata) ter odvoza na sežig.

Investicijska vrednost naprave s prednostnim postopkom MBO PMKO znaša 75,9 mio €, letni bruto obratovalni stroški znašajo 108 €/t sprejetih odpadkov, neto obratovalni stroški naprave oziroma cena predelave PMKO v njej letno znaša 90 €/t, letni prihodki pa so torej 18 €/tono (Upgrading...Ljubljana, 2009). Povzročitelji odpadkov bodo morali plačati najmanj neto obratovalne stroške. Postopek MBO v največji meri sledi načelom politike trajnostnega ravnanja z odpadki s poudarjenim izločanjem sekundarnih surovin in njihovo snovno izrabo, energetska izrabo odpadkov kot trdno gorivo in energetska izrabo nastalega bioplina.

Snaga trenutno pripravlja razpisno dokumentacijo za izdelavo projektne dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja in projektne dokumentacije za izvedbo ter za samo izgradnjo objektov za obdelavo odpadkov skupaj s strokovnjaki iz tujine. Pri izdelavi razpisne dokumentacije ponovno pregledala in analizirala postopek MBO iz idejnega projekta ter leta 2008 zaradi tega tudi obnovila vlogo za pomoč EU, saj je ugotovila potrebo po določenih spremembah postopka MBO iz idejnega projekta. Ugotovila je, da je smiselno na začetku mehanske obdelave postaviti sortirno kabino z možnim čim večjim izločanjem sekundarnih surovin (papir, karton, kovine, plastika, steklo), opustiti sušenje digestata in TG (eventuelno bi se še vedno sušilo TG iz lahke frakcije za sežig v cementarni do vsebnosti vlage 15% ali celo manj, način doseganja takšne vlažnosti pa bo prepuščen ponudnikom), opustiti čiščenje odpadnega zraka z A/D-T napravo in ga čistiti s kislimi pralniki in biofiltri (predvideva se, da zaradi opustitve sušenja digestata ne bo zelo onesnaženega odpadnega zraka in ne bo potrebna naprava za RTO, kar bo prepuščeno ponudnikom), precenjena pa je bila tudi količina proizvedenega bioplina.

Z razpisno dokumentacijo Snaga ne bo zahtevala ponudb za izvedbo tehnološke rešitve iz idejnega projekta oziroma iz vloge za pomoč EU, temveč bo znotraj določenih meja (mehanska separacija, pridobivanje trdnega goriva, sortiranje sekundarnih surovin, anaerobna fermentacija s proizvodnjo in energetska izraba bioplina ter proizvedene električne energije in odpadne toplotne energije, oskrba digestata, čiščenje odpadnega zraka) omogočeno ponudnikom, da ponudijo svojo specifično tehnološko rešitev znotraj tako zastavljenih okvirjev.



## 8 ZAKLJUČEK

Večje spremembe na področju ravnanja z odpadki v Sloveniji so se zgodile v letu 2004 s sprejetjem novega Zakona o varstvu okolja in Operativnega programa odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov, s čimer je bila potrjena temeljna strategija, da je preprečevanje nastajanja odpadkov ter visoka stopnja snovne izrabe ter recikliranje odpadnih materialov osnovni način ravnanja z odpadki tudi v Sloveniji. Stanje se izboljšuje, k dosegu ciljev pa naj bi doprineslo sprejetje ReNPVO in operativnih programov, ki so njen sestavni del. Na izvedbeni ravni ravnanja s komunalnimi odpadki pomenijo bistven premik sprejetja novih uredb od leta 2006 naprej.

V Ljubljani izvajanje skoraj vseh, v strateških usmeritvah predvidenih aktivnosti in ukrepov, zamuja za okoli 5 let. Največja posledica tega je, da se odlagališče nenevarnih odpadkov Barje še vedno zelo hitro polni in bo zapolnjeno prej, preden bodo zgrajeni objekti za predelavo komunalnih odpadkov, ki bodo bistveno zmanjšali količine odloženih odpadkov. Zadnje odlagalno polje na obstoječem odlagališču Barje bo zapolnjeno leta 2014, ko naj bi začeli objekti za obdelavo odpadkov poskusno obratovati. Če bi bili objekti za obdelavo odpadkov zgrajeni v skladu z rokom iz strategije, bi bilo možno na odlagališču Barje odlagati nekje do leta 2030.

Na osnovi ocene stanja v Sloveniji in ljubljanski regiji in na osnovi večletnega spremljanja količine odloženih odpadkov na odlagališču Barje smo ocenili, da se je količina odpadkov ustalila, oziroma da se bo količina ločeno zbranih odpadkov kvečjemu povečevala, nikakor pa ne zmanjševala, saj se bo ozaveščenost ljudi povečevala. Z večanjem količine ločeno zbranih odpadkov se bo zmanjševala količina ostalih mešanih komunalnih odpadkov oziroma se le-ta ne bo povečevala. Glede na navedeno smo za izračun količine predvidenih vstopnih in izstopnih tokov upoštevali količine ostalih mešanih komunalnih odpadkov, zbrane leta 2007, ter sestavo in lastnosti odpadkov, ki smo jih določili z izvedenimi analizami in obdelavo rezultatov analiz. Na osnovi izvedenih sejalno-sortirnih analiz in določitve prebivalcev v posameznih karakterističnih poselitvenih območjih smo izračunali, da so prispevki posameznih karakterističnih območij poselitve k celotni količini preostalih mešanih

gospodinjskih odpadkov v ljubljanski regiji v naslednjem razmerju: (ruralno območje : urbano območje z enodružinskimi hišami : urbano območje z bloki : urbano območje z mešano rabo) = (23 : 55 : 18 : 5). Če komunalne odpadke iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti prištejemo k urbanemu območju z mešano stanovanjsko, obrtno in trgovsko rabo, je razmerje prispevkov v celotni količini preostalih mešanih komunalnih odpadkov 19 : 46 : 15 : 20. Ugotovili smo, da razlika v prispevnih deležih sociourbanih struktur, med ocenjenimi pri sejnalno-sortirnih analizah in izračunanimi, bistveno ne vpliva na razliko deležev glavnih sestavin v celotnih odpadkih v letu 2007, saj sta največji spremembi zmanjšanje papirja za 1,6% in povečanje organske, biološko razgradljive frakcije za 1,9%. Vse ostale razlike so pod 0,5%.

Prikazali smo možne postopke obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki pretežno temeljijo na mehansko-biološki obdelavi. Cilji mehanske obdelave odpadkov so: maksimalni zajem reciklabilnih komponent, priprava odpadkov za biološko obdelavo in po potrebi še rafinacija produktov biološke obdelave. Izbira postopka biološke obdelave je odvisna od tega, katere produkte želimo dobiti: bio-stabilizirane odpadke za odlaganje na odlagališče, kompost, bioplin ali trdno gorivo dobre kakovosti. Izbiri postopka biološke obdelave se prilagodi način mehanske obdelave. Za analizo smo izbrali postopka:

- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba lahka frakcija in pripravi za TG, precejanja vode skozi srednjo in fino frakcijo odpadkov, mokre mezofilne AF precejene vode s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, bio - sušenja precejjenih in dehidriranih odpadkov v tunelih ter mehanskega ločevanja po bio-sušenju na lahko frakcijo za TG in na ostanke za sežig v namenski sežigalnici in na mineralne ostanke za odlaganje
- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba in srednja lahka frakcija in pripravi za TG, mokre mezofilne AF težke biološke frakcije PMKO s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, stabilizacije tekočega digestata z aeracijo in dehidracije digestata ter njegovo odlaganje na odlagališče. Ločili smo še varianti s sušenjem TG in brez sušenja TG.

Oba postopka smo ocenili predvsem z okoljskega, v določeni meri pa tudi ekonomskega in sociološkega vidika ter ju primerjali med sabo. Ugotovili smo, da sta oba postopka v skladu s sprejetimi načeli trajnostnega razvoja.

V primerjavo in ocenjevanje smo vključili še:

- najugodnejši postopek MBO PMKO iz idejne študije, ki jo je leta 2005 pripravila Snaga in je bil natančneje obdelan v idejnem projektu leta 2006 ter je sestavljen iz: mehanske separacije lahke, energetske bogatejše frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, mehanskega čiščenja lahke frakcije, sušenja trdnega goriva in konfekcioniranja po zahtevah odjemalca ter priprave za transport, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi in priprave za anaerobno fermentacijo, suhe termofilne anaerobne fermentacije težje frakcije s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, mokre separacije ostankov AF in dehidracije ter termičnega sušenja pregnitega blata (digestata) iz AF in odvoza na sežig
- postopek MBO iz vloge za pomoč EU pri nadgradnji RCERO Ljubljana iz leta 2008 in 2009, kjer je nekoliko spremenjen postopek MBO PMKO iz idejnega projekta: na začetek mehanske obdelave je dodana sortirnica za izločanje čim večjih količin sekundarnih surovin, opuščena je mokra separacija ostankov AF in sušenje digestata iz AF ter sušenje TG iz srednje težke frakcije.

Na osnovi izvedenih analiz, primerjav in ocen postopkov MBO lahko ugotovimo in predlagamo za prednostni postopek obdelave PMKO iz ljubljanske regije in tudi iz osrednje slovenske regije postopek MBO, ki je bil obdelan v vlogi za pomoč EU, ki jo je za Mestno občino Ljubljana pripravila Snaga leta 2007, z upoštevanjem spremembe vloge leta 2008 in 2009 s tem, da predlagamo opustitev čiščenja odpadnega zraka z A/D-T napravo ter nadomestitev s preizkušenim stanjem tehnike (prašni filtri, kisli pralniki in biofiltri, za manjši del eventuelno zelo onesnaženega odpadnega zraka pa po potrebi tudi naprava za RTO).

