

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo

Jamova c. 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
[fgg@fgg.uni-lj.si](mailto:fgg@fgg.uni-lj.si)

**Interdisciplinarni podiplomski študij  
varstva okolja**

Univerza v Ljubljani



Kandidatka:

**SIMONA ŠALEJ**

**Načrtovanje integriranega ravnanja z odpadnimi blati in  
biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji**

**Magistrska naloga št.: 209**

**Planning the integrated treatment of waste sludges and  
biodegradable wastes in Gorenjska region**

**M. Sc. Thesis No.: 209**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Viktor Grile, UL FKKT

**Predsednik komisije:**

prof. dr. Mitja Brilly

**Člana komisije:**

izr. prof. dr. Jože Panjan

prof. dr. Mihael Jožef Toman, UL BF

Datum zagovora: Ljubljana, 18. 6. 2009



## **ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## IZJAVA O AVTORSTVU

Poskusi so bili izvedeni na Kemijskem inštitutu Ljubljana Slovenija (KI), Hajdrihova 19, p.p. 660, 1001 Ljubljana.

Podpisana **SIMONA ŠALEJ, univ. dipl. biol.**, izjavljam, da sem avtorica magistrskega dela z naslovom: "**NAČRTOVANJE INTEGRIRANEGA RAVNANJA Z ODPADNIMI BLATI IN BIORAZGRADLJIVIMI ODPADKI V GORENJSKI REGIJI**".

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

Podpis:

Ljubljana, 18.6.2009

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

**UDK:** 628.4:502/504:620.92:(497.452):(043.2)

**Avtor:** Simona Šalej

**Mentor:** izr. prof. dr. Viktor Grilec

**Naslov:** Načrtovanje integriranega ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji

**Obseg in oprema:** 150 str., 18 pregl., 11 graf., 20 sl., 3 k., 6 pril.

**Ključne besede:** komunalna čistilna naprava, odpadno blato, biorazgradljivi odpadki, kompostiranje, anaerobna razgradnja, bioplin, energija

### **Izveček**

Namen dela je bil osnovati koncept integriranega ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije, ki bi bil skladen z zakonodajo in ekonomsko izvedljiv. Avtorica je proučila relevantne strategije EU in RS o ravnanju s tovrstnimi odpadki, zakonodajo ter uveljavljene dobre prakse (IPPC direktiva/BAT/BREF). Preverjeni so bili alternativni sodobni postopki obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov ter opravljena SWOT analiza. Izvedena je bila raziskava trenutnega stanja ravnanja s tovrstnimi odpadki v Gorenjski regiji. Eksperimentalno so bile preverjene tri opcije sodobnega ravnanja. Ugotovitve so podprte s fizikalno – kemijskimi – biološkimi analizami vhodnih materialov in končnih produktov ter z lastnostmi in uporabnostjo produktov po različnih alternativah. Proučen je tudi ekonomski vidik različnih alternativ. Na osnovi dobljenih podatkov je predlagan najbolj primeren način integrirane obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za območje Gorenjske regije, ki je anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina ter kompostiranjem preostanka. Predvidene so vhodne količine tovrstnih odpadkov ter velikost in lokacija Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije. V centru ob anaerobni razgradnji nastaja bioplin, ki služi za kogeneracijo električne in toplotne energije. Predvidena nazivna moč kogeneracije je 260 kW elektrike in 375 kW toplote. Obdelava pregnitega blata s kompostiranjem se izvaja v kompostarni izven centra. Na osnovi predvidenih stroškov in prihodkov je izračunana vračilna doba investicije v center, ki znaša 12 let.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 628.4:502/504:620.92:(497.452):(043.2)

**Author:** Simona Šalej

**Supervisor:** prof. dr. Viktor Grilc

**Title:** Planning the integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes in Gorenjska region

**Notes:** 150 p., 18 tab., 11 graph., 20 fig., 3 maps, 6 ann.

**Key words:** waste water treatment plant, waste sludge, biodegradable wastes, composting, anaerobic digestion, biogas, energy

### **Abstract**

The purpose of work was to establish the concept of integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes in Gorenjska region, which should be accordant with legislation and economically feasible. Adequate EU and RS strategies, legislation and well-known good practises (IPPC directive/BAT/BREF) were studied. Alternative contemporary proceedings for waste sludges and biodegradable wastes treatment were checked and compared by SWOT analysis. An examination of actual treatment with such kind of wastes was carried out for Gorenjska region. Three different options of contemporary biodegradable wastes and waste sludges treatment were experimentally checked. Findings were corroborated with physical – chemical – biological analyses of entry materials and final products and also with characteristics and products applicability of single option. An economic seight was studied for single option, too. In view of received data the most appropriate method for integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes in Gorenjska region was proposed; namely anaerobic digestion with biogas production, followed by composting of the residue. Entry quantities of waste sludges and biodegradable wastes were anticipated; also size and site of the Centre for integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes of Gorenjska region were suggested. In the centre considerable quantities of biogas can be produced and utilised for electricity and heat cogeneration. The coproduction was estimated of about 260 kW electricity power and 375 kW heat power. Composting of the digested sludge takes place in special unit out of the centre. On the base of expected costs and incomes the 12 years return period of investment in the centre was calculated.

## ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svoji družini, ki mi je ves čas študija stala ob strani ter mi nudila moralno podporo.

Zahvaljujem se tudi podjetju Komunala Radovljica, d.o.o. za plačilo šolnine, predstavnikom čistilnih naprav Gorenjske regije za posredovanje podatkov o čistilnih napravah, Kemijskemu inštitutu Ljubljana, ki mi je omogočil opravljanje poskusov, dr. Aniti Jemec in dr. Gregorju D. Zupančiču za strokovno pomoč pri izvedbi pilotnega poskusa ugotavljanja biometanskega potenciala ter svojim trem mentorjem, še zlasti izr. prof. dr. Viktorju Grilcu za potrpežljivost in svetovanje pri izdelavi magistrskega dela.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Predstavitev problema</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Delovna hipoteza</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZAKONODAJA NA PODROČJU OKOLJA IN ODPADKOV</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Strategije EU in RS</b>	<b>3</b>
2.1.1	Evropska unija	3
2.1.2	Slovenija	4
2.1.3	Strategija trajnostnega razvoja	5
2.1.4	Integrirano ravnanje z odpadki	6
<b>2.2</b>	<b>Predpisane dobre prakse (IPPC direktiva, BAT, BREF)</b>	<b>7</b>
2.2.1	IPPC direktiva	7
2.2.2	Najboljše razpoložljive tehnike - BAT in BREF	8
2.2.3	BREF za področje biološke stabilizacije blat in odpadkov	9
<b>2.3</b>	<b>Slovenska zakonodaja, relevantna za ravnanje z biorazgradljivimi odpadki in odpadnimi blati KČN</b>	<b>10</b>
2.3.1	Uredba o ravnanju z odpadki	10
2.3.2	Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih	11
2.3.3	Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov	12
2.3.4	Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	13
2.3.5	Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov	15
2.3.6	Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla	15
2.3.7	Uredba o sežiganju odpadkov	17
2.3.8	Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo	17
<b>2.4</b>	<b>Informacijski sistemi o odpadkih in odpadnih blatih</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>NAČINI OBDELAVE ODPADNIH BLAT IN BIORAZGRADLJIVIH ODPADKOV</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v kmetijstvu in zemeljskih delih</b>	<b>19</b>



3.1.1	Direkten vnos odpadnih blat v tla	19
3.1.2	Kompostiranje odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov	22
3.1.3	Predelava odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v umetno pripravljene zemljine	26
<b>3.2</b>	<b>Postopki anaerobne razgradnje odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov</b>	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b>Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje bioplina in biogoriva</b>	<b>32</b>
<b>3.4</b>	<b>Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje etanola</b>	<b>33</b>
<b>3.5</b>	<b>Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje vodika in električne energije</b>	<b>35</b>
<b>3.6</b>	<b>Drugi načini uporabe odpadnih blat</b>	<b>39</b>
3.6.1	Pridobivanje aktivnega oglja	39
3.6.2	Vir hranil	39
3.6.3	Vir ogljika	40
3.6.4	Surovina za izdelavo opek	40
3.6.5	Surovina za izdelavo plovca	40
3.6.6	Pridobivanje agregata	41
3.6.7	Pridobivanje lahkega agregata (artificial lightweight aggregate, ALWA)	41
3.6.8	Pridobivanje portlandskega cementa	42
3.6.9	Procesi termične pretvorbe	42
3.6.10	Mokra oksidacija z zrakom v vrtini (deep-shaft wet air oxidation)	43
3.6.11	Uplinjanje	43
<b>3.7</b>	<b>Analiza reševanja problemov odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v tujini</b>	<b>44</b>
3.7.1	SWOT analiza postopkov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v tujini	44
3.7.2	Analiza konvencionalnih in naprednih postopkov	47
3.7.3	Sinteza izsledkov – opredelitev operativnih opcij integriranega ravnanja z blati KČN in biorazgradljivimi odpadki	49

<b>4</b>	<b>MATERIALI IN METODE</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Zbiranje podatkov</b>	<b>51</b>
4.1.1	Relevantni podatki v evropski in slovenski okoljski zakonodaji	51
4.1.2	Podatki o ravnanju z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji	51
4.1.3	Podatki o ravnanju z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki v tujini	52
<b>4.2</b>	<b>Priprava karakterističnih vzorcev in izvedba vzorčnih poskusov</b>	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Kriteriji za opredelitev predlogov rešitev</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>REZULTATI IN DISKUSIJA</b>	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Geografski in demografski podatki o Gorenjski regiji</b>	<b>54</b>
<b>5.2</b>	<b>Glavne značilnosti nastajanja blat iz KČN in biorazgradljivih odpadkov na območju Gorenjske</b>	<b>57</b>
5.2.1	Vrste odpadnih aktivnih blat	58
5.2.2	Vrste biorazgradljivih odpadkov	60
5.2.3	Lokacije nastajanja blat KČN	61
5.2.4	Lokacije nastajanja ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov	65
<b>5.3</b>	<b>Letne količine nastalih blat KČN in ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov</b>	<b>66</b>
5.3.1	Letne količine blat KČN	66
5.3.2	Letne količine ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov	67
<b>5.4</b>	<b>Obstoječi načini ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki</b>	<b>68</b>
5.4.1	Ravnanje z odpadnimi blati KČN	68
5.4.2	Vrednotenje ustreznosti ravnanja z odpadnimi blati KČN	70
5.4.3	Ravnanje z biorazgradljivimi odpadki	72
<b>5.5</b>	<b>Kritična ocena stanja</b>	<b>74</b>
<b>5.6</b>	<b>Možnosti rešitve problema odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji – opredelitev opcij sodobnega ravnanja</b>	<b>75</b>
<b>5.7</b>	<b>Analiza primernosti alternative A (kompostiranje odpadnega blata, uporaba komposta)</b>	<b>77</b>

5.7.1	Rezultati fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz – vzorčni poskusi	77
5.7.2	Lastnosti in uporabnost preostankov po načinu obdelave alternative A	90
<b>5.8</b>	<b>Analiza primernosti alternative B (digestija svežih blat z ostalimi biorazgradljivimi odpadki, uporaba bioplina za proizvodnjo energije, kompostiranje pregnitega blata in uporaba komposta)</b>	<b>93</b>
5.8.1	Rezultati fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz – vzorčni poskusi	93
5.8.2	Lastnosti in uporabnost preostankov po načinu obdelave alternative B	106
<b>5.9</b>	<b>Analiza primernosti alternative C (digestija svežih blat, sušenje preostanka s plinom, sežig preostanka, uporaba pepela)</b>	<b>107</b>
5.9.1	Rezultati fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz	107
5.9.2	Lastnosti in uporabnost preostankov po načinu obdelave alternative C	110
<b>5.10</b>	<b>Ekonomika predstavljenih alternativ ter rentabilnost naložb</b>	<b>112</b>
5.10.1	Investicijski stroški posameznih alternativ	113
5.10.2	Obratovalni stroški posameznih alternativ	113
5.10.3	Prihodki posameznih alternativ	114
5.10.4	Rentabilnost posameznih alternativ	115
<b>5.11</b>	<b>Predlog integrirane rešitve problema odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji</b>	<b>116</b>
5.11.1	Sedanje količine in prognoza nastajanja odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji	116
5.11.2	Model energetske izrabe bioplina in njegova transformacija v sedanje in prihodnje stanje	120
<b>5.12</b>	<b>Število in velikost centrov obdelave</b>	<b>125</b>
5.12.1	Vhodne količine	126
5.12.2	Izbira postopka in velikost reaktorjev	126
5.12.3	Bioplinski motorji	127
5.12.4	Primerne lokacije in spremljajoča logistika	128
<b>5.13</b>	<b>Rentabilnost naložbe</b>	<b>130</b>
5.13.1	Prihodki od prodaje električne energije	130
5.13.2	Prihodki od prodaje toplotne energije	130
5.13.3	Prihodki oz. stroški pregnitega blata	131
5.13.4	Investicijski in obratovalni stroški	132