Prednostni postopek v največji meri upošteva načela Direktive o odpadkih iz leta 2006 in na začetku mehanske obdelave edini načrtuje sortirnico za izločanje sekundarnih surovin (kovin, papirja, kartona, plastike, stekla, embalaže) za ponovno uporabo in snovno izrabo. Snovni

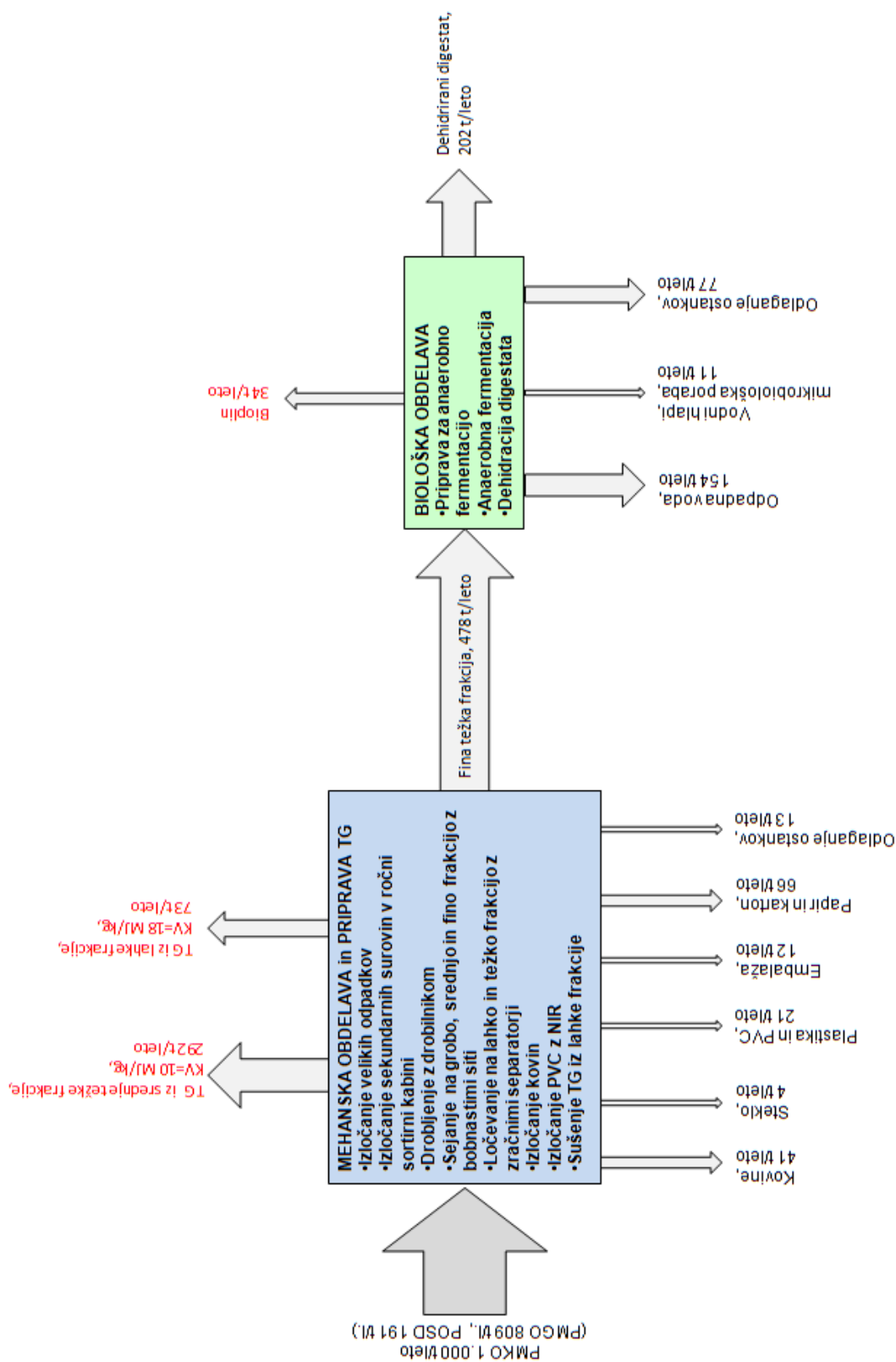
izrabi sledi uporaba odpadkov kot vira energije. Iz lahke frakcije, po izločitvi sekundarnih surovin, se pripravi trdno gorivo, ki je vir toplotne energije v cementarni ali toplarni, iz biološko razgradljive frakcije PMKO pa se proizvede bioplin, ki je vir električne in toplotne energije na plinskih motorjih. Ostanke obdelave, ki jih ni več možno drugače obdelati, se obdelajo toplotno, inertni ostanke obdelave pa se odložijo na odlagališče za nenevarne odpadke (Directive 2006/12/EC..., 2006).

Zaradi opustitve sušenja digestata in TG iz srednje težke frakcije, glede na postopek iz idejnega projekta, je prednostni postopek energetsko neodvisen od zunanjih virov. Če bi se le ena tretjina odpadnega zraka čistila z RTO napravo, bi se energetska bilanca poslabšala in postopek ne bi bil več energetsko neodvisen, temveč bi bilo potrebno zagotavljati del električne energije (okoli 1,2 mio kWh/leto) iz javnega omrežja.

Letni neto obratovalni stroški so, skupaj s postopkom MBO s precejanjem, najugodnejši in znašajo 90 €/t sprejetih odpadkov. Ob predpostavki čiščenja ene tretjine zelo onesnaženega odpadnega zraka z RTO napravo, bi znašali 91 €/t. Letni prihodek naprave s prednostnim postopkom MBO je 18 €/t sprejetih odpadkov, letni bruto obratovalni stroški pa torej 108 €/t. Postopek je z ekonomskega vidika najugodnejši.

Z okoljskega in sociološkega vidika se ne kažejo izrazite prednosti predlaganega prednostnega postopka pred ostalimi izbranimi postopki.

Na sliki 57 je prikazana blok shema predloga prednostnega postopka MBO PMKO z normativnimi masnimi tokovi iz 1.000 ton PMKO.



Slika 57: Blok shema predlaganega prednostnega postopka MBO

Figure 57: The suggested preferential MBT process block-scheme

Naj končamo z Voltaireovo mislijo: »Odgovorni smo za to, kar delamo, pa tudi za tisto, česar ne delamo.« Pa bi lahko in bi morali, dodajamo mi in s tem magistrskim delom vgrajujemo kamenček v mozaik reševanja problematike ravnanja z odpadki v ljubljanski regiji.

## 9 POVZETEK

V ljubljanski regiji je že utečeno ločeno zbiranje papirja, stekla, embalaže in biološko razgradljivih odpadkov, ostali mešani komunalni odpadki pa se odlagajo. Zaradi zahtev zakonodaje po trajnostnem ravnanju z odpadki in vedno težjega in dražjega zagotavljanja površin za odlaganje odpadkov je v ljubljanski regiji predvidena MBO (mehansko-biološka obdelava) ostalih mešanih komunalnih odpadkov. V napravi za MBO se bodo odpadki ločili na različne snovne tokove, ki se bodo uporabili za snovno izrabo (kovine, steklo, papir, plastika,..) in za energetska izrabo (trdno gorivo, bioplin) ter se na sami napravi tudi delno izrabili. Ostanki iz MBO se bodo sežgali v namenski sežigalnici, inertni odpadki pa odložili na odlagališče. Za doseganje cilja je na razpolago več postopkov in kombinacij postopkov, ki jih lahko med seboj primerjamo na osnovi načel trajnostnega razvoja, in sicer z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika. Predlagamo prednostni postopek obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov ljubljanske in tudi osrednje slovenske regije.

Večje spremembe na področju ravnanja z odpadki v Sloveniji so se zgodile v letu 2004 s sprejetjem novega Zakona o varstvu okolja in Operativnega programa odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov. Sprejetje novih uredb od leta 2006 naprej pomeni bistven premik na izvedbeni ravni ravnanja s komunalnimi odpadki v Sloveniji. V Ljubljani izvajanje skoraj vseh, v strateških usmeritvah MOL predvidenih aktivnosti in ukrepov, zamuja za okoli 5 let. Največja posledica tega je, da se odlagališče nenevarnih odpadkov Barje še vedno zelo hitro polni in bo zapolnjeno prej, preden bodo zgrajeni objekti za predelavo komunalnih odpadkov, ki bodo bistveno zmanjšali količine odloženih odpadkov.

Na osnovi izvedenih sejerno-sortirnih analiz in določitve prebivalcev v posameznih karakterističnih poselitvenih območjih smo izračunali prispevke posameznih karakterističnih območij poselitve k celotni količini preostalih mešanih gospodinjskih odpadkov v ljubljanski regiji. Ugotovili smo, da razlika v prispevnih deležih sociourbanih struktur, med ocenjenimi pri sejerno-sortirnih analizah Snage in izračunanimi, bistveno ne vpliva na razliko deležev glavnih sestavin v celotnih odpadkih v letu 2007.

Prikazali smo možne postopke obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov, ki pretežno temeljijo na mehansko-biološki obdelavi. Za analizo in primerjavo na osnovi načel trajnostnega razvoja, smo izbrali postopka:

- MBO z uporabo precejanja, mokre mezofilne AF in bio-sušenja v tunelih
- MBO z uporabo mokre mezofilne AF in stabilizacije tekočega digestata z aeracijo ter ločili še varianti s sušenjem TG in brez sušenja TG.

V primerjavo smo vključili še:

- najugodnejši postopek MBO iz idejne študije, ki jo je leta 2005 pripravila Snaga in je bil natančneje obdelan v idejnem projektu leta 2006
- postopek MBO iz vloge za pomoč EU pri nadgradnji RCERO Ljubljana iz leta 2007, z upoštevanjem spremembe vloge leta 2008 in 2009, ki je nekoliko spremenjen postopek MBO iz idejnega projekta.

Ugotovili smo, da so vsi postopki v skladu s sprejetimi načeli trajnostnega razvoja. Na osnovi izvedenih analiz, primerjav in ocen postopkov MBO lahko ugotovimo in predlagamo za prednostni postopek obdelave PMKO iz ljubljanske regije in tudi iz osrednje slovenske regije, postopek MBO, ki je bil obdelan v vlogi za pomoč EU s tem, da predlagamo opustitev čiščenja odpadnega zraka z A/D-T napravo ter nadomestitev s preizkušenim stanjem tehnike.

Postopek je sestavljen iz:

- izločanja čim večjih količin sekundarnih surovin v sortirni kabini, mehanske separacije lahke, energetske bogatejše frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, mehanskega čiščenja lahke frakcije, sušenja trdnega goriva iz lahke frakcije, ne pa tudi iz srednje težke frakcije in konfekcioniranja po zahtevah odjemalca ter priprave za transport, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi in priprave za anaerobno fermentacijo, suhe termofilne anaerobne fermentacije težje frakcije s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, dehidracije pregnitega blata (digestata) iz AF in odvoza na sežig v namensko sežigalnico.



## 10 SUMMARY

In Ljubljana region separate collecting of paper, glass, packaging and biological waste is already a matter of routine, residual mixed municipal waste is landfilling. Because of the legislation demands and increasingly effortful and expensive way to provide the landfilling surfaces MBT (mechanical-biological treatment) of the residual mixed municipal waste is foreseen for Ljubljana region. In the MBT Facilities waste will be divided into various streams, that will be used for material usage (metals, glass, paper, plastic ...) and for energetic usage (solid recovered fuel, biogas), which will be partially exploited by the plant itself. Remains will be incinerated in the incineration plant and inerts will be landfilled. There is plenty of procedures and procedure combinations to reach this goal. They can be mutually compared and analysed using sustainable development principles, namely through the environmental, economic and sociological view and preferential treatment procedure of the residual mixed municipal waste from Ljubljana- and also from central Slovenian region is suggested.