5.13.5	Stroški ravnanja z odpadno vodo	132
5.13.6	Čisti prihodki in vračilna doba	133
<b>6</b>	<b>SKLEPI</b>	<b>136</b>
<b>7</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>139</b>
<b>8</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>141</b>
	<b>VIRI</b>	<b>143</b>
	<b>Uporabljeni viri</b>	<b>143</b>
	<b>Ostali viri</b>	<b>148</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Parametri okoljske kakovosti komposta in pregnitega blata po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008)	13
Preglednica 2: Mejne vrednosti težkih kovin po Uredbi o uporabi blata iz komunalnih ČN v kmetijstvu (2008)	14
Preglednica 3: Mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla po Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (2005)	16
Preglednica 4: SWOT analiza načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v tujini	45
Preglednica 5: Prednosti in slabosti konvencionalnih in naprednejših načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki	48
Preglednica 6: Glavne vrste odpadnih aktivnih blat, ki nastajajo na KČN Gorenjske regije	58
Preglednica 7: Klasifikacijske številke hitro razgradljivih organskih odpadkov	60
Preglednica 8: Občine Gorenjske regije z zgrajenimi KČN	62
Preglednica 9: Rezultati kemijskih analiz vzorcev kontrole med procesom kompostiranja	84
Preglednica 10: Masa in volumen celotnega substrata komposta med procesom kompostiranja	85
Preglednica 11: Rezultati kemijskih analiz vzorcev začetnega substrata, substrata med procesom kompostiranja in končnega produkta (zrelega komposta)	86
Preglednica 12: Rezultati analize zrelega komposta (po 31. dneh kompostiranja in 72. dneh zorenja) na parametre okoljske kakovosti	90
Preglednica 13: Vrednosti parametrov tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica, ki smo ga uporabili kot testni substrat v poskusu BMP	99
Preglednica 14: Kemijski parametri (pH, KPK, suha snov, organska snov) petih poskusnih steklenic pred začetkom in po končanem poskusu BMP	100
Preglednica 15: Sestava bioplina (vol %), nastalega v poskusu BMP pri standardu in vzorcu tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica	104

Preglednica 16: Bioplinski in biometanski potencial tekočega nepregnitega blata CČN Radovljica	105
Preglednica 17: Rezultati analiz vzorca pregnitega blata iz sekundarnega gnilišča CČN Kranj, dne 29.1.2009	108
Preglednica 18: Rezultati kemijskih analiz izlužka pepela, pridobljenega iz vzorca pregnitega blata CČN Kranj, dne 29.1.2009	109

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Upadanje mase in volumna celotnega substrata komposta med procesom kompostiranja	85
Grafikon 2: Naraščanje vsebnosti suhe snovi v vzorcih substrata (komposta) med procesom kompostiranja; hipotetični potek naraščanja vsebnosti suhe snovi je prikazan z <i>best fit</i> krivuljo	87
Grafikon 3: Upadanje vsebnosti organske snovi (žarozguba) in skupnega organskega ogljika (TOC) v vzorcih substrata (komposta) med procesom kompostiranja	88
Grafikon 4: Upadanje vsebnosti celotnega dušika v vzorcih substrata (komposta) med procesom kompostiranja	89
Grafikon 5: Poskus BMP – naraščanje tlaka v plinotesnih steklenicah (vzorec 2 in standard) zaradi tvorbe bioplina	101
Grafikon 6: Poskus BMP – ugotavljanje bioplinskega potenciala vzorca 2 (končna vrednost je 0,47 l bioplina/g organske snovi)	103
Grafikon 7: Količine suhe snovi v surovih odpadnih blatih KČN Gorenjske regije v letu 2007 (1.152,99 t) ter po letu 2017 (1.633,19 t), ki bi jih lahko integrirano obdelali skupaj z biorazgradljivimi odpadki	118
Grafikon 8: Količine biorazgradljivih odpadkov Gorenjske regije v letu 2006 (4.310 t) ter po letu 2017 (9.000 t), primernih za integrirano obdelavo skupaj z odpadnimi blati	120
Grafikon 9: Predvidena dnevna energetska bilanca Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije po letu 2017	124
Grafikon 10: Predvideni letni prihodki in stroški Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije	134
Grafikon 11: Glavne finančno – ekonomske značilnosti Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije	135

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Nedehidrirano surovo blato z 2 % suhe snovi (CČN Radovljica, 12.2.2009)	59
Slika 2:	Dehidrirano (kontinuirna aksialna centrifuga) surovo blato z 21 % suhe snovi (CČN Radovljica, 11.12.2008); povprečni premer grudic je 1,5 cm	59
Slika 3:	Ločeno zbrani biorazgradljivi odpadki iz gospodinjestev (5.1.2009)	61
Slika 4:	Centralna čistilna naprava Radovljica, zgrajena leta 2006 (8.5.2008)	64
Slika 5:	Centralna čistilna naprava Radovljica – dva pokrita SBR reaktorja (21.10.2008)	64
Slika 6:	Centralna čistilna naprava Kranj (Zarica) – klasičen postopek biološkega čiščenja odpadne vode s primarnim in sekundarnim usedalnikom (12.2.2009)	65
Slika 7:	Naprava za dehidracijo tekočega blata – kontinuirna aksialna centrifuga (CČN Radovljica, 11.2.2009)	69
Slika 8:	Primarno in sekundarno gnilišče (CČN Kranj, 12.2.2009)	69
Slika 9:	Termostatirana komora, v kateri je potekalo kompostiranje (9.5.2008)	80
Slika 10:	Notranjost termostatirane komore – večja posoda s substratom ter manjše vedro vode (9.5.2008)	81
Slika 11:	Začetek poskusa – kontrolni vzorec (9.5.2008)	82
Slika 12:	Začetek poskusa – začetni substrat (9.5.2008)	82
Slika 13:	Konec kompostiranja v termostatirani komori – kontrolni vzorec (9.6.2008)	83
Slika 14:	Konec kompostiranja v termostatirani komori – substrat (nezrel kompost) (9.6.2008)	83
Slika 15:	Določanje vsebnosti suhe snovi v vzorcu tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica (9.10.2008)	95
Slika 16:	Prepihovanje substrata s plinastim dušikom pred zaprtjem steklenic (9.10.2008)	95
Slika 17:	Aparat OxiTop <sup>®</sup> OC110 za nastavitev začetnih vrednosti v merilnih glavah ter prenos podatkov (9.10.2008)	96
Slika 18:	Merilna glava za merjenje sprememb tlaka v steklenicah (9.10.2008)	96
Slika 19:	Začetek poskusa – steklenice, inkubirane v topli komori pri 37°C (9.10.2008)	97
Slika 20:	Shema Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije	129



## KAZALO KART

Karta 1:	Gorenjska regija v okviru Slovenije (Lokalne volitve, 2008)	55
Karta 2:	Občine v Gorenjski regiji (BSC – Kranj, 2009)	56
Karta 3:	Lokacije in velikosti KČN v Gorenjski regiji ter preostali Sloveniji v letu 2007 (ARSO – slike, 2009)	63

## **KAZALO PRILOG**

- Priloga A: Anketni list, poslan vsem upravljavcem KČN Gorenjske regije
- Priloga B: Občine in komunalne čistilne naprave v Gorenjski regiji (statistični del)
- Priloga C: Komunalne čistilne naprave v Gorenjski regiji in ravnanje z nastalimi blati (tehnološki del)
- Priloga D: Zbirna preglednica blat komunalnih čistilnih naprav v Gorenjski regiji za leto 2007
- Priloga E: Nastajanje odpadkov, primernih za proizvodnjo bioplina, v Gorenjski regiji v letu 2006 (vir podatkov: KI, april 2008)
- Priloga F: Rezultati kemijskih analiz vzorcev blata KČN Gorenjske regije, odvzetih v obdobju od 2006 do 2008

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

$\text{Al}_2\text{O}_3$	glinica
ARSO	Agencija republike Slovenije za okolje
BAT	best available techniques: najboljše razpoložljive tehnike
BČN	biološka čistilna naprava
BPK	biokemijska potreba po kisiku
BPK <sub>5</sub>	biokemijska potreba po kisiku v petih dneh
BREF	reference document on best available techniques: referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah
$\text{CaCO}_3$	kalcijev karbonat (apnenec)
CaO	kalcijev oksid
CČN	centralna čistilna naprava
$\text{CH}_4$	metan
CO	ogljikov monoksid
$\text{CO}_2$	ogljikov dioksid
ČN	čistilna naprava
h	10 <sup>2</sup> (hekto)
$\text{H}_2\text{O}$	voda
$\text{H}_2\text{S}$	vodikov sulfid
IPPC	integrated pollution prevention and control: celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja
KČN	komunalna čistilna naprava
KI	Kemijski inštitut Ljubljana
KPK	kemijska potreba po kisiku
M	molska masa
MČN	mala čistilna naprava
MSW	municipal solid waste: trdni odpadki iz naselij
$\text{NH}_3$	amoniak
PAH	policiklični aromatski ogljikovodiki

pH	merilo koncentracije hidronijevih ionov $[H_3O^+]$ v raztopini in s tem posledično za njeno kislost oz. alkalnost; $pH = -\log_{10}[H_3O^+]$
PCB	poliklorirani bifenili
PE	populacijski ekvivalent
SBR	šaržni biološki reaktor
SiO <sub>2</sub>	silicijev dioksid (kremen)
SPTE	sočasna proizvodnja toplotne in električne energije
s.s.	suha snov
T	10 <sup>12</sup> (tera)
TOC	total organic carbon: skupni organski ogljik
VSS	volatile suspended solids: hlapne suspendirane snovi oz. organska snov (OS)
WWTP	waste water treatment plant: čistilna naprava za čiščenje odpadne vode

## SLOVAR

Anaerobna razgradnja (digestija):	anaerobna presnova; je biološka razgradnja biološko razgradljivih odpadkov v odsotnosti kisika in pri nadzorovanih pogojih, ob delovanju mikro- in makro- organizmov (vključno z bakterijami, ki proizvajajo metan), z namenom pridobivanja bioplina in pregnitega blata.
Biogorivo:	je trdno, tekoče ali plinasto gorivo, nastalo iz nedavno odmrlega biološkega materiala; po tem se loči od fosilnih goriv, ki so nastala iz biološkega materiala, ki je že dolgo mrtev. Biogorivo teoretično lahko proizvedemo iz kateregakoli biološkega vira ogljika, čeprav se najbolj običajno uporabljajo rastline, ki so sposobne fotosinteze. Biogorivo se lahko uporablja za pogon motornih vozil, ogrevanje ter kuhanje. Pri pogonu motornih vozil so najbolj pogosto v uporabi bioplin, bioetanol, biobutanol, biodiesel in nerazredčeno rastlinsko olje.
Bioplin:	je mešanica ogljikovega dioksida, metana in drugih plinov v sledeh, ki nastajajo pri anaerobni razgradnji biološko razgradljivih odpadkov.
Biorazgradljivi odpadki:	biološko razgradljivi odpadki; so anaerobno ali aerobno razgradljivi odpadki.
Centralna čistilna naprava (CČN):	večja čistilna naprava, ki je lahko komunalna ali skupna glede na vrsto odpadnih voda.
Emisija:	neposredno ali posredno izpuščanje oz. oddajanje (škodljivih) snovi (v plinastem, tekočem ali trdnem agregatnem stanju) ali energije (hrup, vibracije, toplota, svetloba, različno sevanje) iz

	posameznega vira v okolje; emisijske koncentracije so koncentracije snovi direktno v izpustu.
Etanol:	imenovan tudi etilni alkohol; je hlapna, gorljiva brezbarvna tekočina s kemijsko formulo $C_2H_5OH$ oz. EtOH. Etanol, pridobljen na okolju prijazen način (npr. iz biorazgradljivih odpadkov), imenujemo tudi bioetanol.
Imisija:	prisotnost (škodljivih) snovi ali energije v okolju; imisijske koncentracije so koncentracije snovi v okolju.
Komunalna čistilna naprava (KČN):	čistilna naprava za komunalno odpadno vodo ali za mešanico komunalne in padavinske odpadne vode.
Mala komunalna čistilna naprava (MČN):	naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 PE, v kateri se komunalna odpadna voda zaradi njenega čiščenja obdeluje z biološko razgradnjo (prezračevanje v lagunah, reaktorji z aktivnim blatom, reaktorji s pritrjeno biomaso, rastlinske čistilne naprave z vertikalnim tokom).
Portlandski cement:	je najpogosteje uporabljeni cement. Gre za zmes kalcijevih, silicijevih in aluminijevih oksidov. Proizvaja se pretežno z žganjem apnenca ( $CaCO_3$ ) in gline (alumosilikati), po potrebi pa se dodajata tudi glinica ( $Al_2O_3$ ) in kremen ( $SiO_2$ ).
Skupna čistilna naprava:	čistilna naprava za mešanico komunalne odpadne ali padavinske vode ali obeh s tehnološko odpadno vodo, pri kateri delež obremenitve čistilne naprave, ki jo povzroča tehnološka odpadna voda enega ali več istovrstnih virov onesnaževanja, presega 40 %, merjeno s KPK.

Zmogljivost KČN:

je izračunana sposobnost čiščenja komunalne  
odpadne vode pri največji obremenitvi čistilne  
naprave. Za največjo obremenitev se šteje  
največja povprečna tedenska obremenitev med  
običajnim obratovanjem. Zmogljivost se izraža v  
populacijskih ekvivalentih (PE).

XXIV Šalej, S. 2009. Načrtovanje integrir. ravnanja z odpadnimi blati in biorazgr. odpadki v Gorenjski regiji.  
Mag. d. Ljubljana, UL, FGG, Interdisciplinarni podiplomski študij varstva okolja.

---



# 1 UVOD

## 1.1 Predstavitev problema

Ravnanje z odpadnimi blati komunalnih čistilnih naprav (KČN) na območju Slovenije in tudi Gorenjske regije je zelo različno in večinoma neustrezno. Vsaka čistilna naprava ta problem rešuje po svoje, v pretežni meri pa se dehidrirana blata odlagajo na odlagališča komunalnih odpadkov. Sredi leta 2009 (15.7.2009) bo odlaganje odpadnih blat KČN na odlagališča odpadkov dokončno prepovedano. Glavni omejitveni faktor je previsoka vsebnost biorazgradljivih organskih snovi v odpadnih blatih, kar povzroča nesprejemljivo nastajanje toplogrednih plinov.

Drug izrazit problem gospodarjenja z odpadki na Gorenjskem predstavljajo biorazgradljivi odpadki. Na lokalna odlagališča se namreč še vedno odlagajo velike količine biorazgradljivih odpadkov, ki zapolnjujejo deponijski prostor in tudi povzročajo nastajanje toplogrednih plinov in njihovo izhajanje v atmosfero.

Na osnovi predstavljenih dejstev se nam zastavlja sledeče vprašanje: "Ali bi se dalo pereči problem ravnanja z blati čistilnih naprav in z biorazgradljivimi odpadki rešiti integralno z drugimi podobnimi trdnimi odpadki iz komunalnih in ostalih virov ter za celoten Gorenjski prostor hkrati?"

## 1.2 Delovna hipoteza

Predpostavljamo, da odpadno blato bioloških čistilnih naprav ni zgolj neogiben odpadek, ki pomeni breme okolju, ampak predstavlja snovni in energetski potencial, ki bi se ga dalo koristno uporabiti na različne načine. Enako velja za druge biorazgradljive odpadke.

Predpostavljamo tudi, da na območju Gorenjske regije nastajajo zadostne količine odpadnih blat KČN ter ostalih biorazgradljivih odpadkov, da bi bila njihova skupna predelava v uporabne snovi in energente ekonomsko upravičena.

Tu izpostavljamo konvencionalne načine obdelave, kot so:

- kompostiranje čistih stabiliziranih blat in biorazgradljivih odpadkov in uporaba komposta za gojenje rastlin ter
- biološka stabilizacija nečistih blat za nekmetsko uporabo oz. za odlaganje primerno obliko.

Še zlasti pa bo predmet tega magistrskega dela raziskava potencialnosti sodobnih (kombiniranih) metod ravnanja, ki vključujejo tudi pridobivanje alternativnih energetskih virov. To sta predvsem naslednji metodi:

- anaerobna razgradnja surovega blata s pridobivanjem bioplina (in iz njega toplotne ali električne energije),
- uporaba dehidriranih odpadnih blat (surovih ali stabiliziranih) kot alternativno trdno gorivo.

Domnevamo, da se bo obdelava odpadnih blat, posebno v kombinaciji z biorazgradljivimi odpadki, pokazala za ekonomsko, tehnološko in ekološko upravičeno, še zlasti v smeri anaerobne razgradnje s končno rabo post-stabiliziranega blata (komposta). Integrirani postopki so v raznih variantah predmet številnih študij v Evropi in v svetu, začenjajo pa se uvajati tudi pri nas.

Menimo tudi, da bi bilo najbolj smotrno obdelavo odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov na teritorialnem nivoju centralizirati (npr. v posameznih novoustanovljenih pokrajinah), v konkretnem primeru v Gorenjski regiji. V zvezi s tem bo preverjena primernost lokacij takega centra v bližini možnih večjih porabnikov energije (posebej toplotne) ter virov tovrstnih odpadkov.

## **2 ZAKONODAJA NA PODROČJU OKOLJA IN ODPADKOV**

### **2.1 Strategije EU in RS**

#### **2.1.1 Evropska unija**

Varstvo okolja na področju odpadkov je v Evropski uniji urejeno s strateškimi dokumenti in s številnimi direktivami, uredbami in odloki.

##### Strateški dokumenti:

- »Towards sustainability«, the European Community Programme of Policy and Action in Relation to the Environment and sustainable Development (Fifth Environmental Action Programme, 1. feb. 1993 ter 2179/98/EC),
- EU Sustainable Development Strategy (Sixth Community Environment Action Programme, 1600/2002/EC),
- EU Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources – TSURE (SEC (2005) 1683 ter SEC (2005) 1684),
- EU Thematic Strategy on the Prevention and Recycling of Waste (SEC (2005) 1681 ter SEC (2005) 1682),
- Sektorske strategije in akcijski programi (po letu 2002).

##### Direktive in Uredbe (za področje blat in odpadkov):

- Waste Framework Directive (75/442/EEC, 2006/12/EC - new version under review),
- Directive on Hazardous Waste (91/689/EEC),
- Directive on Waste Incineration (2000/76/EC),
- Hazardous Waste Incineration Directive (94/67/EC),
- Directive on the Landfill of Waste (1999/31/EC),
- Decision on the List of Waste (2001/119/EC),
- Decision on Criteria and Procedures for the Acceptance of Waste at Landfills (2003/33/EC),
- Sewage Sludge Directive (86/278/EEC).

Splošni namen strategije Evropske unije za ravnanje z odpadki je racionalno in sonaravno (trajnostno) izkoriščanje naravnih virov ter zmanjševanje onesnaževanja okolja.

#### Hierarhija ravnanja z odpadki:

Idejne osnove hierarhije ravnanja z odpadki izvirajo že iz Agende 21 za področje odpadkov. Druge svetovne konference o varstvu okolja, Rio de Janeiro, 1992. Nadalje je bila razdelana v Petem evropskem okoljskem programu (Towards sustainability) leta 1993 in v novi direktivi o odpadkih (2008).

Temeljne značilnosti učinkovitega sistema za ravnanje z odpadki predstavlja sklop ukrepov, ki spodbujajo in omogočajo preprečevanje nastanka odpadkov na izvoru, ločen zajem, recikliranje snovi in energije ali druge vrste snovne izrabe odpadkov ter varno in za okolje sprejemljivo končno oskrbo odpadkov. Pri končni oskrbi odpadkov ima izraba njihove energetske vrednosti prednost pred namensko toplotno obdelavo in odlaganjem. Izraba snovne in energetske vrednosti odpadkov sta v zadnjem obdobju sprejeti kot enakovredni (Strateške usmeritve RS za ravnanje ..., 1996)

### **2.1.2 Slovenija**

Republika Slovenija je leta 1999 dobila prvi Nacionalni program varstva okolja (NPVO), v začetku leta 2006 pa drugega, in sicer Resolucijo o nacionalnem programu varstva okolja (ReNPVO). Gre za osnovni strateški dokument na področju varstva okolja (vključno z odpadki), katerega cilj je splošno izboljšanje okolja in kakovosti življenja ter varstvo naravnih virov. Osnovna usmeritev politike varstva okolja, ki jo je postavil že Zakon o varstvu okolja in prvi Nacionalni program varstva okolja, je zagotavljanje trajnostnega razvoja. Osnovne planske akte na lokalni ravni pa predstavljajo Programi varstva okolja v lokalnih skupnostih.

Strategija Republike Slovenije za ravnanje z odpadki je osnovana na naslednjih dokumentih:

- Zakon o varstvu okolja (UL RS, št. 39/06),
- Waste Framework Directive (75/442/EEC),
- Rio 1992 Earth Summit, Agenda 21 – Waste Management,
- Mednarodne konvencije (Basel, Stockholm, Rio...).

Strategija Republike Slovenije za ravnanje z odpadki je sestavni del Nacionalnega programa varstva okolja. Gre za dokument odločitve izvršne in zakonodajne veje oblasti za jasne usmeritve pri reševanju problematike odpadkov, ki:

- a) omogočajo učinkovite ukrepe, s katerimi kot s končnim rezultatom razbremenimo odlagališča oz. prostor kot nacionalno vrednoto,
- b) dajejo dolgoročne rešitve za:
  - zmanjševanje količin vseh vrst odpadkov,
  - postopno zniževanje nevarnostnega potenciala odpadkov kot takih in odloženih na odlagališčih,
  - nadzor nad snovnimi tokovi odpadkov, ki nastajajo v slovenskem prostoru in v obeh smereh prehajajo meddržavne meje,
  - optimalno izrabo snovne in energetske vrednosti odpadkov,
  - vzpostavitev sistema infrastrukturnih objektov za obdelavo in predelavo ter za varno in okolju sprejemljivo končno oskrbo odpadkov (Resolucija o nacionalnem programu ..., 2006).

### ***2.1.3 Strategija trajnostnega razvoja***

Zelo pomembna strategija Evropske unije in z njo tudi Republike Slovenije je strategija trajnostnega razvoja.

Svetovna komisija za okolje in razvoj (WCED) je leta 1987 definirala trajnostni razvoj kot razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanje generacije brez oviranja oz. omejevanja zadovoljevanja potreb (blaginje) prihodnjih generacij. V definicijo je vključena tako skrb za intergeneracijsko kot tudi za intrageneracijsko pravičnost.

Praktični principi trajnostnega razvoja so naslednji (Turner, Pearce, Bateman, 1994):

1. Popravljenе morajo biti tržne in intervencijske napake, ki se nanašajo na oceno virov in lastninske pravice.
2. Izkoriščani naj bodo obnovljivi naravni viri (na stopnji, enaki nastajanju). Vzdrževati je treba regeneracijsko sposobnost obnovljivega naravnega kapitala.

3. Izogibati se je treba prekomernemu onesnaževanju, ki bi lahko ogrozilo asimilacijske kapacitete za odpadne snovi ter življenjsko pomembne sisteme.
4. Tehnološke spremembe morajo biti vodene po planskem sistemu. Tehnološki razvoj z večjo učinkovitostjo mora imeti prednost pred povečevanjem tehnologije.
5. Ekonomska aktivnost mora biti omejena znotraj nosilne kapacitete preostalega naravnega kapitala.

### **2.1.4 Integrirano ravnanje z odpadki**

V bolj razvitih državah Evropske unije je že dobro uveljavljeno t.i. integrirano ravnanje z odpadki, ki ga spodbuja tudi evropska zakonodaja. V Sloveniji je tovrstno ravnanje še bolj na začetku svojih razvojnih možnosti, čeprav se ponekod že uspešno uveljavlja.

Integrirano ravnanje z odpadki po definiciji Agencije za varstvo okolja (US Environmental Protection Agency - EPA) iz leta 1999 pomeni razvoj in izvajanje sistema za ravnanje z 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 (Grilc, 2005).

Elementi integriranega sistema ravnanja z odpadki, za katerega je značilno upoštevanje načela »**3R + D**« (*Reduce, Reuse, Recycle, Disposal*), so naslednji (Operativni program odstranjevanja ..., 2008):

- zmanjševanje nastajanja odpadkov na izvoru (*reduce*),
- ločeno zbiranje uporabnih odpadnih komponent oz. sklopov za ponovno uporabo (*reuse*),
- materialno ali toplotno recikliranje odpadnih snovi (*recycle*),
- biološka obdelava (kompostiranje, anaerobna digestija),
- toplotna obdelava (incineracija, termična imobilizacija, gorivo iz odpadkov, industrijski sežig),
- odlaganje z možnostjo kurjenja odlagališnega plina (*disposal*).

Integrirano ravnanje z odpadki je hkrati tudi trajnostno ravnanje z odpadki, saj gre za vzpostavljajanje zaključenega kroga snovi med proizvodnjo in porabo z vključevanjem vseh relevantnih tokov na širšem prispevnem območju.

## **2.2 Predpisane dobre prakse (IPPC direktiva, BAT, BREF)**

Za večje potencialne onesnaževalce okolja so v Evropski uniji predpisane t.i. dobre prakse. To velja tudi za določene načine ravnanja z odpadnimi blati ČN in z biorazgradljivimi odpadki, če so seveda objekti za tovrstna ravnanja dovolj veliki.

### **2.2.1 IPPC direktiva**

IPPC direktiva (Direktiva sveta 96/61/ES ..., 1996) zavezuje vse industrijske in kmetijske onesnaževalce v Evropski uniji, ki imajo velik potencial onesnaževanja okolja, da si za svoje obratovanje zagotovijo posebna dovoljenja. Dovoljenja se izdajo le, če so izpolnjene določene zahteve glede varovanja okolja. Na ta način je vzpostavljen samonadzor onesnaževalcev nad lastnim onesnaževanjem okolja, saj mora nek obrat delovati v skladu z zahtevami IPPC direktive, sicer pride do njegovega zaprtja. Če želi obrat prejeti dovoljenje za obratovanje, mora izpolniti nekatere osnovne zahteve. To so predvsem (3. člen IPPC direktive):

- izvajanje vseh ustreznih ukrepov za preprečitev onesnaževanja okolja, zlasti z uporabo najboljših razpoložljivih tehnik, ki proizvajajo najmanj odpadkov, uporabljajo manj nevarne surovine, omogočajo obnovo in reciklažo nastalih snovi, itd.,
- ni povzročeno pomembno onesnaževanje okolja,
- preprečitev nastajanja odpadkov; če so odpadki nastali, se predelajo ali, če to tehnično in ekonomsko ni mogoče, se odstranijo brez vpliva ali z zmanjšanjem vpliva na okolje,
- učinkovita izraba energije,
- izvajanje potrebnih ukrepov za preprečevanje nesreč in omejevanje njihovih posledic,
- se ob dokončnem prenehanju dejavnosti izvedejo potrebni ukrepi, s katerimi se prepreči nevarnost onesnaževanja okolja in se na kraju samem ponovno vzpostavi zadovoljivo stanje.

### **2.2.2 Najboljše razpoložljive tehnike - BAT in BREF**

Za onesnaževalce je zelo pomembna izbira najboljše razpoložljive tehnike (BAT). Naziv 'najboljša' se nanaša na visoko splošno raven varstva okolja kot celote pri uporabi te tehnike. Tehnika mora biti za nek obrat tudi 'razpoložljiva', kar pomeni, da jo je možno uporabiti pod ekonomsko in tehnično izvedljivimi pogoji ob upoštevanju stroškov in prednosti.