More changes concerning waste treatment in Slovenia took place in 2004, when the new Law about environment protection and Operational Programme of waste elimination with a view of reducing the quantities of deposits biodegradable waste were confirmed. Accepting new decrees from 2006 forth brings the essential change on the executive level of municipal waste treatment in Slovenia. All activities and measures foreseen by MOL in its Thematic Strategy have been executed with five years of delay. The fact that the landfill is being filled quickly and that it will be filled before the waste treatment facilities (which will significantly reduce the amounts of waste) are built - comes as the most prominent consequence of this delay.

Based on the sieving-sorting analyses and determination of the number of inhabitants calculations were made to determine the contribution of the individual characteristic settlement areas to the total amount of residual mixed household waste in Ljubljana region. We came to realize that the contributinal portions difference (ie. the difference between Snaga's estimations made by using sieving-sorting analyses and our calculated values) does

not effect significantly the difference in portions of the main ingredients in the total amount of waste in 2007.

We have demonstrated the possible residual mixed municipal waste treatments that are mainly based on means of the mechanical-biological treatment. To make the analysis and comparison based on principles of sustainable development we chose the treatment:

- MBT with percolation, wet mezophilic anaerobic digestion and bio-drying in the tunnels
- MBT with wet mezophilic anaerobic digestion and the stabilization of the liquid digestate with aeration. We also divided this treatment in two variants, one with drying solid recovered fuel and one without it.

In the comparison was also included:

- the most favourable MBT from the outline scheme prepared by Snaga in 2005 which was more precisely treated in the basic project in 2006
- MBT from the Application for assistance of the EU at upgrading RCERO Ljubljana in 2007 and updated in 2008 and 2009 (by which the treatment from the basic project was slightly changed).

We came to realize that all treatments are in accordance with the adopted principles of sustainable development. As our ascertainments are founded on analyses, comparisons and procedure evaluations we can establish and suggest the preferential residual mixed municipal waste treatment for Ljubljana- and also for the central Slovenian region, namely the MBT procedure treated in the Application for assistance. In relation to this we also suggest to abandon the A/D-T method of cleaning waste-air and replace it with proven technological possibilities.

The treatment consists of:

- eliminating as big amounts of recyclables in the sorting cabin as possible, mechanical separation of the lighter, energetically richer fraction as a raw material to produce the solid recovered fuel, mechanical cleaning of the light fraction, drying the solid recovered fuel out of light (but not of middle-weighted) fraction, confectionating in

accordance with customer's demand, transport preparations, separating the heavier fraction (which contain the concentrated biodegradable stuff), preparations for anaerobical digestion, dry thermophilic anaerobic digestion of the heavier fraction with the production and energetical usage of biogas, dehydration of the digestate from anaerobic digestion and transport to the incineration plant.

## VIRI

### Uporabljeni viri

Bahor, M. 2005. Trajnostni razvoj v okoljski politiki evropske unije. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede: 171 str.

Barata, E. 2002. Municipal Waste. V: Bisson, K. (ur.), Proops, J. (ur.). Waste in Ecological Economics. Northampton, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, Inc.: str. 117 - 145.

Bisson, K., Proops, J. 2002. An Introduction to Waste. V: Bisson, K. (ur.), Proops, J. (ur.). Waste in Ecological Economics. Northampton, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, Inc.: str. 1 - 10.

Breuer, W. 2007. Experience with the Operation of the Nehlsen-Drying-MBT Plant Stralsund. V: Kuehle-Weidemeier, M. (ur.). Proceedings. Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Hannover, 22. - 24. 05. 2007. Göttingen, Cuvillier Verlag: str. 128 - 142.

Council directive 96/61/ EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. [http:// ec.europa.eu/comm/environment/ippc](http://ec.europa.eu/comm/environment/ippc) (16. 05. 2006).

Council directive 1999/31/ EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. [http:// europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat1999](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat1999) (16. 05. 2006).

Decision-Makers' Guide To Solid Waste Management, Volume II. 1995. USEPA. [http:// www.epa.gov.epaoswer/non-hw/muncpl/facts.htm](http://www.epa.gov.epaoswer/non-hw/muncpl/facts.htm) (04. 05. 2004).

Deponija Barje – letno poročilo 2003. 2004. Ljubljana, Snaga d.o.o.

Deponija Barje – letno poročilo 2004. 2005. Ljubljana, Snaga d.o.o.: neoštevilčene str.

Deponija Barje – letno poročilo 2005. 2006. Ljubljana, Snaga d.o.o.: neoštevilčene str.

Deponija Barje – letno poročilo 2006. 2007. Ljubljana, Snaga d.o.o.: 51 str.

Deponija Barje – letno poročilo 2007. 2008. Ljubljana, Snaga d.o.o.: 60 str.

Directive 2006/12/EC of the European parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste. [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:EN:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:EN:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:EN:PDF)

(13. 02. 2009)

Directive 2000/76/ EC of the European parliament and of the Council of 4 December 2000 on the inceneratin of waste. <http://ec.europa.eu/comm/environment/wasteinc> (16. 05. 2006).

Dreissigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung uber Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfallen - 30. BImSchV) vom 20.02.2001. <http://www.chemlin.de/shop/download/BImSchV30.pdf> (06. 02. 2009).

Eberl, U., Tavzes, R. 2001. Operativni program gospodarjenja z odpadki. Ljubljana, MOL, OGJSP, Služba za gospodarjenje z odpadki: 47 str.

Fricke, K., Turek, R., Santen, H. 2006. Perkolationsprocess bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung - Beispiel MBA Buchen. V: Barth, J., Rohring, D. (ur.). Tagungsunterlagen. Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung MBA in der Bewährung. Internationale 7. ASA - Abfalltage. Congress Centrum Hannover, 01. - 03. 02. 2006. Weimar, Verlag Orbit e. V.: str. 169 - 186.

Grilc, V. 2004. Programi smanjenja onečišćenja okoliša iz područja postupanja s otpadom u Sloveniji. V: Milanović, Z (ur.). Zbornik radova - VIII. međunarodni simpozij gospodarjenje otpadom Zagreb 2004. Zagreb, 17. - 19. 11. november 2004. Zagreb, Gospodarstvo i okoliš d.o.o.: str. 833 - 847.

Grilc, V. 2006. Izšla sta referenčna dokumenta za obdelavo odpadkov. Gospodarjenje z odpadki 15, 58: str. 3 - 6.

Grilc, V. 2007. Poročilo o analizi modelnih vzorcev komunalnih odpadkov Ljubljane. KI-DP-2406. Ljubljana, Kemijski inštitut: 14 str.

Grilc, V., Husić, M. 2006a. Sortirna analiza mešanih komunalnih odpadkov. KI-L14 Ekspertiza 1542. Ljubljana, Kemijski inštitut: 4 str.

Grilc, V., Husić, M. 2006b. Poročilo o analizi izbranih frakcij komunalnih odpadkov Ljubljane. KI-DP-2390. Ljubljana, Kemijski inštitut: 11 str.

Grilc, V., Husić, M., Zupančič G., Mele, M. 2008. Izvedba in rezultati kemijske analize in merjenja biokemičnega potenciala komunalnih odpadkov Ljubljane. V: Koritnik, J. (ur.). Zbornik 9. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo Gospodarjenje z odpadki-GZO '08. Otočec, 28. 08. 2008. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: str. 124 - 134.

Heerenklage, J., Mussio, E., Sieksmeyer, R., Stegmann, R. 2007. Investigation of the anaerobic/aerobic treatment of residual Municipal solid waste in the slurry phase. V: Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, 01. - 05. 10. 2007.

[http://www.ask-eu.com/default.asp?Menu=1000&cmd=VIEW\\_ARTIKEL12135](http://www.ask-eu.com/default.asp?Menu=1000&cmd=VIEW_ARTIKEL12135) (18. 05. 2008).

Idejna študija za predelavo biološko razgradljivih odpadkov v RCERO Ljubljana na Barju. Tehnološki načrt. 2005. Ljubljana, Snaga Javno podjetje d.o.o.

Idejni projekt objektov anaerobne fermentacije biorazgradljive frakcije iz mešanih gospodinjskih odpadkov, sušenje digestata in izkoriščanje bioplina v sklopu RCERO Ljubljana. Tehnološki načrt. 2006. Ljubljana, Snaga Javno podjetje d.o.o.: 54 str.

Kazalci okolja v Sloveniji - Odpadki in snovni tok, Komunalni odpadki. <http://kazalci.arso.gov.si/kazalci> (05. 05. 2009).

Keuc, A. 2002a. Kako ravnati z odpadki. Ljubljana, Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, ustanova: 47 str.

Keuc, A. 2002b. Ravnanje z odpadki v Sloveniji. Ljubljana, Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, ustanova: 32 str.

Kompostirajmo doma.

<http://www.umanotera.org/NOVO/slo/docs/kompostiranje.doc> (15. 12. 2003).

Kralj V., Grilc V. 2003. Problematika gradbenih odpadkov v Sloveniji - stanje in smeri reševanja. V: Horvat, I. in Kortnik, J. (ur.). Zbornik 4. posvetovanja Gospodarjenje z odpadki. Slovenske Konjice, 18. 09. 2003. Ljubljana, Cetera d.o.o.: str. 81 - 88.

Kühle-Weidemeier, M. Re: TOC in the digestate. Message to: Grilc, V. 20. marec 2009. Osebna komunikacija.

Letno poročilo za leto 2007. 2008. Ljubljana, Snaga Javno podjetje d.o.o. Ljubljana:109 str.

Mechanical-Biological-Treatment: A Guide for decision Makers - Processes, Policies and Markets. 2005. Gloucestershire, Juniper Consultancy Services LTD.

[http://www.juniper.co.uk/Publications/mbt\\_report.html](http://www.juniper.co.uk/Publications/mbt_report.html) (26. 04. 2006).

Mele, M. 2006. Količine in sestava mešanih (neločenih) gospodinskih odpadkov (MGO) zbranih v okvirju Javnega podjetja Snaga d.o.o., Ljubljana ter ločenih organskih kuhinjskih odpadkov iz gospodinjstev (OKOG) in preostanka mešanih gospodinskih odpadkov (PMGO) s poskusnega območja ločenega zbiranja OKOG Ljubljana-Šiška za zimo 2005/2006. Ljubljana, Snaga Javno podjetje, d.o.o.: 24 str.

Mele, M. 2008. Izvedba in rezultati sejhalno-sortirnic analiz vzorcev ter ocena sestave nekaterih vrst komunalnih odpadkov Ljubljane za leto 2007. V: Koritnik, J. (ur.). Zbornik 9. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo Gospodarjenje z odpadki-GZO '08. Otočec, 28. 08. 2008. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: str. 101 - 123.

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

Merten, M., Person, G., Shreiber, M., 2006. Moderne Abfallbehandlung – die MBA Kahlenberg: 36 str.