Najboljše razpoložljive tehnike za posamezna področja so objavljene v referenčnih dokumentih o najboljših razpoložljivih tehnikah (BREF). Na področju ravnanja z odpadki, kot ga navaja Priloga 1 IPPC direktive, obstajata 2 glavna referenčna dokumenta. Eden zajema sežiganje odpadkov in nekatere postopke toplotne obdelave odpadkov, kot sta piroliza in uplinjanje. Drugi obravnava širše področje obdelave odpadkov, kamor sodijo tudi nekateri načini obdelave odpadnih blat ČN in drugih vrst biorazgradljivih odpadkov; to je Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah za industrijo obdelave odpadkov. Vsak referenčni dokument je pripravljen na osnovi izmenjave informacij, opravljene v skladu s členom 16(2) IPPC direktive. To pomeni, da Evropska komisija organizira izmenjavo informacij med državami članicami EU in zadevnimi panogami o BAT, z njimi povezanem spremljanju stanja in njihovem razvoju. Rezultati izmenjave informacij so objavljeni vsaka tri leta.

Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah za industrijo obdelave odpadkov (BREF), datiran z avgustom 2006, vsebuje zadnji pregled stanja tehnologij in okolja v sektorju ravnanja z odpadki (razen predhodno omenjenih izjem). Zajema 940 tehnik. Vsebuje izčrpne tehnične opise aktivnosti in postopkov znotraj sektorja, poleg tega pa tudi podatke o dejanskih emisijah in porabah znotraj obratov. Informacije so sledeče:

- navadno uporabljane tehnike, kot je splošno upravljanje instalacij, sprejem, odobritev, sledljivost, jamstvo kvalitete, shranjevanje in rokovanje, energetske sistemi,
- biološka obdelava, kot je anaerobna in aerobna razgradnja ter biološka obdelava prsti,
- fizikalno – kemijski postopki obdelave odpadnih voda, odpadnih trdnih snovi in blat,
- povrnitev materialov iz odpadkov z različnimi postopki, kot so regeneracija kislin in baz, katalizatorjev, aktivnega oglja, topil, umetnih smol ter ponovno rafiniranje odpadnih olj,



- priprava trdnih in tekočih goriv iz nenevarnih in nevarnih odpadkov,
- obdelava zraka, odpadne vode in preostankov obdelave odpadkov v obratih na način, ki zmanjšuje emisije.

### **2.2.3 BREF za področje biološke stabilizacije blat in odpadkov**

Med 940. tehnikami je v BREF-u za industrijo obdelave odpadkov (2006) obravnavana tudi anaerobna razgradnja. Uporabljala naj bi se za obdelavo odpadkov z visokimi vsebnostmi biorazgradljivih snovi ter obdelavo blat s ČN, ki nastajajo v postopkih čiščenja komunalne odpadne vode. Glavna prednost postopka je produkcija bioplina, slabost pa ta, da metoda ni primerna za razgradnjo lignina, ki je eden od glavnih gradnikov lesa. Posebej so poudarjene ekonomske in ekološke prednosti anaerobne razgradnje substrata, ki nastane pri mešanju blat ČN in drugih vrst organskih odpadkov, zlasti tistih iz gospodinjstev.

Postopek anaerobne razgradnje ima definirani dve stopnji; to sta mehanska predobdelava ter bio-razgradnja. Mehanska predobdelava je namenjena izboljšanju učinka razgradnje, kar pomeni odstranjevanje plastike, kovin ter velikih kosov odpadkov, poleg tega pa mletje, drobljenje in cefranje organskih odpadkov, da nastane čimbolj homogena masa. Za postopke razgradnje se lahko uporablja več različnih tehnik; pogosto se delijo na osnovi delovne temperature ter po odstotku suhe snovi v substratu. Tako ločimo termofilne postopke pri 55°C (50 – 65°C), mezofilne postopke pri 35°C (20 – 45°C), suhe postopke (30 – 40 % suhe snovi) in mokre postopke (10 – 25 % suhe snovi). Dokazano je, da so pri višjih temperaturah procesi hitrejši, vendar jih je težje nadzorovati in potrebujejo več bioplina za ogrevanje substrata na delovno temperaturo (Reference Document on Best ..., 2006: Poglavje 2.2.1 - Anaerobic digestion).

Teoretična produkcija metana v postopku anaerobne razgradnje je 348 Nm<sup>3</sup>/t KPK, čeprav se v praksi vrednosti običajno gibljejo med 100 in 200 Nm<sup>3</sup>/t KPK. Produkcija bioplina je zelo odvisna od vrste substrata. Nastali bioplin vsebuje 55 – 70 % metana, 30 – 45 % ogljikovega dioksida ter 200 – 4000 ppm vodikovega sulfida. Bioplin se lahko uporabi za produkcijo električne energije, ogrevanje (topla voda) ter kot alternativno gorivo za vozila. Poltrden

preostanek, imenovan digestat (pregnito blato), se lahko nadalje obdela z aerobnimi postopki (Reference Document on Best ..., 2006: Poglavje 2.2.1 - Anaerobic digestion).

## **2.3 Slovenska zakonodaja, relevantna za ravnanje z biorazgradljivimi odpadki in odpadnimi blati KČN**

V Sloveniji ureja ravnanje z biorazgradljivimi odpadki in blati KČN (neposredno ali posredno) več predpisov. To so:

1. Uredba o ravnanju z odpadki (UL RS št. 1358-34/2008),
2. Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (UL RS št. 1311-32/2006, 4858-98/2007, 2631-62/2008),
3. Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (UL RS št. 2628-62/08),
4. Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (UL RS št. 2630-62/08),
5. Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (UL RS št. 1363-34/2008),
6. Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (UL RS št. 3646-84/2005),
7. Uredba o sežiganju odpadkov (UL RS št. 2966-68/2008),
8. Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (UL RS št. 2419-57/2008).

### ***2.3.1 Uredba o ravnanju z odpadki***

To je krovna uredba za področje odpadkov. Določa obvezna ravnanja z odpadki, pogoje za izvajanje zbiranja, prevažanja, posredovanja, trgovanja, predelave in odstranjevanja odpadkov, klasifikacijski seznam odpadkov, kriterije za delitev na nenevarne in nevarne odpadke ter obveznost poročanja Evropski komisiji.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o ravnanju z odpadki definirani sledeče:

Odpadek je odpadek v skladu z zakonom, ki ureja varstvo okolja in je uvrščen v eno od skupin odpadkov, določenih s Prilogo 1 te uredbe.

Ravnanje z odpadki je zbiranje, prevoz, predelava in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorovanjem teh postopkov in nadzorom odlagališč po zaprtju.

Splošne zahteve Uredbe o ravnanju z odpadki so naslednje:

1. Odpadke je treba obdelati.
2. Odpadke je prepovedano puščati v naravnem okolju, odmetavati ali nenadzorovano obdelovati.
3. Obdelavo odpadkov mora zagotoviti imetnik odpadkov (odda oz. prepusti zbiralcu odpadkov, sam obdela, odda predelovalcu ali odstranjevalcu odpadkov, proda trgovcu in s tem trgovec postane imetnik odpadkov).
4. Če za posamezno kategorijo odpadkov obstaja poseben predpis, lahko imetnik odpadkov zagotavlja njihovo obdelavo samo z oddajo ali prepuščanjem zbiralcu odpadkov, ki je z omenjenim predpisom določen za zbiranje teh odpadkov. V tem primeru imetnik odpadkov dokaže izpolnjevanje svojih obveznosti glede obdelave odpadkov s pogodbo (oz. ustreznim dokazilom) ter z veljavnim evidenčnim listom (Slovenija) oz. s transportno listino (druge države).
5. Predelava odpadkov ima prednost pred njihovim odstranjevanjem. Priprava odpadkov za ponovno uporabo ima prednost pred recikliranjem in drugimi načini predelave.
6. Z odpadki je treba ravnati tako, da ni ogroženo človekovo zdravje ter povzročeno čezmerno obremenjevanje okolja.

### ***2.3.2 Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih***

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih določa mejne vrednosti emisij snovi v okolje zaradi odlaganja odpadkov, obvezna ravnanja in druge pogoje za odlaganje ter pogoje in ukrepe v zvezi z načrtovanjem, gradnjo, obratovanjem in zapiranjem odlagališč ter ravnanja po njihovem zaprtju.

Po tej uredbi je na odlagališča za nenevarne odpadke dovoljeno odlagati obdelane nenevarne odpadke z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi, katerih onesnaženost ne presega mejnih vrednosti parametrov onesnaženosti za tovrstne odpadke. Pri takih odpadkih sta ključna dva parametra, katerih mejni vrednosti sta pogosto težko dosegljivi. To sta:

- celotni organski ogljik (TOC), izražen kot C, z mejno vrednostjo 18 % mase suhe snovi,
- kurilna vrednost z mejno vrednostjo <6.000 kJ/kg.

Blato KČN kot ena od skupin obdelanih nenevarnih odpadkov z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi običajno presega mejni vrednosti teh dveh parametrov. Uredba zato natančno določa, da je ne glede na vsebnost TOC in kurilno vrednost blata KČN le-to dovoljeno odlagati na obstoječih odlagališčih z okoljevarstvenim dovoljenjem še do 15. julija 2009. Po tem datumu deponije ne bodo več sprejemale blat KČN.

### ***2.3.3 Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov***

Ta uredba določa obvezna ravnanja pri obdelavi biološko razgradljivih odpadkov in pogoje za uporabo ter dajanje v promet obdelanih biološko razgradljivih odpadkov.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov definirani sledeče: Biološko razgradljivi odpadki so anaerobno ali aerobno razgradljivi odpadki, navedeni v Prilogi 1 te uredbe s števkami iz klasifikacijskega seznama odpadkov. Med tovrstne odpadke s klasifikacijsko številko 19 08 05 spada tudi blato čistilnih naprav komunalnih odpadnih voda.

Obdelava biološko razgradljivih odpadkov je kompostiranje, anaerobna razgradnja, mehansko-biološka obdelava ali katerikoli postopek higienizacije teh odpadkov.

Kompost je biološko stabilen, higieniziran, humusu podoben material brez motečih vonjav, bogat z organsko snovjo, ki nastane s kompostiranjem in izpolnjuje zahteve za uvrstitev v 1. ali 2. razred okoljske kakovosti.

Pregnito blato biološke razgradnje je material, ki nastane kot pregnito blato pri anaerobni razgradnji biološko razgradljivih odpadkov in izpolnjuje zahteve za uvrstitev v 1. ali 2. razred okoljske kakovosti.

Stabilizirani biološko razgradljivi odpadki so mehansko-biološko obdelani biološko razgradljivi odpadki po zaključeni stabilizaciji, ki izpolnjujejo zahteve okoljske kakovosti za stabilizirane biološko razgradljive odpadke (Preglednica 1). Sem se uvrščata tudi kompost in pregnito blato, ki ne izpolnjujeta zahtev za uvrstitev v 1. ali 2. razred okoljske kakovosti, izpolnjujeta pa zahteve za stabilizirane biološko razgradljive odpadke.

Uporaba komposta, pregnitega blata in stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov v okolju je opredeljena z razvrstitvijo tovrstnih odpadkov v kakovostne razrede (Preglednica 1).

Preglednica 1: Parametri okoljske kakovosti komposta in pregnitega blata po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008)

Table 1: Environmental quality parameters of compost and digested sludge in Slovenian legislation (Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, 2008)

Parameter okoljske kakovosti	KOMPOST ALI PREGNITO BLATO	KOMPOST ALI PREGNITO BLATO	STABILIZIRANI BIOLOŠKO RAZGRADLJIVI ODPADKI
	1. razred okoljske kakovosti [mg/kg suhe snovi]	2. razred okoljske kakovosti [mg/kg suhe snovi]	Okoljska kakovost [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
<b>Neželeni primesi</b>	<b>[% mase suhe snovi]</b>	<b>[% mase suhe snovi]</b>	<b>[% mase suhe snovi]</b>
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2 mm	< 0,5 %	< 2 %	< 7 %
Mineralni trdni delci, večji od 5 mm	< 5 %	< 5 %	-

\*Opomba: Kakovost komposta, pregnitega blata in stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov se vrednoti na podlagi meritev parametrov, izvedenih v okviru monitoringa kakovosti komposta, pregnitega blata in stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov.

### 2.3.4 Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu

Ta uredba določa ukrepe in ravnanja z blatom iz komunalnih čistilnih naprav, če se uporablja kot gnojilo v kmetijstvu, prepovedi in omejitve v zvezi s tako uporabo ter obveznost poročanja Evropski komisiji.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu definirani sledeče:

Uporaba blata v kmetijstvu je vnašanje blata v ali na tla kot gnojilo v kmetijstvu ali kakršnakoli druga uporaba blata v ali na tleh kot kmetijskih zemljiščih.

Gnojilo je gnojilo v skladu s predpisom, ki ureja varstvo voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov.

Za uporabo blata v kmetijstvu se uporabljajo mejne vrednosti koncentracij težkih kovin v tleh, v ali na katera se vnaša obdelano blato, mejne vrednosti koncentracij težkih kovin v obdelanem blatu ter mejne vrednosti letnega vnosa težkih kovin, kot jih prikazuje Preglednica 2.

Preglednica 2: Meje vrednosti težkih kovin po Uredbi o uporabi blata iz komunalnih ČN v kmetijstvu (2008)

Table 2: Limit values of heavy metals content in the soil and treated sludge in Slovenian legislation (Uredba o uporabi blata iz komunalnih ČN v kmetijstvu, 2008)

Parameter	A	B	C
	TLA [mg/kg suhe snovi]	OBDELANO BLATO [mg/kg suhe snovi]	Mejna vrednost letnega vnosa [kg/ha]
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1	1,5	0,015
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	100	200	2
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	60	300	3
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,8	1,5	0,015
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	50	75	0,75
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	85	250	2,5
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	200	1200	12

\*Opomba: Načini vzorčenja in analitske metode obdelanega blata in tal so predpisani v obravnavani uredbi.

\*\*Opomba: V Preglednici 2 so prikazane mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v tleh (stolpec A), za vsebnost težkih kovin v obdelanem blatu, ki se uporablja v kmetijstvu (stolpec B) ter za količine težkih kovin, ki se smejo na podlagi 10-letnega povprečja letno vnesti v kmetijska zemljišča (stolpec C).

### ***2.3.5 Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov***

Ta uredba določa pogoje v zvezi z obremenjevanjem tal z vnašanjem odpadkov in obvezna ravnanja pri načrtovanju in izvedbi vnašanja zemeljskega izkopa ali umetno pripravljene zemljine zaradi izboljšanja ekološkega stanja tal.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov definirani sledeče:

Izboljšanje ekološkega stanja tal je vnašanje zemeljskega izkopa ali umetno pripravljene zemljine v ali na tla zaradi njihove rekultivacije, nasipavanja zemljišč pri vzpostavitvi novega stanja tal ali za zapolnjevanje izkopov zaradi vzpostavitve prvotnega stanja tal.

Rekultivacija tal je obnova zgornje plasti tal do največje globine korenin rastlin, ki običajno rastejo na rekultiviranih tleh.

Umetno pripravljena zemljina je glede sestavin tlom in podtalju enak ali podoben mineralni ali mineralnoorganski material, ki se pridobi s predelavo zemeljskega izkopa in drugih mineralnih odpadkov, mineralnoorganskih odpadkov, odpadnih naplavin v skladu s predpisi, ki urejajo vode, oz. drugih podobnih odpadkov, če je v svojih značilnostih podoben naravnim tlom ali podtalju in lahko prevzema vse pomembne naloge tal in podtalja.

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

Ta uredba določa mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla pri vnašanju blata iz čistilnih naprav, komposta ali mulja iz rečnih strug in jezer ter mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla ali na tla pri namakanju rastlin in pri gnojenju. Določa tudi načine vnašanja, stopnje zmanjševanja vnosa ter druge ukrepe v zvezi z vnosom nevarnih snovi in gnojil v tla.

Namen dane uredbe je zmanjšati in preprečiti onesnaženje voda, ki ga povzročajo nitrati iz kmetijskih virov in urediti uporabo blata iz čistilnih naprav, komposta ali mulja tako, da se preprečijo škodljivi učinki na tla, rastline, živali, ljudi ter na ta način spodbuditi pravilno uporabo le-teh.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla definirani sledeče:

Vnos nevarnih snovi in gnojil v tla ali na tla je izpuščanje, oddajanje oz. odlaganje nevarnih snovi ali gnojil pri vnašanju blata iz čistilnih naprav, komposta ali mulja iz rečnih strug in jezer, pri namakanju rastlin ali pri gnojenju z živinskimi ali mineralnimi gnojili.

Nevarne snovi so snovi ali skupine snovi po tej uredbi in se vnašajo v tla z blatom iz čistilnih naprav, kompostom oz. muljem ali pri namakanju rastlin, ter, ki zaradi svojih lastnosti, količine ali gostote negativno vplivajo na rabo tal ali na kakovost voda.

Gnojila so kakršnekoli snovi, ki vsebujejo dušikove spojine, fosfor ali kalij in so z vnosom v tla namenjene spodbujanju rasti rastlin. Gnojila so lahko v obliki živinskih ali mineralnih gnojil, v blatu čistilnih naprav, mulju in kompostu ter ostankih iz ribogojnic.

Letni vnos nevarnih snovi v ali na tla ne sme presegati mejnih vrednosti za posamezno nevarno snov, kot to določa obravnavana uredba in prikazuje Preglednica 3.

Preglednica 3: Mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla po Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (2005)

Table 3: Limit values of yearly hazardous substances input in the ground in Slovenian legislation (Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla, 2005)

Nevarna snov	Mejna vrednost letnega vnosa [kg/ha]
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	0,025
Celotni krom	2,5
Šestvalentni krom (Cr <sup>6+</sup> )	0,25
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	3
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,025
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	0,5
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	2,5
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	10

Ob primerjavi mejnih vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla (Preglednica 3) z mejnimi vrednostmi letnega vnosa težkih kovin v kmetijstvu (Preglednica 2, stolpec C) lahko ugotovimo, da obstajajo določena neskladja med predpisi (Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (2005), Uredba o uporabi blata iz komunalnih ČN v kmetijstvu



(2008)). Gre zlasti za primer niklja in cinka, kjer kmetijska raba komposta ali blata ČN dopušča višje mejne vrednosti letnega vnosa težkih kovin kot splošna raba, kar je nelogično. Menimo, da bi bilo navedena neskladja potrebno odpraviti, zato predlagamo znižanje mejnih vrednosti letnega vnosa niklja in cinka v kmetijstvu na nivo splošne rabe.

### ***2.3.7 Uredba o sežiganju odpadkov***

Ta uredba določa ukrepe, obvezna ravnanja, prepovedi in druge pogoje za sežiganje in sosežiganje odpadkov ter pogoje in ukrepe glede obratovanja sežigalnic odpadkov in naprav za sosežig odpadkov. Osnovni namen je preprečitev oz. omejitev škodljivih učinkov na okolje, zlasti onesnaževanje z emisijo snovi v zrak, tla, površinsko vodo in podzemno vodo ter posledično na tveganje za zdravje ljudi.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o sežiganju odpadkov definirani sledeče:

Sežigalnica je katerakoli nepremična ali premična naprava, namenjena toplotni obdelavi odpadkov z izkoriščanjem pridobljene zgorevalne toplote ali brez nje.

Naprava za sosežig je katerakoli nepremična ali premična naprava, ki je namenjena zlasti proizvodnji energije ali določenih izdelkov, v kateri se odpadki uporabljajo običajno kot dodatno gorivo ali pa se toplotno obdelajo za namen odstranjevanja.

Določila te uredbe se uporabljajo pri sežiganju različnih skupin odpadkov; veljajo tudi za blato KČN.

### ***2.3.8 Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo***

Ta uredba določa pogoje za predelavo odpadkov iz biomase v trdno gorivo, ki se lahko uporablja brez omejitev v kurilnih napravah in industrijskih pečeh, ter pogoje za predelavo nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, preden se uporabijo kot gorivo ali dajo v promet za uporabo kot gorivo v napravi za sosežig odpadkov.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo definirani sledeče:

Nenevarni odpadek je nenevarni odpadek v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki.

Predelava nenevarnih odpadkov v trdno gorivo je predelava v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki ter zajema predobdelavo ter uporabo trdnega goriva.

Trdno gorivo je nosilec energije v trdnem stanju, namenjen za energetske pretvorbo.

Neto kurilna vrednost je izračunana vrednost energije zgorevanja, preračunana na enoto mase goriva, ki se pridobi pri sežiganju trdnega goriva v kisiku pri takih pogojih, da vsa voda ostane v obliki vodnih par pri tlaku 0,1 MPa.

Postopki predobdelave nenevarnih odpadkov se lahko uporabljajo za različne skupine nenevarnih odpadkov, med drugim tudi za biorazgradljive odpadke (razni rastlinski odpadki, odpadki živalskega izvora), blata komunalnih in industrijskih čistilnih naprav ter za pregneto blato iz anaerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov.

## **2.4 Informacijski sistemi o odpadkih in odpadnih blatih**

Podatke o odpadkih in odpadnih blatih, ki so bili uporabljeni pri izdelavi danega magistrskega dela, je možno razdeliti na dve kategoriji:

- podatki, dostopni širši javnosti,
- podatki, ki jih je bilo treba poiskati z delom na terenu.

### **Podatki, dostopni javnosti**

Nahajajo se na svetovnem spletu oz. v različnih publikacijah. Sem sodi vsa zakonodaja, različna poročila, navodila in programi državnih agencij in uradov; poleg navedenega še strokovni članki, avtorska dela in drugi pisni viri.

### **Podatki, ki jih je bilo treba poiskati na terenu**

Sem sodijo podatki o KČN v Gorenjski regiji v najširšem smislu (tehnologije čiščenja, priključeno število PE, vrste, obdelanost in količine blat, ravnanje z blati), podatki o drugih vrstah biorazgradljivih odpadkov v tem prostoru (količine, načini ravnanja) ter podatki, pridobljeni s poskusi in analizami; le-ti so obravnavani zlasti v 5. poglavju magistrskega dela.

### **3 NAČINI OBDELAVE ODPADNIH BLAT IN BIORAZGRADLJIVIH ODPADKOV**

#### **3.1 Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v kmetijstvu in zemeljskih delih**

Obdelani biorazgradljivi odpadki, še zlasti odpadno blato ČN, se lahko uporabljajo v kmetijstvu in raznih zemeljskih delih: pri urejanju zelenic in parkov ter pri rekultivaciji krajine ob večjih posegih v okolje (npr. nasipanje brežin ob gradnji avtocest). Uporaba odpadnih blat za kmetijske in nekmetijske namene predstavlja najbolj konvencionalen način koristne ponovne uporabe tovrstnih odpadkov, ki pa je zaradi vedno strožje zakonodaje v neizogibnem zatonu.

Če želimo odpadno blato in druge (predelane) biorazgradljive odpadke uporabiti za gojenje rastlin, jih je najprej potrebno vnesti v tla. Uporabljajo se trije glavni načini vnosa odpadnih blat oz. biorazgradljivih odpadkov v tla:

- direkten vnos (nestabiliziranih ali stabiliziranih) odpadnih blat v tla,
- kompostiranje odpadnih blat in drugih biorazgradljivih odpadkov ter vnos komposta v tla,
- predelava odpadnih blat oz. biorazgradljivih odpadkov v umetno pripravljeno zemljino in vnos le-te v tla.

##### ***3.1.1 Direktnen vnos odpadnih blat v tla***

Neposredna uporaba blata BČN v okolju je zanimiva alternativa, saj vrača hranila in organsko snov iz blata v naravni cikel. S tem pride do pozitivnega učinka na strukturo tal zaradi povečanja:

- poroznosti tal,
- stabilnosti talnih agregatov (organo-mineralnih kompleksov),
- sposobnosti tal za zadrževanje vode,
- pH in kationske izmenjevalne kapacitete tal.

Blato BČN je možno vnašati v tla v tekočem, poltekočem (mokra pogača) ali v suhem stanju. Blato lahko razpršimo po površini tal ali pa ga s posebnimi napravami vnesemo pod površino. Stopnja vsebnosti vode v blatu je odvisna od zahtev transporta ter metod uporabe blata. Uporaba blata v tekočem stanju ima prednost povsod tam, kjer je to možno. S tem, ko blato odcedimo, odstranimo tudi topne hranilne komponente.

Običajna sestava blat čistilnih naprav (Droste, 1997, str. 740)

Common WWTP sludge composition (Droste, 1997, p. 740)

Parameter	SUROVO PRIMARNO BLATO		VSE VRSTE BLAT		PREGNITO BLATO		SEPTIKA	
	Območje	Običajna vrednost	Območje	Običajna vrednost	Območje	Običajna vrednost	Območje	Običajna vrednost
Skupne trdne snovi, TS [%]	2.0 - 7.0	4.0			2.0 - 6.0	3.5	0.1 - 13	34
Hlapne trdne snovi [% TS]	60 - 80	65			35 - 65	51		63
pH	5 - 8	6			7.2 - 7.8	7.5		6.9
Bazičnost [mg/l kot CaCO <sub>3</sub> ]	500 - 1500	600			200 - 7600	4800	522 - 4190	970
Skupni N [g/kg s.s.]	15 - 40	25	< 1 - 176	33	1.6 - 4.0	2.7		0.69 g/l
Al [g/kg s.s.]			1 - 135	4	4.1 - 61	9.6		
As [mg/kg s.s.]			1.1 - 230	10				
Ca [g/kg s.s.]			1 - 250	39	44	26 - 67		
Cd [mg/kg s.s.]			3 - 3410	16	5 - 260	10		
Cl [g/kg s.s.]					1.7 - 190	7.1		
Co [mg/kg s.s.]			1 - 18	4.0	1 - 42	9.0		
Cr [mg/kg s.s.]			10 - 99000	500	200 - 1280	375		
Cu [mg/kg s.s.]			84 - 10400	850	280 - 2570	970		
Fe [g/kg s.s.]	20 - 40	25	< 1 - 153	11	14 - 110	51		
Hg [µg/kg s.s.]			0.2 - 10600	5	0.43 - 4.7	2.1		
K [g/kg s.s.]	0 - 8.3	4	0.2 - 26.4	3	0.04 - 0.16	0.09		
Mg [g/kg s.s.]			0.3 - 19.7	4.5	3.1 - 11	6.8		
Mn [mg/kg s.s.]			18 - 7100	260	170 - 2090	320		
Mo [mg/kg s.s.]			5 - 39	30	7.0 - 97	12		
Na [g/kg s.s.]			0.1 - 30.7	2.4	0.07 - 0.42	0.16		
Ni [mg/kg s.s.]			2 - 3520	82	23 - 410	120		
P [g/kg s.s.]	3.5 - 12.2	7	< 1 - 143	23	14 - 57	24	20 - 760 mg/l	210 mg/l
Pb [mg/kg s.s.]			13 - 19700	500	200 - 1280	375		
Sn [mg/kg s.s.]			2.6 - 329	14				
Zn [mg/kg s.s.]			101 - 27800	500	400 - 5130	1600		

\*Opomba: Skupne trdne snovi predstavljajo suho snov, hlapne trdne snovi pa organsko snov oz. žarozgubo.

V pregnitem blatu je približno ena tretjina dušika v tekočem stanju; zgoščanje in izcejanje vode tako znatno zmanjšata količino topnega dušika v blatu. Sestava blata ČN je lahko zelo različna; odvisna je zlasti od prisotnosti in količine različnih industrijskih odpadnih vod, ki se poleg komunalnih odpadnih vod morda čistijo na ČN ter od načina obdelave blata (Preglednica po Drosteju, 1997, str. 740).