<http://www.abfallwirtschaft-ortenaukreis.de/files/upload/MBA%20Artikel%20und%20ZAK%20Verfahren.pdf>

(04.05.2008).

Michalski, D., Wendt, A. in Büll, U. 2008. MPS - Mechanisch Physikalisches Stabilisierungsverfahren am Beispiel Berlin. V: Barth, J., Rohring, D. (ur.). Tagungsunterlagen. Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung - Leistungsfähigkeit der MBA. Internationale 7. ASA - Abfalltage. Congress Centrum Hannover, 13. - 15. 02. 2008. Weimar, Verlag Orbit e. V.: str. 133 - 147.

Nacionalni program varstva okolja. UL RS št. 83-3953/1999: str. 12765 - 12845.

Oberländer, B. 2006. Betriebserfahrungen mit der Nehlsen-MBS-Anlage Stralsund-und weitere Aktivitäten von Nehlsen in Mecklenburg-Vorpommern. <http://www.auf.uni-rostock.de/uiw/asw/Dialog/Vortr%C3%A4ge%20%20gb/Oberl%C3%A4nder.pdf>

(04.05.2008)

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov za obdobje do konca leta 2008.



[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/operativni\\_program\\_odpadki\\_2008.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_odpadki_2008.pdf) (16. 05. 2006)

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov. Novelacija, marec 2008.  
[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/op\\_odpadki\\_biorazgradljivi.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_odpadki_biorazgradljivi.pdf) (05. 01. 2009)

Panjan, J. 2005. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki. 2. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Person, G., Schreiber, M. in Gibis, R. 2008. MBA mit Perkolation am Beispiel der MBA Kahlenberg. V: Barth, J., Rohring, D. (ur.). Tagungsunterlagen. Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung - Leistungsfähigkeit der MBA. Internationale 7. ASA - Abfalltage. Congress Centrum Hannover, 13. - 15. 02. 2008. Weimar, Verlag Orbit e. V.: str. 83 - 102.

Plepla, K. H., EBS-HKW Stavenhagen-Funktion, Aufbau, brennstoff und versorgungsaufgabe.  
<http://www.auf.uni-rostock.de/UIW/AW/Dialog/Votr%C3%A4ge%2010/Plepla.pdf> (07. 08. 2008).

Poročilo o stanju okolja v Sloveniji 2002. Agencija Republike Slovenije za okolje.  
[http://www.arso.gov.si/poro~cila/Poro~cila\\_o\\_stanju\\_okolja\\_v\\_Sloveniji/odpadki.pdf](http://www.arso.gov.si/poro~cila/Poro~cila_o_stanju_okolja_v_Sloveniji/odpadki.pdf) (16.12.2003).

Pravilnik o ravnanju z odpadki. UL RS št. 84-4330/1998: str. 7105 - 7130.

Ravnanje z odpadki. GZS Portal. <http://www.gzs.si/NIVO3.asp?IDpm=5399> (04. 02.2003).

Razlaga osnovnih izrazov pri bioplinu. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.  
<http://www.kis.si/pls/kis!/kis.web?m=170&j=SI> (27. 04. 2008)

Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration. 2006. European Commission: 602 str. <http://www.eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm> (19. 06. 2008).

Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries. 2006. European Commission: 592 str. <http://www.eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm> (19. 06. 2008).

Rejec Brancelj, I. (ur.), Kušar, U. (ur.). 2006. Kazalci okolja 2005. Ljubljana, MOP, Agencija RS za okolje: 106 str. <http://nfp-si.eionet.europa.eu/News/NEWS1173443770> (05. 05. 2008)

Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005-2012. UL RS št. 2-3/2006: str. 17 - 105.

Rettenberger, G. 2006. Abfallbehandlung nach dem ZAK-Verfahren-Forderung der Errichtung der MBA Kahlenberg durch die EU. Die fünfte Veranstaltung Fachtagungsreihe Deponietechnik 2006. Hamburg, 10. - 11. 01. 2006. <http://www.ask-eu.de/default.asp?Menu=142&Bereich=5&SubBereich=16&ArtikelPPV=7348#> (04.05.2008).

Sabery, F. 2004. Modell zur Vorkalkulation von mechanisch – biologischen Restabfallbehandlungsanlagen zur Herstellenug von Ersatzbrennstoffen. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktorin der Ingenieurwissenschaften. Berlin, Technischen Universität Berlin, Fakultät III – Processwissenschaften: 163 str. [http://edocs.tu-berlin.de/diss/2003/sabery\\_farzaneh.pdf](http://edocs.tu-berlin.de/diss/2003/sabery_farzaneh.pdf) (29. 06. 2008)

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.). Proceedings. Mechanical biological treatment and automatic sorting of municipal solid waste. International Symposium MBT 2007. Hannover, 22. - 24. 05. 2007. Göttingen, Cuvillier Verlag: str. 282 - 295.

Sieksmeyer, R., Stockinger, J. 2008. HAASE – Technologie für die anaerobe/aerobe Vorbehandlung von Restabfällen in der Flüssigphase. Tagungsbeiträge zum 20. Kasseler Abfall – und Bioenergieforum. Kassel, 08. 04. 2008 – 10. 04. 2008. Witzenhausen, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH: 9 str. [http://www.abfallforum.de/tagungen/downloads\\_t.php](http://www.abfallforum.de/tagungen/downloads_t.php) (03. 05. 2008).

Snaga, d.o.o. Ljubljana – interni podatki o zbranih količinah odpadkov v letu 2006 in odjemnih mestih vključno z naslovi prinašalcev odpadkov na odjemno mesto.

Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki. 1996. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 63 str. <http://www.sigov.si/mop/> (28. 12. 2005).

Strateške usmeritve Mestne občine Ljubljana za ravnanje z odpadki. 1999. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana: 25 str.

Statistični urad Republike Slovenije. <http://www.stat.si/letopis/LetopisPrvaStran.aspx?lang=si> (08. 05. 2007)

Svet za trajnostni razvoj RS.

[http://www.svlr.gov.si/si/delovna\\_podrocja/svet\\_za\\_trajnostni\\_razvoj/](http://www.svlr.gov.si/si/delovna_podrocja/svet_za_trajnostni_razvoj/) (30. 12. 2008).

Upgrading of Regional Waste Management Centre Ljubljana. Application for Assistance. February 2007. Upgrading February 2009. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana: 51 str.

Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaženja. UL RS št. 31-1697/2007: str. 4308 - 4376.

Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju. UL RS št. 105-4558/2005: str. 11026 - 11046.

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. UL RS št. 32-1311/2006: str. 3351 - 3381.

Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov. UL RS št. 62-2628/2006: str. 8197 - 8218.

Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo. UL RS št. 57-2419/2008: str. 6210 - 6224.

Uredba o ravnanju z odpadki. UL RS št. 34-1358/2008: str. 3194 - 3241.

Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega. UL RS št. 97/2004: str. 11767 - 11772.

Vuk, D. 1997. Ravnanje z odpadki. Kranj, Moderna organizacija: 93 str.

Vuk, D. 1998. Ravnanje z odpadki biološkega izvora – skripta. Kranj, Moderna organizacija: 75 str.

Wallmann, R., Fricke, K., Hake, J. 2008. Energieeffizienz der mechanisch – biologischen Restabfallbehandlung. V: Barth, J., Rohring, D. (ur.). Tagungsunterlagen. Mechanisch – Biologische Restabfallbehandlung – Leistungsfähigkeit der MBA. Internationale 7. ASA – Abfalltage. Congress Centrum Hannover, 13. – 15. 02. 2008. Weimar, Verlag Orbit e. V.: str-385 – 409.

Waste generated and treated in Europe. 2005. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 131 str. <http://www.eurostat.ec.eu.int/portal/page> (28. 12. 2005).

Williams, P., T. 2005. Waste Treatment and Disposal. West Sussex, John Wiley&sons Ltd: 380 str.

Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). UL RS št. 41-1694/2004: str. 4818 - 4853

## Ostali viri

Biodegradable municipal waste management in Europe. Topic report 15/2001. Part 1: Strategies and instruments. 2002. Copenhagen, European Environment Agency: 48 str.

[http://reports.eea.eu.int/topic\\_report\\_2001\\_15/en](http://reports.eea.eu.int/topic_report_2001_15/en) (25. 04. 2006).

Biodegradable municipal waste management in Europe. Topic report 15/2001. Part 2: Strategies and instruments. 2002. Copenhagen, European Environment Agency: Strategies and instruments, Appendices: 42 str.

[http://reports.eea.eu.int/topic\\_report\\_2001\\_15/en](http://reports.eea.eu.int/topic_report_2001_15/en) (25. 04. 2006).

Biodegradable municipal waste management in Europe. Topic report 15/2001. Part 3: Strategies and instruments. 2002. Copenhagen, European Environment Agency: Technology and market issues: 32 str. [http://reports.eea.eu.int/topic\\_report\\_2001\\_15/en](http://reports.eea.eu.int/topic_report_2001_15/en) (25. 04. 2006).

Drev, D., Slane, M., Panjan, J. 2008. Untersuchungen über die ländlichen Badegewässer in Slowenien und Massnahmen zu deren Verbesserung. Wasserwirtschaft 12, 98: str. 36-40.

Krzyk, M., Drev, D., Panjan, J. 2009. Kanalizacijski sistemi iz betonskih cevi kot plug flow reaktor = Sewage systems made from concrete pipes as a plug flow reactor. V: Zajc, A. (ur.). Betoni za ekološke gradnje: zbornik gradiv in referatov. Ljubljana, IRMA, Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije: str. 63-72.

Malus, M. 2004. Gospodarjenje z odpadki v Sloveniji. Seminarska naloga pri predmetu Temelji ekonomske analize - izr. prof. dr. Zarjan Fabjančič. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za gradbeništvo, Komunalna smer: 32 str.

Malus, M. 2004. Zmanjšanje komunalnih odpadkov na izvoru. Seminarska naloga pri predmetu Temelji urbane in komunalne ekonomike - izr. prof. dr. Albin Rakar. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za gradbeništvo, Komunalna smer: 44 str.

Mele, M., Selšek, K. 2003. Količine in sestava gospodinjanskega dela komunalnih odpadkov na območju Javnega podjetja Snaga, d.o.o., Ljubljana za leto 2000 in nekatere primerjave z letom dni 1994/95. Ljubljana, Snaga Javno podjetje, d.o.o.: 13 str.

Municipal waste management in Accession Countries, 2002. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities: 90 str. <http://www.eurostat.cec.eu.int/portal/page> (28. 12. 2005).

Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki. UL RS št. 21-1189/2001: str. 2064 - 2071.

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

Operativni program za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov do leta 2012. [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) (04. 05. 2008)

Panjan, J. 2006. Die Messung von Partikelgrößen und ihre Anwendung bei Flockungs- und Absetzprozessen. KA, Wasserwirtsch. Abwasser Abfall 3, 53: str. 260-264.

Pravilnik o predelavi biološko razgradljivih odpadkov v kompost. UL RS št. 42-1886/2004: str. 5180 - 5186.

Pravilnik o ravnanju z organskimi kuhinjskimi odpadki. UL RS št. 37-1608/2004: str. 4471-4475.

Pravilnik o sežiganju odpadkov. UL RS št. 32-1492/2000: str. 3863 - 3878.

Rakar, A., Eržen, N. 2005. Analiza stroškov in koristi ločenega zbiranja komunalnih odpadkov. Neobjavljeni članek: 17 str.

Review of selected waste streams. Tehnical report/69. 2002. Copenhagen, European Environment Agency. [http://reports.eea.eu.int/tehnical\\_report\\_2001\\_69/en](http://reports.eea.eu.int/tehnical_report_2001_69/en) (09. 05. 2006).

Ruter, M., Proj, I., Medved, M., Grilc, V., Husić, M. 1993. Analiza gospodinjskih odpadkov Ljubljana 26. 02. 1993 – 01. 03. 1993. Ljubljana, J.P. Snaga Ljubljana, Kemijski inštitut Ljubljana: 9 str.

Sporočilo komisije svetu, evropskemu parlamentu, ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij. Nadaljevanje trajnostne uporabe virov-tematska strategija o preprečevanju in recikliranju odpadkov. 2005. Bruselj, komisija evropskih skupnosti: 33 str. <http://ec.europa.eu/comm/environment/waste/strategy.htm> (16. 05. 2006).

Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. UL RS št. 84-3646/2005: str. 8709 - 8717.

Waste Annual topic update 2000. topic report 8/2001. 2001. Copenhagen, European Environment Agency: [http://reports.eea.eu.int/TopicReport\\_08\\_2001/en](http://reports.eea.eu.int/TopicReport_08_2001/en) (09. 05. 2006).

Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja (ZVO-1A). UL RS št. 20-745/2006: str. 1949 - 1955

Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja (ZVO-1B). UL RS št. 70-3026/2008: str. 9570 - 9588

Zore, J., Marc, D. 2001. Odpadki v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 50 str.

## **PRILOGE**



**Priloga A: Tipi poselitve**

**Annex A: Types of settlement**

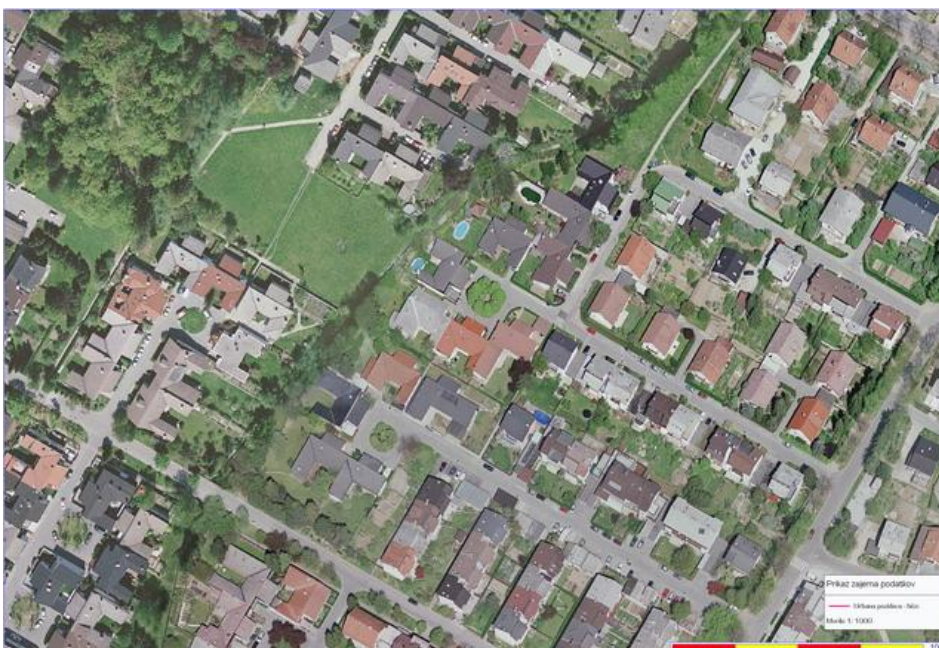
Priloga A1: Ruralna pozidava

Annex A1: Rural bulidings



Priloga A2: Urbana pozidava - hiše

Annex A2: Urban buildings - houses



Priloga A3: Urbana pozidava - bloki

Annex A3: Urban buildings - blocks of flats



Priloga A4: Urbana pozidava - mešana raba prostora (center)

Annex A4: Urban buildings - mixed usage of space (centre)



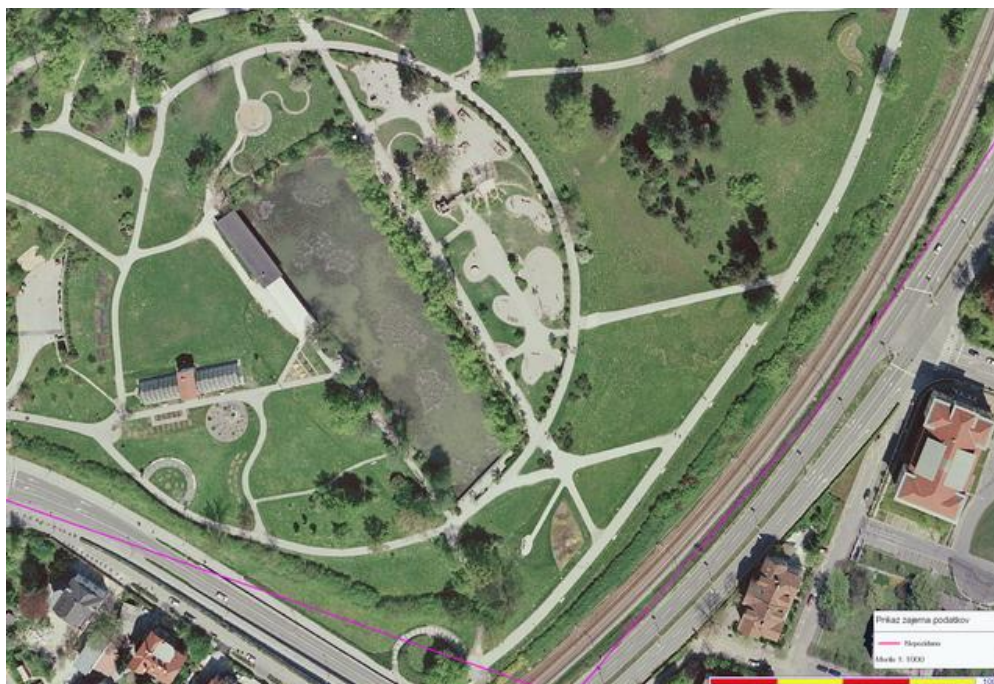
Priloga A5: Industrijska cona

Annex A5: Industrial zone



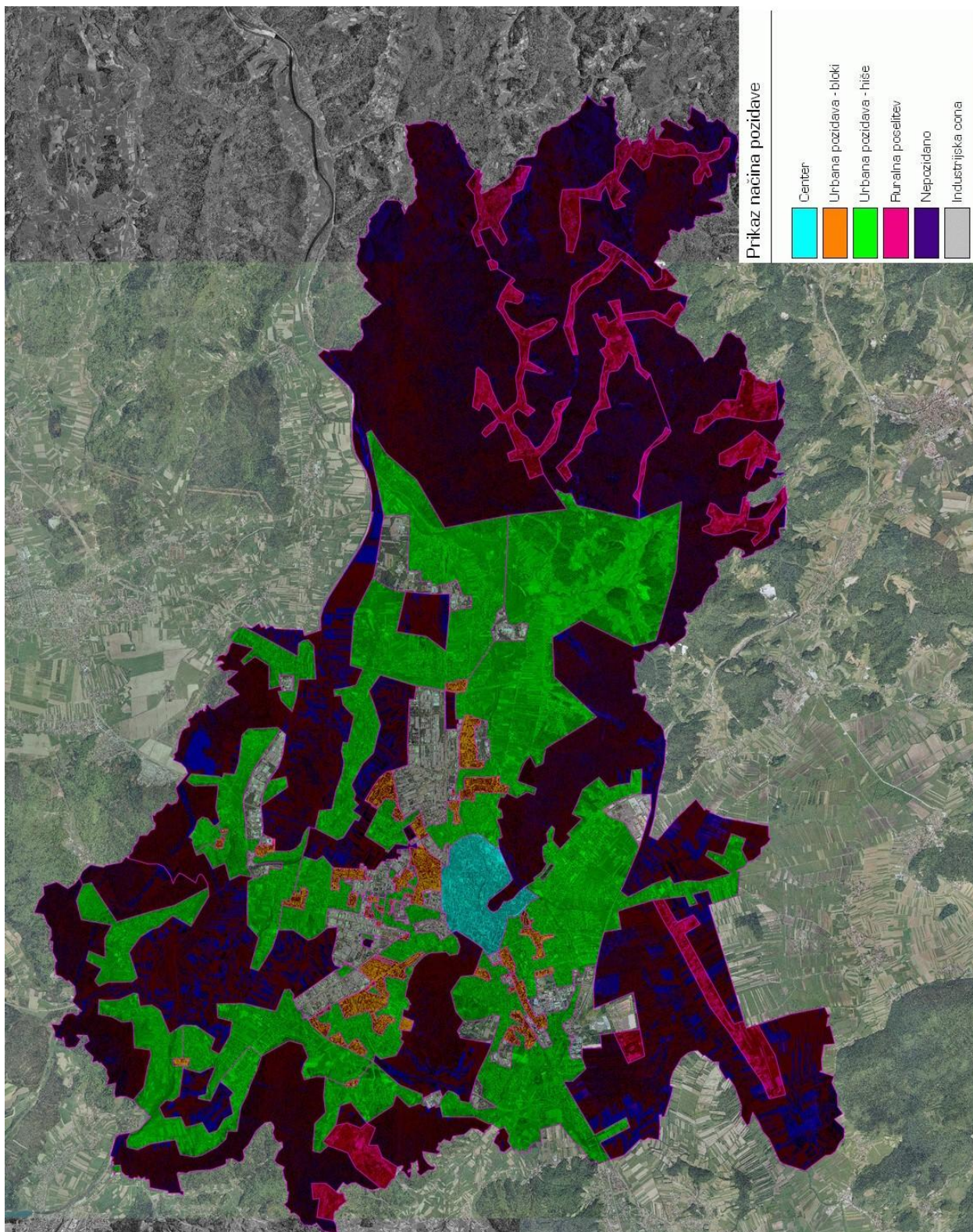
Priloga A6: Nepozidano

Annex A6: Area without buildings



**Priloga B: Prikaz tipov poselitve oziroma načina poselitve v MOL**

**Annex B: The types of settlement in CML**



**Priloga C: Število prebivalcev**

**Annex C: The number of inhabitants**

Priloga C1: Število prebivalcev v hišah in blokih v ostalih občinah po popisu leta 2002