Možni načini neposredne uporabe blat ČN v okolju so različni. To so predvsem:

- uporaba na kmetijskih površinah, v gozdovih ter na drugih predelih z vegetacijo (golf igrišča, vrtarije, parki, rekreacijska območja),
- uporaba za izboljševanje tal (površinski rudniki, ruderalne površine, gradbišča).

Tovrstna praksa pa je tudi izvor različnih problemov, povezanih s prisotnostjo toksičnih in fitotoksičnih polutantov, tako organskih kot anorganskih, ter s prisotnostjo patogenov. Obstajajo številne metode higienizacije za redukcijo patogenov, še vedno pa ne poznamo nobene zanesljive metode, ki bi nevtralizirala ali eliminirala težke kovine v odpadnih blatih. Težke kovine so problematične zato, ker so toksične in bioakumulativne. Zakonodaja se je zato osredotočila zlasti na težke kovine in definirala njihove maksimalne (mejne) dovoljene koncentracije v blatih ter v tleh, kakor tudi maksimalne količine, ki se lahko nakopičijo v tleh v določenem obdobju. Pri tem so bile upoštevane različne prehranjevalne verige ter najbolj izpostavljeni osebki (rastline, živali, ljudje). Maksimalne dovoljene koncentracije težkih kovin (v tleh in v obdelanem blatu, ki se uporablja v kmetijstvu) ter maksimalne dovoljene količine težkih kovin, ki se smejo na podlagi 10-letnega povprečja letno vnesti v kmetijska zemljišča, določene s slovenskimi predpisi, so navedene v Preglednici 2 (Poglavje 2.3.4).

Za uporabo blat ČN v kmetijstvu veljajo nekoliko strožji pogoji kot za druge vrste uporabe v okolju, saj mora biti blato pred uporabo na kmetijskih površinah vedno obdelano na aeroben ali anaeroben način, hkrati pa mora izpolnjevati tudi zahteve za 1. ali 2. razred okoljske kakovosti komposta ali pregnitega blata po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008) (Poglavje 2.3.3, Preglednica 1).

Blato ČN se torej na splošno lahko uporablja v okolju, če ustreza minimalni kvaliteti za določeno uporabo. To je najlažje doseči pri odpadnih blatih, ki izvirajo z malih in s srednje

velikih ČN, ki čistijo odpadno vodo z območij brez industrije. Z vidika stroškov transporta pa je najbolje, da so površine za aplikacijo blata blizu virov njegovega nastanka.

Kontrolni faktorji uporabnosti blata v okolju so naslednji:

1. Stopnja koristne rabe hranil s strani pridelka oz. vegetacije (različna za različne vrste rastlin). Potrebno je napraviti tudi izračune količin hranil, dostopnih prvo leto ter v naslednjih letih po aplikaciji blata, saj je dostopnost nekaterih hranil za rastline odvisna od stopnje mineralizacije; to velja zlasti za dušik, ki ga je v blatih ČN veliko.
2. Potencial rastlin za privzem toksičnih komponent (posebej kovin).
3. Akumulacija soli in kovin v prsti.
4. Število patogenov.
5. Ustrezen estetski izgled.

Pri uporabi blata v okolju je vedno treba upoštevati tveganje za zdravje ljudi zaradi direktne izpostavljenosti, uživanja pridelkov ter kontaminacije podtalnice.

### ***3.1.2 Kompostiranje odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov***

Kompostiranje je mikrobna transformacija in stabilizacija heterogenih organskih substratov v aerobnih pogojih in v trdnem stanju (De Bertoldi, 2007). Pri tem nastajajo ogljikov dioksid, voda, toplota in humus (kompost), ki je dokaj stabilen organski končni produkt kompostiranja.

Odpadna blata ČN in druge biorazgradljive odpadke je možno predelati v kompost ali v gnojilo z ugodno vsebnostjo dušika, fosforja in kalija ter humusnih organskih snovi. Nastali produkt se nato lahko uporabi za gojenje rastlin.

Kompostiranje odpadnih blat ČN, lahko v kombinaciji z drugimi biorazgradljivimi odpadki, se uporablja pogosteje od neposrednega vnosa blat v okolje, saj ima pred slednjim načinom več prednosti. To so:

- kompost je lažje shranjevati kot blato,
- transport komposta je cenejši od transporta blata,

- kompost je možno uporabiti daleč od mesta njegovega nastanka in v obdobjih, ki niso vezana na njegovo produkcijo, kar za blato ne velja,
- kompost je z vidika higiene in zdravja ljudi bolj varen produkt kot blato,
- kvaliteta komposta je bolj stalna in bolj nadzorovana kot kvaliteta blata.

V procesu kompostiranja organskih odpadkov, vključno z odpadnimi blati ČN, nastaja produkt (kompost), ki znatno pripomore k izboljšanju lastnosti tal. Ob dodatku komposta tlom se njihova kapaciteta zadrževanja vode poveča, odtekanje vode se zakasni, poveča se dostopnost vode za rastline, volumen por in prezračevanje tal se povečata, struktura tal postane bolj stabilna, kar varuje tla pred erozijo (Kranert, Berkner, 2005).

Kompostiranje je aeroben proces, ki za svoj potek potrebuje zadostno vsebnost vlage (preko 50 %) ter prisotnost zraka v materialu, kjer poteka. Blato ČN je v nasprotju z biorazgradljivimi odpadki tekoče in samostojno ne dopušča pristopa zraka, zato mu je potrebno dodajati strukturni material. To je lahko:

- lesni ostanki (lesni sekanci) pri obrezovanju in odstranjevanju dreves,
- odpadki rastlin z dolgimi vlakni,
- narezana slama in koruznica,
- lubje in skorja,
- žaganje in iveri,
- raztrgan papir in karton.

Količina dodanega strukturnega materiala je odvisna od vsebnosti vode v odpadnem blatu; z večanjem vsebnosti vode se namreč potreba po strukturnem materialu povečuje. Zaradi obdelave čim manjših skupnih količin materiala je smiselno blato, ki vstopa v postopek kompostiranja, primerno dehidrirati.

Načinov kompostiranja različnih biorazgradljivih odpadkov je veliko. V Nemčiji se za kompostiranje odpadnih blat ČN uporablja 6 higiensko zanesljivih sistemov (Kranert, Berkner, 2005). To so:

- zabojniki,
- tuneli,

- odprte grede,
- odprte grede s streho,
- grede, pokrite s semi-permeabilno membrano,
- bioreaktorji.

### **Kompostiranje v gredah**

Pri kompostiranju v gredah je biomasa oblikovana v grede različnih dimenzij; ponavadi višine 1 do 3 m ter širine 3 do 8 m. Dimenzije grede so odvisne od tipa biomase ter od prezračevalnega sistema. Če se biomasa prezračuje zgolj z obračanjem materiala, zavzamejo take grede večjo površino kot grede s prisotnim cevnim prezračevalnim sistemom. Grede, ki imajo prečni presek trapezne oblike, dobro izkoriščajo razpoložljiv prostor za kompostiranje. Z večanjem prečnega preseka grede se povečuje tudi delež materiala, kjer ni naravnega kroženja zraka. Naravna konvekcija deluje po principu dimnika: tok zraka iz okolice teče v naloženo biomaso zaradi tlačne razlike, ki nastaja, ker iz biomase izhaja ogret zrak. Tako je optimalna aeracija biomase s konvekcijo dosežena le pri gredah s trikotnim prečnim presekom. Pri gredah z drugačnim prečnim presekom naravna konvekcija zraka ni tako učinkovita, zato je potrebno uporabljati umeten prezračevalni sistem in/ali biomaso obračati.



Greda z mehanskim obračanjem (Chiumenti et al., 2005, str. 48)

Dynamic windrow with mechanical turning (Chiumenti et al., 2005, p. 48)

Sisteme gred za kompostiranje delimo glede na metodo, ki biomasi zagotavlja zrak (kisik), na:

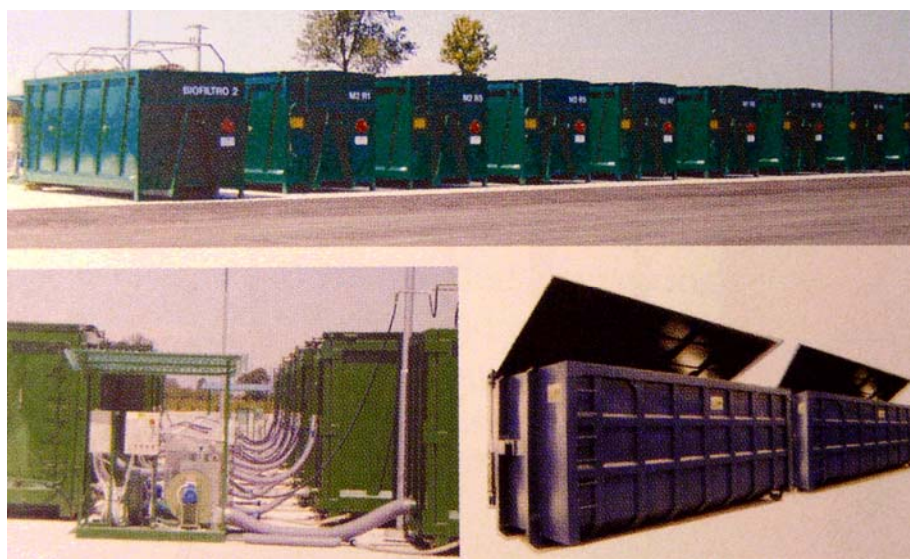
- statične grede (prezračevanje le z naravno konvekcijo),



- grede z umetnim prezračevalnim sistemom (sistem za podtlak ali nadtlak),
- grede z mehanskim obračanjem (posebni stroji za obračanje),
- grede z mehanskim obračanjem ter umetnim prezračevalnim sistemom.

### **Kompostiranje v bioreaktorjih**

Bioreaktor je zaprta naprava, ki se napolni z biomaso za kompostiranje. Ponavadi se uporablja v začetku procesa kompostiranja, ko poteka pospešena biooksidacija. Večini bioreaktorjev je dodana tudi enota za obdelavo zraka, ki omeji emisije delcev in plinastih polutantov v okolico. Vsak bioreaktor je opremljen tudi s kontrolnim sistemom, ki spremlja biološko aktivnost v reaktorju. Gre za merjenje temperature zraka ter koncentracije kisika in ogljikovega dioksida. Spremljanje koncentracij omenjenih plinov v izhajajočem zraku omogoča natančno klasifikacijo razgradnega procesa. Obstaja več vrst bioreaktorjev; zanimivi so zlasti biozabojniki in biotuneli, ki se uporabljajo pri obdelavi blat ČN.



Biozabojniki (Chiumenti et al., 2005, str. 68)

Biocontainer systems (Chiumenti et al., 2005, p. 68)

Izvedenih je bilo tudi več poskusov kompostiranja odpadnih blat v kombinacijah z drugimi vrstami biorazgradljivih odpadkov. Izkazalo se je, da je kompostiranje trdnih biorazgradljivih odpadkov skupaj z odpadnimi blati ČN zanimiva in hkrati uspešna rešitev, saj ima končni produkt boljše lastnosti, kot če bi kompostirali samo blato ČN. Razlog je kompenzacija

relativno visoke vsebnosti trdnih snovi in razmerja C/N v trdnih odpadkih z nizko vsebnostjo trdnih snovi in razmerja C/N v blatih ČN (Spinosa, 2007).

Nastali kompost mora ustrezati določenim kriterijem, da ga je mogoče uporabiti v okolju. Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008) določa parametre okoljske kakovosti komposta in pregnitega blata, na osnovi katerih lahko kompost ali pregnito blato uvrstimo v 1. oz. 2. razred okoljske kakovosti ali med stabilizirane biološko razgradljive odpadke (Poglavje 2.3.3, Preglednica 1). Navedene tri kategorije se med seboj razlikujejo po kvaliteti in zato tudi po možnostih uporabe. Najboljše kvalitete je kompost ali pregnito blato, ki se uvršča v 1. razred okoljske kakovosti, zanj velja neomejena raba na vseh zemljiščih. Ostali dve kategoriji sta slabši, zato zanju veljajo določene omejitve pri uporabi.

### ***3.1.3 Predelava odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v umetno pripravljene zemljine***

Odpadna blata KČN in druge biorazgradljive odpadke je mogoče ob dodatku nekaterih mineralnih in mineralno organskih odpadkov predelati v umetno pripravljene zemljine. Umetno pripravljeno zemljino je dovoljeno vnašati v tla, če se vnaša zaradi izboljšanja ekološkega stanja tal. Pri tem je pomembno poznavanje sestave tal, saj so od nje odvisne tudi mejne vrednosti nekaterih parametrov v zemljini. Mejne vrednosti anorganskih in organskih parametrov umetno pripravljene zemljine in njenega izlužka glede na namembnost uporabe zemljine določa Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (2008).

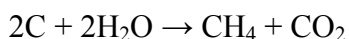
Na Inštitutu Jožef Stefan v Ljubljani je bilo leta 2008 izvedenih nekaj poskusov priprave različnih mešanic umetnih zemljin iz blat KČN Murska Sobota, Maribor in Ljubljana, jalovine iz kamnoloma Andraž ter prsti iz različnih izkopov. Maksimalna dodana količina blata KČN je bila določena z ozirom na dušik; gre za koncentracijo, ki omogoča optimalno rast rastlin in hkrati ne presega maksimalne dovoljene vrednosti. Tako so bile umetne zemljine pripravljene iz 10 % blat KČN, 45 % jalovine iz kamnoloma Andraž ter 45 % prsti, računano na osnovi suhe teže. Nato so bile izvedene analize koncentracij posameznih elementov v vzorcih zemljin ter v njihovih vodnih izlužkih. Rezultati analiz so pokazali možnost potencialne uporabe blat KČN Murska Sobota, Maribor in Ljubljana za pripravo

umetnih zemljin, primernih za sanacijo kamnolomov ter rekultivacijo brežin ob avtocestah. Pred pripravo umetnih zemljin pa bi bil v primeru blata KČN Maribor potreben postopek imobilizacije bakra, saj je vodni izlužek vzorca blata vseboval previsoke koncentracije te kovine; in sicer 15,1 mg/l, medtem ko je mejna dovoljena koncentracija bakra v izlužku 0,6 mg/l (Environmentaly Save Disposal ..., 2008).