Annex C1: Number of inhabitants in houses and blocks in other municipalities according to 2002 population count

Ostale občine (k)	Skupno št. prebivalcev (p <sub>2002,k</sub> )	Št. prebivalcev v hišah	Št. prebivalcev v blokih
1. Borovnica	3.839	3.165	674
2. Brezovica	9.334	9.076	258
3. Dobrova-Polhov Gradec	6.691	6.541	150
4. Dol pri Ljubljani	4.341	4.231	110
5. Horjul	2.622	2.537	85
6. Ig	5.445	4.933	512
7. Kamnik	26.475	19.122	7.353
8. Komenda	4.451	4.341	110
9. Medvode	14.161	11.455	2.706
10. Škofljica	7.119	6.785	334
11. Velike Lašče	3.735	3.677	58
12. Vodice	3.871	3.817	54
13. Vrhnika	17.729	14.514	3.215
SKUPAJ	109.813	94.194	15.619

Priloga C2: Število prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in urbanem območju z mešano rabo prostora po popisu leta 2002 v ostalih občinah

Annex C2: Number of inhabitants in the rural area, urban area with prevailing detached houses settlement, urban area with prevailing block of flats settlement and urban area with prevailing mixed usage of space according to count of the population 2002 in other municipalities

Ostale občine (k)	Skupno št. prebivalcev (P <sub>2002,k</sub> )	Št. preb.-ruralno območje (P <sub>2002,a=1,k</sub> )	Št. preb.-urb. obm.-en. hiše (P <sub>2002,a=2,k</sub> )	Št. preb.-urb. obm.-bloki (P <sub>2002,a=3,k</sub> )	Št. preb.-urb. obm.-mešano (P <sub>2002,a=4,k</sub> )
1. Borovnica	3.839	2.418	747	674	0
2. Brezovica	9.334	5.211	3.865	258	0
3. Dobrova-P. Gradec	6.691	5.678	863	150	0
4. Dol pri Ljubljani	4.341	4.049	182	110	0
5. Horjul	2.622	1.979	558	85	0
6. Ig	5.445	3.384	1.549	512	0
7. Kamnik	26.475	11.498	7.624	7.353	0
8. Komenda	4.451	3.276	1.065	110	0
9. Medvode	14.161	8.085	3.370	2.706	0
10. Škofljica	7.119	4.725	2.060	334	0
11. Velike Lašče	3.735	3.387	290	58	0
12. Vodice	3.871	3.236	581	54	0
13. Vrhnika	17.729	6.096	8.418	3.215	0
SKUPAJ	109.813	63.022	31.172	15.619	0

Priloga C3: Odstotek prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in urbanem območju z mešano rabo prostora po popisu leta 2002 v ostalih občinah

Annex C3: The percentage of inhabitants in the rural area, urban area with prevailing detached houses settlement, urban area block settlement and urban area with prevailing mixed usage of space according to count of the population 2002 in other municipalities

Ostale občine (k)	Odstotek- skupno št. prebivalcev ( $\sum o_{a=1-4,k}$ )	Odstotek- ruralno območje ( $o_{a=1,k}$ )	Odstotek-urb. obm.-en. hiše ( $o_{a=2,k}$ )	Odstotek-urb. obm.-bloki ( $o_{a=3,k}$ )	Odstotek-urb. obm.-mešano ( $o_{a=4,k}$ )
1. Borovnica	100	62,98515	19,45819	17,55666	0
2. Brezovica	100	55,82816	41,40776	2,76409	0
3. Dobrova-P. Gradec	100	84,86026	12,89792	2,24182	0
4. Dol pri Ljubljani	100	93,27344	4,19258	2,53398	0
5. Horjul	100	75,47674	21,28146	3,24180	0
6. Ig	100	62,14876	28,44812	9,40312	0
7. Kamnik	100	43,42965	28,79698	27,77337	0
8. Komenda	100	73,60144	23,92721	2,47135	0
9. Medvode	100	57,09343	23,79775	19,10882	0
10. Škofljica	100	66,37168	28,93665	4,69167	0
11. Velike Lašče	100	90,68273	7,76439	1,55288	0
12. Vodice	100	83,59597	15,00904	1,39499	0
13. Vrhnika	100	34,38434	47,48153	18,13413	0

Priloga C4: Skupno število prebivalcev, število prebivalcev v ruralnem območju, urbanem območju s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami, urbanem območju s prevladujočo blokovsko poselitvijo in urbanem območju z mešano rabo prostora na dan 31. 12. 2005 v 13 ostalih občinah

Annex C4: The total number of inhabitants, number of inhabitants in the rural area, urban area with prevailing detached houses settlement, urban area block settlement and urban area with prevailing mixed usage of space on 31. 12. 2005 in other 13 municipalities

Ostale občine (k)	Skupno št. prebivalcev (p <sub>k</sub> )	Št. preb.- ruralno območje (p <sub>a=1,k</sub> )	Št. preb.- urb. obm.- en. hiše (p <sub>a=2,k</sub> )	Št. preb.- urb. obm.- bloki (p <sub>a=3,k</sub> )	Št. preb.- urb. obm.- mešano (p <sub>a=4,k</sub> )
Horovnica	3.865	2.434	752	679	0
Prezovica	9.931	5.544	4.112	275	0
Dobrova-Polhov Gradec	6.935	5.885	894	155	0
Dol pri Ljubljani	4.745	4.426	199	120	0
Horjul	2.682	2.024	571	87	0
g	5.850	3.636	1.664	550	0
Čamnik	27.298	11.855	7.861	7.582	0
Comenda	4.729	3.481	1.132	117	0
Medvode	14.630	8.353	3.482	2.796	0
Škofljica	7.728	5.129	2.236	363	0
Velike Lašče	3.997	3.625	310	62	0
Vodice	4.130	3.453	620	58	0
Vrhnika	18.233	6.269	8.657	3.306	0
UPAJ	114.753	66.114	32.491	16.148	0



Priloga C5: Število državljanov, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, v šestih sociourbanih strukturah na območju MOL na dan 31. 12. 2005

Annex C5: The number of inhabitants excluding those who temporarily live abroad in 6 sociourban structures in CML on 31. 12. 2005

Poselitvena območja	Št. državljanov
Ruralno območje	3.071
Urbano območje-en. hiše	125.380
Urbano območje-bloki	103.294
Urbano območje-mešano	22.473
Nepozidano	581
Industrijska cona	983
SKUPAJ	255.782

Priloga C6: Število državljanov, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, v štirih sociourbanih strukturah na območju MOL na dan 31. 12. 2005

Annex C6: The number of inhabitants excluding those who temporarily live abroad in 4 sociourban structures in CML on 31. 12. 2005

Poselitvena območja (a)	Št. državljanov ( $d_{MOL,a}$ )
1. ruralno območje	3.652
2. urbano območje-en. hiše	125.380
3. urbano območje-bloki	103.294
4. urbano območje-mešano	23.456
SKUPAJ ( $d_{MOL}$ )	255.782

**Priloga D: Število državljanov in število prebivalcev na ožjih območjih posamezne socio-urbane strukture**

**Annex D: The number of citizens and number of inhabitants in the selected area of individual sociourban structures**

Priloga D1: Število državljanov RS, brez tistih, ki začasno prebivajo v tujini, na ožjem območju posamezne sociourbane strukture na dan 31. 12. 2005

Annex D1: The number of Slovenian citizens, excluding those who temporarily live abroad, in the selected area of an individual sociourban structure on 31. 12. 2005

Ožja območja poselitvenih območij (a)	Št. državljanov (d <sub>a</sub> )
1. ruralno območje	185
2. urbano območje-en. hiše	271
3. urbano območje-bloki	788
4. urbano območje-mešano	600

Priloga D2: Število prebivalcev na ožjem območju posamezne sociourbane strukture na dan 31. 12. 2005

Annex D2: The number of inhabitants, living in the selected area of an individual sociourban structure on 31. 12. 2005

Ožja območja poselitvenih območij (a)	Št. prebivalcev (p <sub>a</sub> )
1. ruralno območje	193
2. urbano območje-en. hiše	283
3. urbano območje-bloki	822
4. urbano območje-mešano	626

**Priloga E: Mase vzorcev odpadkov in trajanje povzročanja te mase ter mase na prebivalca po posameznih poselitvenih območjih**

**Annex E: The waste sample masses and duration of generating this mass and masses of waste per inhabitant in individual sociourban structures**

Priloga E1: Mase vzorcev odpadkov zajetih v mesecih marec in oktober 2006 na ožjih območjih posameznih sociourbanih struktur

Annex E1: The waste sample masses generated in March and October 2006 in the selected areas of individual sociourban structures

Ožja območja poselitvenih območij (a)	1. dec. 05 do 31. maj 06 - masa ( $m_{a,b=1}$ ) v kg	1. jun. 06 do 30. nov. 06 – masa ( $m_{a,b=2}$ ) v kg
1. ruralno območje	1.506	1.600
2. urbano območje-en. hiše	1.696	960
3. urbano območje-bloki	1.091	1.800
4. urbano območje-mešano	1.028	1.400

Priloga E2: Trajanje povzročanja mase vzorcev iz ožjih območjih posameznih sociourbanih struktur

Annex E2: The duration of generating masses of the samples from selected areas of the individual sociourban structures

Ožja območja poselitvenih območij (a)	1. dec. 05 do 31. maj 06		1. jun. 06 do 30. nov. 06	
	Dnevi odvzema	Trajanje povzročanja ( $t_{a,b=1}$ ) v dneh	Dnevi odvzema	Trajanje povzročanja ( $t_{a,b=2}$ ) v dneh
1. ruralno območje	<b>tor</b>	7	<b>tor</b>	7
2. urbano območje-en. hiše	<b>pon, čet</b>	4	<b>pon, čet</b>	4
3. urbano območje-bloki	<b>pon, čet</b>	3	<b>pon, čet</b>	4
4. urbano območje-mešano	<b>pon, sre, pet</b>	3	<b>pon, sre, pet</b>	3

Priloga E3: Mase povzročenih odpadkov na ožjih območjih posameznih sociourbanih struktur na prebivalca v obdobju od 1. decembra 2005 do 31. maja 2006, od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 in od 1. decembra 2005 do 30. novembra 2006

Annex E3: The masses of generated waste in the selected areas of individual sociourban structures per inhabitant in the 1<sup>st</sup> December 2005 – 30<sup>th</sup> November 2006, 1<sup>st</sup> June 2006 – 30<sup>th</sup> November 2006 and 1<sup>st</sup> December 2005 to 30<sup>th</sup> November 2006 periods

Ožja območja poselitvenih obm. (a)	$m_{a,b=1}$	$m_{i,b=2}$	$p_a$	$t_{b=1}$	$t_{b=2}$	$t_{a,b=1}$	$t_{a,b=2}$	$M_{p_{a,b=1}}$ kg/preb	$M_{p_{a,b=2}}$ kg/preb	$\sum_{b=1-2}$ $M_{p_{a,b}}$ kg/preb
1. ruralno območje	1.506	1.600	193	182	183	7	7	202,8808	216,7283	419,6092
2. urbano obm.-en. hiše	1.696	960	283	182	183	4	4	272,6784	155,1943	427,8728
3. urbano obm.-bloki	1.091	1.800	822	182	183	3	4	80,5199	100,1825	180,7024
4. urbano obm.-mešano	1.028	1.400	626	182	183	3	3	99,6251	136,4217	236,0469

**Priloga F:   Mase in deleži frakcij v vzorcih PMKO in izračun mase in deležev frakcij  
v PMKO**

**Annex F:   The masses and portions of fractions in the RMMW samples and the  
RMMW masses and fraction-portions calculation**

Priloga F1: Mase in deleži frakcij v vzorcih PMKO iz štirih sociourbanih struktur, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO

Annex F1: The RMMW samples fraction masses and portions from four sociourban structures, where separate collecting BLOW was not introduced

Z.št.	FRAKCIJE (f)	1. ruralno območje		2. urb.obm.- en. hiše		3. urb.obm. - bloki		4.urb.obm.- mešano		
		$m_{f,a=1}$ (kg)	$O_{f,a=1}$ (%)	$m_{f,a=2}$ (kg)	$O_{f,a=2}$ (%)	$m_{f,a=3}$ (kg)	$O_{f,a=3}$ (%)	$m_{f,a=4}$ (kg)	$O_{f,a=4}$ (%)	
1	EMBALAŽNI PAPIR	5,0	0,33	9,5	0,56	5,0	0,45	9,0	0,85	
2	NEEMBALAŽNI PAPIR	123,5	8,22	138,5	8,19	104,0	9,35	143,5	13,63	
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)	21,5	1,43	5,5	0,33	14,5	1,30	10,5	1,00	
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN	25,0	1,66	45,5	2,69	19,5	1,75	16,5	1,57	
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK	60,5	4,02	32,0	1,89	30,5	2,74	66,0	6,27	
6	PLASTIČNA FOLIJA	141,0	9,38	106,5	6,30	82,0	7,37	58,0	5,51	
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	40,0	2,66	56,7	3,35	37,0	3,32	50,0	4,75	
8	TEKSTIL	25,9	1,72	83,9	4,96	45,4	4,08	25,6	2,43	
9	HIGIENSKI TEKSTIL	27,1	1,80	79,6	4,71	38,3	3,44	26,1	2,48	
10	USNJE, GUMA	2,9	0,19	10,4	0,62	4,1	0,37	10,2	0,97	
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	20,2	1,34	39,6	2,34	13,9	1,25	1,8	0,17	
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	50,6	3,37	41,1	2,43	40,8	3,67	38,9	3,69	
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	26,4	1,76	16,4	0,97	12,7	1,14	14,7	1,40	
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	4,2	0,28	2,0	0,12	7,7	0,69	8,7	0,83	
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	0,3	0,02	0,2	0,01	1,3	0,12	1,8	0,17	
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	19,8	1,32	21,0	1,24	12,6	1,13	11,1	1,05	
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	4,5	0,30	8,2	0,48	2,0	0,18	2,0	0,19	
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	5,1	0,34	4,6	0,27	7,3	0,66	42,1	4,00	
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0,0	0,00	3,3	0,20	1,0	0,09	0,0	0,00	
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE,SLAMA,PLUTA	254,0	16,90	319,0	18,86	98,0	8,85	170,0	16,15	
21	ODPADKI HRANE, KRUH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI	12,0	0,80	6,4	0,38	91,9	8,21	10,8	1,03	
22	OBDELAN LES	10,9	0,73	18,5	1,12	6,9	0,62	7,2	0,68	
23	ČISTI ORGANSKI ODPADKI 10-40 mm	217,9	14,50	436,5	25,80	172,0	15,45	129,3	12,28	
24	MEŠANICA SESTAVIN 10-40 mm (brez čistih org. odpadkov 10-40 mm)	110,1	7,32	48,5	2,87	106,5	9,57	71,7	6,81	
25	DROBNE ORGANSKE SESTAVINE IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	291,0	19,36	153,0	9,04	152,0	13,66	125,0	11,87	
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODPADKI-baterije, zdravila, čistila,...)	3,8	0,25	4,7	0,28	6,0	0,54	2,4	0,23	
Skupaj		$m_{VZ,a}, \sum O_{f,a}$	1.503,2	100,00	1.691,1	100,00	1.112,9	100,00	1.052,9	100,00

Priloga F2: Mase in deleži frakcij PMKO iz štirih sociourbanih struktur, kjer še ni bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO

Annex F2: The RMSW fraction masses and portions from four sociourban structures, where separate collecting BIOO was not introduced

Z.št.	FRAKCIJE (f)	1. ruralno obm.		2.urb.obm.-en. hiše		3.urb.obm.-bloki		4.urb.obm.-mešano			
		$M_{f,a=1}$ (kg)	$O_{f,a=1}$ (%)	$M_{f,a=2}$ (kg)	$O_{f,a=2}$ (%)	$M_{f,a=3}$ (kg)	$O_{f,a=3}$ (%)	$M_{f,a=4}$ (kg)	$O_{f,a=4}$ (%)		
1	EMBALAŽNI PAPIR	38.530	0,33	206.055	0,56	36.796	0,45	99.016	0,85		
2	NEEMBALAŽNI PAPIR	951.703	8,22	3.013.560	8,19	764.531	9,35	1.578.759	13,63		
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)	165.681	1,43	117.746	0,32	106.298	1,30	115.519	1,00		
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN	192.652	1,66	989.802	2,69	143.094	1,75	181.530	1,57		
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK	466.219	4,02	695.437	1,89	224.044	2,74	726.119	6,27		
6	PLASTIČNA FOLIJA	1.086.559	9,38	2.318.123	6,30	602.630	7,37	638.105	5,51		
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	308.244	2,66	1.232.653	3,35	271.470	3,32	550.090	4,75		
8	TEKSTIL	199.588	1,72	1.825.062	4,96	333.613	4,08	281.646	2,43		
9	HIGIENSKI TEKSTIL	208.835	1,80	1.733.073	4,71	281.282	3,44	287.147	2,48		
10	USNJE, GUMA	22.348	0,19	224.453	0,61	30.254	0,37	112.218	0,97		
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	155.663	1,34	861.017	2,34	102.210	1,25	19.803	0,17		
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	389.928	3,37	894.133	2,43	300.089	3,67	427.970	3,69		
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	203.441	1,76	356.917	0,97	93.216	1,14	161.727	1,40		
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	32.366	0,28	44.155	0,12	56.420	0,69	95.716	0,83		
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	2.312	0,02	3.680	0,01	9.812	0,12	19.803	0,17		
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	152.581	1,32	456.265	1,24	92.398	1,13	122.120	1,05		
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	34.677	0,30	176.619	0,48	14.718	0,18	22.004	0,19		
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	39.301	0,34	99.348	0,27	53.967	0,66	463.176	4,00		
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0	0,00	73.591	0,20	7.359	0,09	0	0,00		
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE,SLAMA,PLUTA	1.957.348	16,90	6.939.650	18,86	723.647	8,85	1.870.307	16,15		
21	ODPADKI HRANE, KRUH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI	92.473	0,80	139.823	0,38	671.315	8,21	118.819	1,03		
22	OBDELAN LES	83.996	0,73	415.790	1,13	50.696	0,62	79.213	0,68		
23	ČISTI ORGANSKI ODPADKI 10-40 mm	1.679.523	14,50	9.493.265	25,80	1.263.316	15,45	1.422.885	12,28		
24	MEŠANICA SEST.10-40 mm -brez čistih org. odp.10-40 mm	848.076	7,32	1.056.034	2,87	782.520	9,57	788.478	6,81		
25	DROBNE ORG. SEST. IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	2.242.473	19,36	3.326.322	9,04	1.116.951	13,66	1.375.226	11,87		
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODP.-baterije, zdravila, čistila,...)	29.283	0,25	103.028	0,28	44.155	0,54	26.404	0,23		
Skupaj		$M_{D,a}$	$\sum O_{f,a}$	11.583.800	100,00	36.795.600	100,00	8.176.800	100,00	11.583.800	100,00

Priloga F3: Mase in deleži frakcij vzorcev PMKO iz urbanega območja s prevladujočo poselitvijo z enodružinskimi hišami in blokovsko poselitvijo, kjer je že bilo uvedeno ločeno zbiranje BIOO v 1. obdobju, to je v obdobju od 1. dec. 2005 do 31. maja 2006

Annex F3: The RMSW fraction masses and portions from the urban area with prevailing detached house- and block settlement where separate collecting BIOO was already introduced in the first period (ie. 1<sup>st</sup> December – 31<sup>st</sup> May)

Z.št.	FRAKCIJE (f)	Urb.obm. - en. hiše, ločeno zbir BIOO		Urb.obm. - bloki, ločeno zbir BIOO		Urb.obm. - en. hiše, lastno kompost.	
		kg	%	kg	%	kg	%
1	EMBALAŽNI PAPIR	5,0	0,70	6,5	0,54	3,0	1,49
2	NEEMBALAŽNI PAPIR	100,0	13,99	93,5	7,76	9,5	4,72
3	LEPENKA (embalažna in neembalažna)	15,0	2,10	10,5	0,87	1,0	0,50
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN	9,0	1,26	20,5	1,70	2,5	1,24
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK	1,5	0,21	34,0	2,82	7,5	3,73
6	PLASTIČNA FOLIJA	46,0	6,44	92,5	7,67	12,0	5,96
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	47,5	6,65	68,5	5,68	9,5	4,72
8	TEKSTIL	15,4	2,15	40,4	3,35	5,9	2,93
9	HIGIENSKI TEKSTIL	14,9	2,08	39,3	3,26	3,5	1,74
10	USNJE, GUMA	3,3	0,46	17,7	1,47	5,1	2,53
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	8,1	1,13	5,6	0,46	0,0	0,00
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	7,7	1,08	36,1	2,99	7,2	3,58
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	2,2	0,31	13,7	1,14	0,5	0,25
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	0,0	0,00	10,4	0,86	0,5	0,25
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	0,5	0,07	0,0	0,00	0,0	0,00
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	6,9	0,97	19,3	1,60	1,9	0,94
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	7,5	1,05	0,0	0,00	1,0	0,50
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	3,4	0,48	7,3	0,61	0,7	0,35
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0,0	0,00	0,0	0,00	0,5	0,25
20	ZELENA BIOMASA, NARAVNI LES, LUBJE, SLAMA, PLUTA	132,5	18,54	163,0	13,52	28,0	13,91
21	ODPADKI HRANE, KRUH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI	3,1	0,43	14,9	1,24	2,0	0,99
22	OBDELAN LES	4,7	0,66	8,2	0,68	0,0	0,00
23	ČISTI ORGANSKI ODPADKI 10-40 mm	155,1	21,70	262,0	21,73	28,6	14,22
24	MEŠANICA SESTAVIN 10-40 mm (brez čistih org. odpadkov 10-40 mm)	37,4	5,23	120,0	9,96	10,4	5,16
25	DROBNE ORGANSKE SESTAVINE IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	88,0	12,31	121,5	10,08	48,0	23,85
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODP.-baterije, zdravila, čistila,...)	0,0	0,00	0,2	0,02	12,5	6,21
Skupaj		714,7	100,00	1.205,6	100,00	201,3	100,00