### **3.2 Postopki anaerobne razgradnje odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov**

Anaerobna razgradnja biorazgradljivih snovi je naraven biološki proces, pri katerem iz teh snovi nastajata digestat in bioplin. Postopek poteka v okoljih, kjer ni kisika. Značilni primeri so sedimenti na dnu jezer, močvirja in barja ter prebavila prežvekovalcev.

Bioplin je zmes plinov, ki nastanejo pri anaerobni razgradnji (vrenju) organskih snovi. Anaerobno vrenje temelji na metanogenezi; bakterije razgrajujejo organski material, produkta razgradnje pa sta predvsem metan in ogljikov dioksid. Proces poenostavljeno zapišemo z naslednjo reakcijo (Zver, Durič, Bernik, 2007, cit. po Đulbić, 1986):



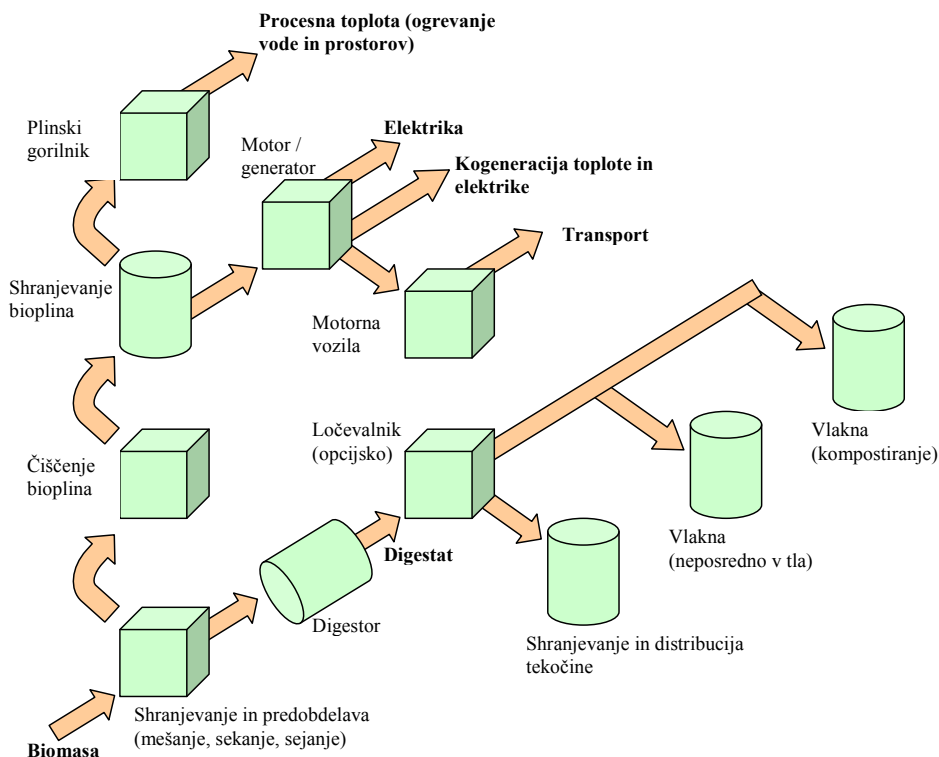
Anaerobna razgradnja poteka v treh fazah (Zapušek, 2008):

1. Mikrobna hidroliza in fermentacija celuloze, proteinov in maščob. V tej fazi ogljikovodiki, proteini in maščobe hidrolizirajo v sladkorje, ti pa nadalje v ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), vodik (H<sub>2</sub>), amoniak (NH<sub>3</sub>) in organske kisline. Proteini razpadejo v procesu deaminacije, pri čemer nastajajo amoniak, karboksilne kisline in ogljikov dioksid. Plin, ki pri tem nastaja, lahko vsebuje do 80 % CO<sub>2</sub> in do 20 % H<sub>2</sub>.
2. Kislinska faza. Acetogeni mikroorganizmi pretvorijo organske kisline v očetno kislino in njene derivate, CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>; nekateri mikroorganizmi ob prisotnosti CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub> pretvorijo ogljikovodike neposredno v očetno kislino. V tej fazi koncentracija CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub> začne upadati.
3. Metanogena faza. Nastaja predvsem metan; metanogene bakterije pričnejo delovati pri nizkih koncentracijah H<sub>2</sub> ter iz organskih kislin proizvajajo CH<sub>4</sub> in CO<sub>2</sub>. Bakterije, ki

sodelujejo v tej fazi, so lahko iz skupine mezofilnih ali termofilnih bakterij. V metanogeni fazi nastane okrog 60 % CH<sub>4</sub> in 40 % CO<sub>2</sub>, za začetek procesa pa je potrebno zagotoviti pH v območju med 6,8 in 7,5.

Sposobnost bakterij za produkcijo metana je možno izkoristiti v različnih anaerobnih reaktorjih, npr. v gniliščih (presnovališčih) ČN oz. v bioplinarnah. Če postopek poteka v mezofilnem temperaturnem območju (30 – 40°C), je tvorba bioplina relativno počasna. Mogoča je tudi do 8-krat hitrejša reakcija v termofilnem temperaturnem območju (50 – 60°C). Proces pri 35°C traja 20 do 30 dni, pri 55°C pa največ 12 do 15 dni. Za segrevanje na delovno temperaturo procesa je možno uporabiti bioplin, kar hkrati pomeni zmanjšanje njegove količine kot sekundarne surovine. Pri modernejših kogeneracijskih postrojenjih se ves plin porabi za proizvodnjo elektrike, odpadna toplota motorja, ki proizvaja elektriko, pa za gretje anaerobnih reaktorjev. Pri mezofilnem postopku je odpadne toplote za gretje reaktorjev zadosti, pri termofilnem pa ne (Grilc, Zupančič, Roš, 2006).

Bioplinarne so dimenzionirane v zelo različnih velikostih in ne glede na velikost lahko uspešno delujejo. Jedro bioplinarne predstavlja reaktor, napolnjen z biomaso. Tu v odsotnosti kisika poteka anaerobna razgradnja in nastaja bioplin. Po končani razgradnji v reaktorju ostane razgrajena biomasa, t.i. 'digestat', ki je sestavljen iz s hranili bogate tekoče frakcije ter iz nepredelanih rastlinskih vlaken. Če vlakna odstranimo, lahko tekočo frakcijo uporabimo kot gnojilo, saj vsebuje dušik ter nekaj fosforja in kalija. Hranila so tu prisotna v obliki, ki je rastlinam bolj dostopna kot v primeru nepregnitega blata. Frakcija vlaken vsebuje precej fosforja in ob kompostiranju le-te nastane produkt, po svojih lastnostih podoben šoti, ki ga je možno uporabiti za izboljševanje tal. Tretji in najpomembnejši produkt anaerobne razgradnje je bioplin, ki ga lahko uporabimo za produkcijo toplote oz. elektrike in toplote ali pa ga predelamo v biogorivo (Navickas, 2007).



Procesna shema anaerobne razgradnje s pridobivanjem bioplina (prirejeno po Navickas, 2007, str. 5)

Process scheme of anaerobic digestion with biogas extraction (arranged after Navickas, 2007, p. 5)

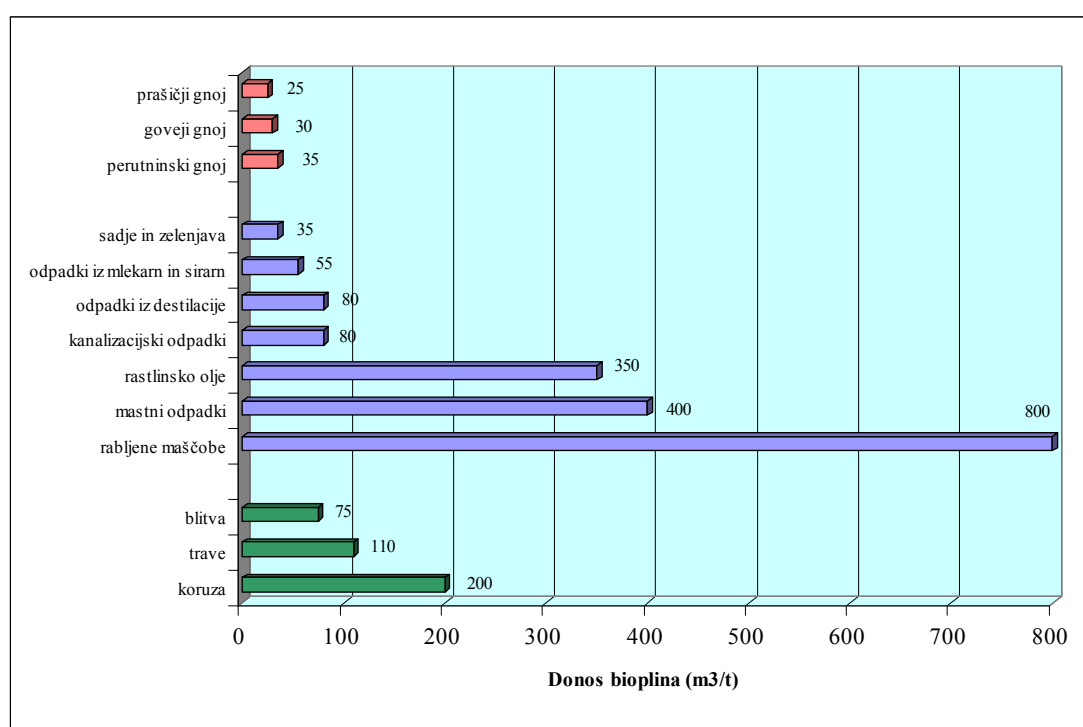
Bioplin ima povprečno kurilno vrednost okoli  $6,5 \text{ kWh/m}^3$  ( $23,4 \text{ MJ/m}^3$ ), kar pomeni, da je kurilna vrednost  $1 \text{ Nm}^3$  bioplina ekvivalentna kurilni vrednosti  $0,6 \text{ l}$  kurilnega olja oz.  $0,65 \text{ Nm}^3$  zemeljskega plina (Analiza potenciala komunalnega plina ..., 2007).

Surovine, ki se lahko uporabljajo za pridobivanje bioplina v procesu anaerobne razgradnje, se zelo razlikujejo po svoji sestavi, homogenosti, dinamiki tekočin, biorazgradljivosti ter tudi po donosu bioplina. To so različne skupine organskih odpadkov ter celo namensko gojene rastline.

Pogoste surovine, ki se uporabljajo za pridobivanje bioplina z anaerobno razgradnjo, so:

- odpadno blato ČN,
- flotacijski mulji, odpadna blata iz postopkov ločevanja maščob,
- živalski gnoj in gnojevka s farm,

- ostanki hrane iz velikih kuhinj (restavracije, hoteli, bolnice),
- odpadno jedilno olje,
- živalski ostanki iz klavnic,
- organski odpadki iz industrije za predelavo hrane, biokemijske industrije, tekstilne industrije, farmacije,
- biorazgradljiva organska frakcija trdnih odpadkov iz naselij,
- namensko gojene rastline (silažna koruza, trava).



Donos bioplina pri različnih vrstah biomase (prirejeno po Navickas, 2007, str. 8)

Biogas yield of different biomass input (arranged after Navickas, 2007, p. 8)

Kvaliteta produktov anaerobne razgradnje je odvisna od lastnosti surovin, ki vstopajo v proces presnove. Izvedenih je bilo že več poskusov, v katerih so primerjali produkcijo bioplina pri različnih substratih. Sosnowski et al. (2003) je ugotovil, da je kumulativni donos bioplina pri blatu ČN v začetni fazi termofilnega postopka večji kot pri mešanici blata (75 vol %) in organske frakcije trdnih odpadkov iz naselij (25 vol %), po dveh tednih je bilo stanje izenačeno, na koncu poskusa pa je bila pri mešanici ugotovljena 2-krat tolikšna

proizvodnja bioplina kot pri blatu ČN. Dokazano je tudi, da kumulativna produkcija bioplina pri mezofilnih pogojih narašča z naraščanjem odstotka organske frakcije trdnih odpadkov iz naselij (Sosnowski et al., 2003, cit. po Cecchi et al., 1988 in Hamzawi et al., 1998). To je tudi pričakovano, saj se z dodatkom organske frakcije v substratu izboljšuje razmerje C/N oz. povečuje delež ogljika, ki je glavni gradnik metana.

Produkcijo bioplina nekega substrata v anaerobnem reaktorju lahko izražamo kot prostorsko – časovni donos bioplina: volumen bioplina/volumen reaktorja/čas [ $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{dan}$ ]. Zanimivo je primerjati podatke o donosu bioplina oz. metana na g hlapnih suspendiranih snovi (VSS), ki jih sestavljajo organske snovi. Tako velja, da je teoretični donos metana za organsko frakcijo trdnih odpadkov iz naselij višji (0,30 g  $\text{CH}_4/\text{g}$  VSS) kot za blato iz ČN (0,24 – 0,27 g  $\text{CH}_4/\text{g}$  VSS) (Sosnowski et al., 2003). Donosi, doseženi pri eksperimentih, so običajno nekoliko nižji od teoretičnih, saj so vezani na izkoristek substrata.