Priloga F4: Masa vzorcev PMKO in ločeno zbranih BIOO z ožjih območij poselitve z enodružinskimi hišami in z bloki

Annex F4: The RMSW samples masses and separately collected BIOO from the selected areas of settlement with detached houses and blocks

Vrsta odpadkov	Ožje območje urb.obm. - en. hiše				Ožje območje urb.obm. - bloki			
	vzorec (kg)	odvoz	odp./dan (kg)	odp./dan (%)	vzorec (kg)	odvoz	odp./dan (kg)	odp./dan (%)
Preostanki MKO	714,7	tor, <b>pet</b>	238,233	77	1.205,6	tor, pet	301,400	96
Ločeno zbrani BIOO	500,0	<b>pon</b>	71,429	23	84,0	<b>pon</b>	12,000	4
Skupaj	1214,7		309,662	100	1.289,6		313,400	100

Priloga F5: Deleži frakcij v obdobju od 1. novembra 2005 do 31. maja 2006 in v obdobju od 1. junija 2006 do 30. novembra 2006 ter deleži frakcij v modelnem povprečnem vzorcu v obdobju od 1. december 2005 do 30. november 2006

Annex F5: The fraction portions in the 1<sup>st</sup> November 2005 – 31<sup>st</sup> May 2006 and in 1<sup>st</sup> June 2006 do 30<sup>th</sup> November 2006 periods and fraction portions in the model average sample in the 1<sup>st</sup> December 2005 – 30<sup>th</sup> November 2006 period.

Z. št.	Opis frakcije v mešanih komunalnih odpadkih	analiza mar.06 O <sub>f,j=1</sub> (%)	analiza mar.06 O <sub>f,j=1</sub> (%)	analiza okt.06 O <sub>f,j=2</sub> (%)	analiza okt.06 O <sub>f,j=2</sub> (%)	MODEL povprečje O <sub>f,j=3</sub> (%)
	1. Papir in lepenka vključno z embalažo iz papirja in lepenke		15,87	20,29	20,29	18,14
1	EMBALAŽNI PAPIR (A)	0,56	0,56		0,72	0,64
2	NEEMBALAŽNI PAPIR (A)	9,26	9,26		11,84	10,58
3	LEPENKA (A) (embalažna in neembalažna)	0,74	0,74		0,95	0,85
4	KARTONSKA VOTLA EMBALAŽA TEKOČIN (A)	2,21	2,21		2,83	2,53
5	KARTONSKA EMBALAŽA DRUGIH OBLIK (A)	3,10	3,10		3,96	3,54
	2. Naravni les, lubje, slama in druga zelena biomasa		16,86	13,86	13,86	15,32
20	ZEL. BIOMASA, NAR. LES, LUBJE, SLAMA, PLUTA	16,86	16,86		13,86	15,32
	3. Kuhinjski odpadki		33,67	18,36	18,36	25,83
21	ODPADKI HRANE, KRUH IN DRUGI PEKOVSKI IZDELKI ( C )	1,50	1,50		0,82	1,15
23	ČISTI ORGANSKI (BIOGENI) ODPADKI 10-40 mm	20,34	20,34		11,09	15,60
25	DROBNE ORGANSKE SESTAVINE IN RODOVITNA ZEMLJA 0-10 mm	11,83	11,83		6,45	9,08
	4. Obdelan les, vključno z embalažo iz lesa		0,92	0,16	0,16	0,53
22	OBDELAN LES	0,92	0,92		0,16	0,53
	5. Plastika in sestavljeni materiali iz plastike, tekstil		18,42	29,79	29,79	24,25
6	PLASTIČNA FOLIJA	6,82	6,82		11,03	8,98
7	PLASTIČNA VOTLA EMBALAŽA	3,47	3,47		5,61	4,57
8	TEKSTIL	3,88	3,88		6,27	5,11
9	HIGIENSKI TEKSTIL	3,68	3,68		5,95	4,84
10	USNJE, GUMA	0,57	0,57		0,92	0,75
	6. Steklo, kovine in druge negorljive snovi, kakor so: odpadna EE oprema, baterije in podobno		9,16	13,69	13,69	11,48
11	KAMENJE, OPEKA, PORCELAN, LONČEVINA, KOSTI	1,67	1,67		2,50	2,09
12	BREZBARVNO EMBALAŽNO STEKLO	2,95	2,95		4,41	3,70
13	ZELENO EMBALAŽNO STEKLO	1,20	1,20		1,79	1,50
14	RJAVO EMBALAŽNO STEKLO	0,34	0,34		0,51	0,43
15	EMBALAŽNO STEKLO DRUGIH BARV	0,05	0,05		0,07	0,06
16	ŽELEZNE KOVINE - EMBALAŽA	1,21	1,21		1,81	1,52
17	ŽELEZNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0,36	0,36		0,54	0,45
18	BARVNE KOVINE - EMBALAŽA	0,96	0,96		1,43	1,20
19	BARVNE KOVINE - NEEMBALAŽA	0,12	0,12		0,18	0,15
26	OSTALO (OEEO IN NEVARNI ODPADKI-baterije, zdravila, čistila,...)	0,30	0,30		0,45	0,38
	7. Ostanek		5,10	3,83	3,83	4,45
24	MESANICA SESTAVIN 10-40 mm (brez čistih org. odpadkov 10-40 mm)	5,10	5,10		3,83	4,45

**Priloga G: Fotografije frakcij PMKO 1 do 26, ki smo jo uporabili za sestavo modelnega vzorca**

**Annex G: The photos of 26 fractions of residual mix municipal waste that were used to put together the model sample**









**Priloga H:   Mase in deleži posameznih frakcij v letu 2007 po posameznih velikostnih frakcijah za vsa območja poselitve in vse letne čase skupaj**

**Annex H:   The masses and fractions portions in 2007 according to size fractions for all types of settlement and all seasons together**









**Priloga J: Parametri za izračun obratovalnih stroškov**

**Annex J: Operational costs calculation parameters**

Parametri za izračun obratovalnih stroškov	Vrednost	Enota	Vir
1. Neto obratovalni stroški			
1.1. Naložbeni stroški v stroških obdelave			
1.1.1. Stroški amortizacije za naprave in opremo	10	% inv. vrednosti naprav in opreme	ZDDPO-2, 2006
1.1.2. Stroški amortizacije za gradbene objekte	3	% inv. vrednosti gradbenih objektov	ZDDPO-2, 2006
1.2. Obratovalni stroški			
1.2.1. Stroški energije			
1.2.1.a. Električna energija iz bioplina pri MBO	0,058	€/kWh	Holding SE, nakup od Snage jan. 2009
1.2.1.b. Električna energija iz električnega omrežja	0,0999	€/kWh	Elektro prodaja Ljubljana v letu 2008
1.2.2.a. Toplotna energija iz bioplina pri MBO	0,032614	€/kWh	Energetika Ljubljana v letu 2007
1.2.2.b. Toplotna energija iz toplame	0,032614	€/kWh	Energetika Ljubljana v letu 2007
1.2.2. Stroški potrošnega materiala	0,5	% inv. sredstev osnovnih sredstev	Sabery, 2004
1.2.3. Stroški odlaganja, sežiganja ostankov			
1.2.3.1. Odlaganje	37,42	€/t odkloženih odpadkov	Snaga Ljubljana v letu 2008
1.2.3.2. Sežiganje	95	€/t sežiganih odpadkov	Application for assistance, 2008
1.2.4. Stroški dela	26.000	€/ (leto x delavec), (50 % stroška iz Nemčije)	Sabery, 2004
1.2.5. Stroški vodstva, uprave	15	% stroškov dela	Sabery, 2004
1.2.6. Davki in zavarovanja	1,5	% inv. sredstev osnovnih sredstev	Sabery, 2004
1.2.7. Ostali stroški	1,5	% inv. sredstev osnovnih sredstev	Sabery, 2004
1.3. Vzdrževalni stroški			
a. Vzdrževalni stroški naprav in opreme	5	% inv. sredstev osnovnih sredstev	Sabery, 2004
b. Vzdrževalni stroški gradbenih objektov	1	% inv. vrednosti gradbenih objektov	Sabery, 2004
1.3.1. Popravila	20	% vzdrževalnih stroškov	Snaga Ljubljana
1.3.2. Servisiranje	80	% vzdrževalnih stroškov	Snaga Ljubljana
1.4. Strošek sežiga TG			
1.4.1. Strošek prevoza v cementamo	15	€/t TG	Application for assistance, 2008
1.4.2.a. Strošek sežiga v cementami, TG s KV=15 MJ/kg	0	€/t TG	Application for assistance, 2008
1.4.2.b. Strošek sežiga v cementami, TG s KV=11 MJ/kg	80*	€/t TG	Application for assistance, 2008
2. Prihodek			
2.1. Prodaja sekundarnih surovin			
2.1.1. Fe kovine	85	€/t	Surovina Lj., nakup od Snage dec. 2008
2.1.2. Barvne kovine	400	€/t	Surovina Lj., nakup od Snage dec. 2008
2.1.3. Steklo	0	€/t	Surovina Lj., nakup od Snage dec. 2008
2.1.4. PVC	0	€/t	Surovina Lj., nakup od Snage dec. 2008
2.2. Prodaja energije			
2.2.1. Električna energija iz bioplina pri MBO	0,058	€/kWh	Holding SE, nakup od Snage jan. 2009
2.2.2. Toplotna energija iz bioplina za lastne potrebe MBO	0,032614	€/kWh	Energetika Ljubljana v letu 2007

\* Strošek sežiga v višini 80 €/t TG s KV=13 MJ/kg zaračunavajo tudi v toplarni v Neumünstru v Nemčiji, kjer sežigajo TG iz naprave za MBO v Lübecku, kar so nam povedali ob obisku naprave. Sabery v svojem delu leta 2004 prav tako navaja, da je strošek sežiga TG v sežigalnicah odpadkov med 75 in 120 €/t.