Anaerobna razgradnja blat ČN v kombinaciji z organsko frakcijo trdnih odpadkov iz naselij se zdi energetsko in okoljsko zanimiva rešitev ter ima pred razgradnjo samih blat ČN več prednosti. To so:

- razredčenje potencialno toksičnih komponent,
- izboljšano ravnovesje hranil (vsebnost dušika je višja v blatu, vsebnost ogljika pa v organski frakciji trdnih odpadkov iz naselij), s čimer se izboljša učinkovitost energetske pretvorbe,
- sinergistično delovanje mikroorganizmov,
- povečana obremenitev z biorazgradljivimi organskimi snovmi,
- boljši donos bioplina (Sosnowski et al., 2003).

Na osnovi navedenega lahko zaključimo, da je uporaba anaerobne razgradnje različnih skupin organskih odpadkov, kamor sodijo tudi odpadna blata ČN, ekološko prijazna rešitev, ki ljudem in okolju prinaša znatne koristi. To so zlasti:

- zmanjšanje neprijetnih vonjav, ki nastajajo ob razkroju organske snovi na kompostiščih ali odlagališčih,
- 99,99 % uničenje patogenov,

- zajem metana, ki bi kot močan toplogredni plin z odlagališč uhajal v atmosfero in prispeval k učinku tople grede,
- produkcija bioplina, ki nadomešča izrabo fosilnih goriv,
- nastanek produktov, ki prispevajo k izboljševanju lastnosti tal,
- sprostitev odlagališčnega prostora in s tem zmanjšanje socialnih in okoljskih problemov.

### **3.3 Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje bioplina in biogoriva**

Iz odpadnih blat in drugih vrst lahko razgradljivih organskih odpadkov je z anaerobno razgradnjo mogoče pridobiti bioplin, iz bioplina pa elektriko ali biogorivo za pogon motornih vozil.

Bioplin se predela v biogorivo tako, da se iz njega odstrani ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), žveplovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) in vlaga ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Na ta način se zmanjša potreben prostor za shranjevanje obdelanega plina, zmanjša se korozija kovinskih elementov, poveča pa se tudi kalorična vrednost plina. Tako obdelanemu plinu se doda tudi poseben odorant, ki omogoča odkrivanje razpok na napeljavah. Po obdelavi se tako pridobljen plin – biogorivo – stisne z visokim pritiskom od 250 do 300 barov ter shrani kot tekočina v posebnih rezervoarjih. Do postaj za črpanje goriva se biogorivo lahko dovaja na več načinov, npr. z lokalnim cevovodom za biometan, po cevovodu za zemeljski plin ali pa s tovornjaki, ki so opremljeni s posebnimi prikolicami oz. rezervoarji (Lindow, 2007).

Postopek pridobivanja biogoriva iz bioplina je po podatkih Lindowa (2007) v široki uporabi na Švedskem. Na Švedskem je kar 60 % vsega letno proizvedenega bioplina (1,4 TWh) pridobljenega iz blat komunalnih čistilnih naprav (140 bioplinarn), ostalo prispevajo odlagališča (60 bioplinarn) ter organski odpadki (40 bioplinarn). Od 240 bioplinarn jih je 31 nadgrajenih za predelavo bioplina v biogorivo. Stroški predelave v biogorivo so dokaj visoki, in sicer 1 – 2 €c/kWh.



Na Švedskem obstajata dva tipa postaj za oskrbo motornih vozil z biogorivom:

- postaje za hitro polnjenje, namenjene avtomobilom: leta 2007 jih je bilo 70,
- postaje za počasno polnjenje (preko noči), namenjene tovornjakom in avtobusom: leta 2007 jih je bilo 26, planiranih je še preko 30 dodatnih.

Cena biogoriva je na Švedskem za 20 do 40 % nižja kot cena bencina.

Na osnovi bioplina pridobljeno biogorivo ima velik potencial za uporabo v prihodnosti, saj omogoča:

- večjo gotovost oskrbe z gorivom (lokalna produkcija),
- nova delovna mesta,
- znatno manjši vplivi na okolje.

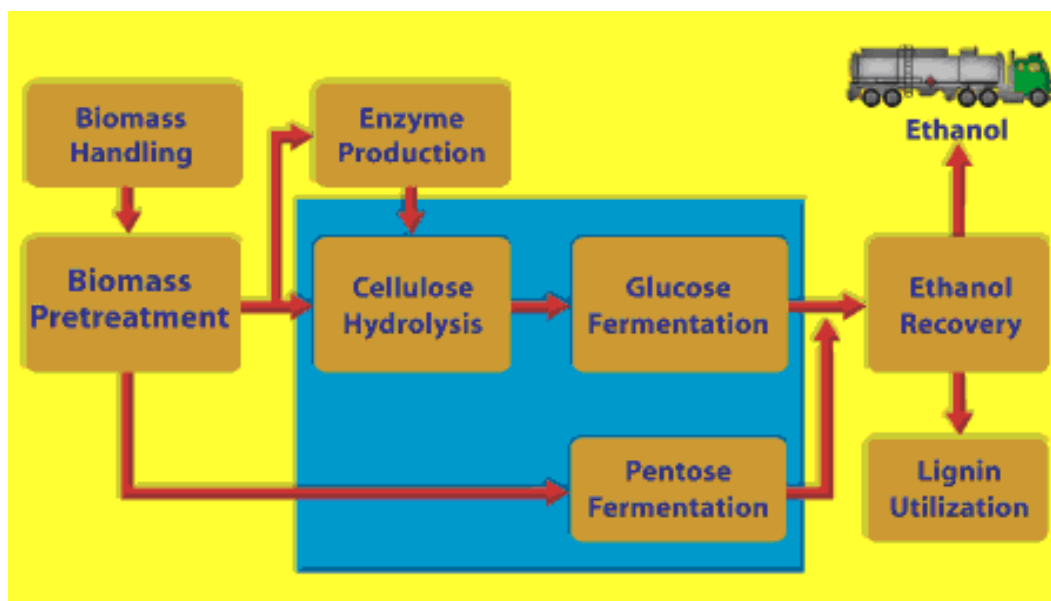
Švedi v povezavi z biogorivom poznajo rek: »Tehnologija je tu – uporabimo jo.«

### **3.4 Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje etanola**

Iz različnih vrst biomase (kulturne rastline, les, biorazgradljivi odpadki) je mogoče pridobivati bioetanol, ki lahko služi kot biogorivo oz. kot sestavina biogoriva. Široka uporaba etanola za pogon motornih vozil je znana zlasti iz Brazilije.

Biomasa se pretvori v bioetanol z dvema postopkoma. To sta hidroliza in fermentacija.

- Hidroliza je kemijska reakcija, ki pretvori kompleksne polisaharide iz biomase v preproste sladkorje. V postopku pretvorbe biomase v sladkorje so katalizatorji te reakcije kisline in encimi.
- Fermentacija je zaporedje biokemijskih reakcij, ki pretvarjajo sladkorje v etanol. Poteka s pomočjo bakterij ali gliv kvasovk, ki se hranijo s sladkorji; pri porabi sladkorjev pa nastajata etanol in ogljikov dioksid.



Procesni diagram pridobivanja bioetanola (Biofuels, 2008)

Bioethanol production process diagram (Biofuels, 2008)

Pri postopkih pridobivanja bioetanola iz biorazgradljivih odpadkov z namenom uporabe za pogon motornih vozil prednjačijo Finci - podjetje St1; in sicer z inovativnim postopkom razpršene produkcije (St1, 2007). Ta postopek je definiran z naslednjimi petimi koraki:

1. Zbiranje biorazgradljivih odpadkov ter njihova predelava v 85 % bioetanola v posebnih napravah (Etanolix naprave). Ločitev bioetanola od preostale brozge z destilacijo.
2. Nastanek stranskega produkta, ki ga kmetje lahko uporabljajo kot krmo za živali.
3. Dehidracija 85 % bioetanola do 99,8 %, kar omogoča nadaljnjo uporabo bioetanola pri pripravi biogoriva.
4. Dodajanje bioetanola bencinu ter pridobivanje končne mešanice biogoriva (E5 – 5 % etanol in 95 % bencin, E10 – 10 % etanol in 90 % bencin ter E85 – 85 % etanol in 15 % bencin).
5. Distribucija biogoriva do servisnih postaj.

Gorivi skupin E5 in E10 lahko uporablja večina sodobnih avtomobilov brez težav, medtem ko gorivo skupine E85 le avtomobili, ki so definirani za fleksibilna goriva (t.i. flexifuel cars).

Uporaba bioetanola kot gorivo ima več prednosti. To so predvsem:

- zmanjševanje stroškov za gorivo,
- povečanje oktanskega števila goriva,
- zmanjšanje škodljivih emisij bencina.

Bioetanol je mogoče pridobivati tudi iz govejega gnoja. Raziskave za območje Teksasa (ZDA) z intenzivno živinorejo in velikimi količinami gnoja so dale vzpodbudne rezultate. Glavni problem tovrstne uporabe je zagotovitev neke konstantne kvalitete vstopne surovine oz. gnoja, kar se da rešiti z uporabo infrardeče spektroskopije na terenu (field-based near infrared spectroscopy, NIRS) (Envirosects, 2007).

Podobno kot za gnoj verjetno obstaja tudi možnost pridobivanja bioetanola iz odpadnih blat, vendar referenc s tovrstno vsebino nismo zasledili.

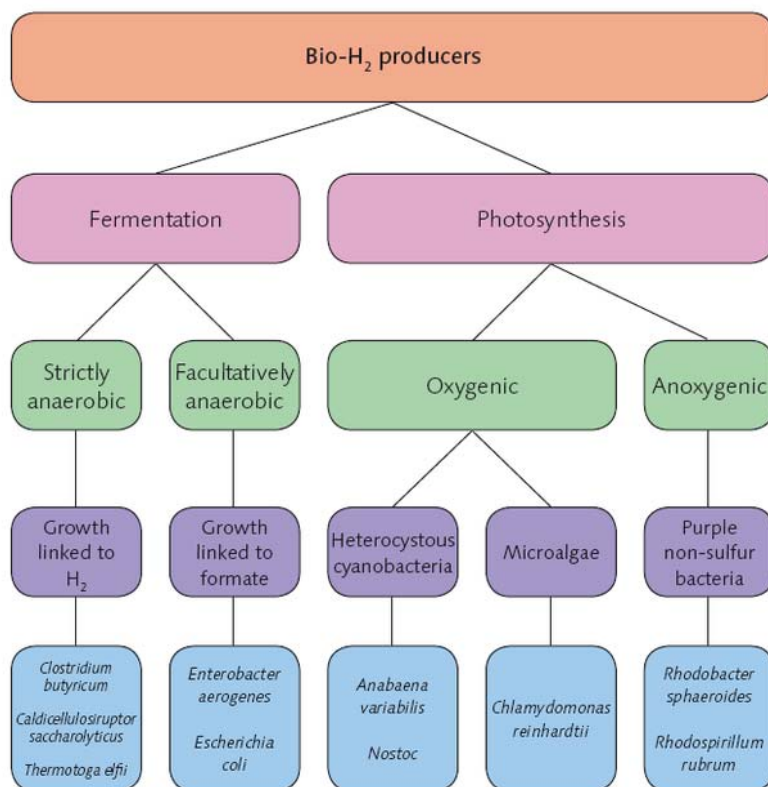
### **3.5 Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje vodika in električne energije**

Vodik je močan energent, ki se hkrati obravnava kot 'čisto' gorivo, saj ob njegovi uporabi nastaja izključno voda. Pri uporabi vodika tako ni povečevanja onesnaženja zraka z izpusti CO<sub>2</sub> (toplogredni plin), NO<sub>x</sub>, z žveplovimi spojinami ter s prašnimi delci.

V urbanem okolju kot tudi v različnih industrijskih procesih nastajajo znatne količine tekočih in trdnih biorazgradljivih odpadkov, ki jih je mogoče uporabiti za produkcijo vodika (De Gioannis, Muntoni, Pisanu, 2005). Enako velja za odpadno vodo in blato (Nishio, Nakashimada, 2007). S tem dosežemo dvojni pozitiven učinek na okolje:

1. produkcija čiste energije,
2. zmanjšanje količine odpadkov, ki končajo na odlagališčih (zmanjšanje okoljskih in socialnih problemov).

Biogeni vodik običajno nastaja v anaerobnih pogojih ob aktivnosti fotosintetskih ali fermentirajočih mikroorganizmov. Večina biogenega vodika izvira iz procesa mikrobne fermentacije (Alibardi et al., 2007).



Skupine biohidrogenih mikroorganizmov (Green Car Congress, 2008, cit. po Redwood & Macaskie, 2008)

Bio-H<sub>2</sub> producers (Green Car Congress, 2008, quoted after Redwood & Macaskie, 2008)

Anaerobna fermentacija ima pred fotosintetskim procesom več prednosti:

- bakterije, ki sodelujejo v tem procesu, so dokaj fleksibilne (z ozirom na substrat),
- anaerobna fermentacija ne potrebuje svetlobe za produkcijo vodika,
- proces lahko poteka v majhnem prostoru podnevi in ponoči.

Proces produkcije vodika z anaerobno fermentacijo dejansko sestoji iz treh stopenj, v katerih sodelujejo tri skupine bakterij. To so: hidroliza (prva stopnja), acetogeneza (druga stopnja) ter metanogeneza (tretja stopnja). Fermentirajoče bakterije najprej hidrolizirajo in fermentirajo biorazgradljive organske snovi v hlapne maščobne kisline, ki jih nato acetogene bakterije pretvorijo v acetat, CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>, te tri produkte pa metanogene bakterije pretvorijo v metan.

Vodik lahko nastaja med prvo in drugo stopnjo. Če je dosežena visoka stopnja produkcije vodika, je mogoče nastali vodik izolirati, očistiti in povezati z vodikovimi gorivnimi celicami z namenom pridobivanja električne energije.

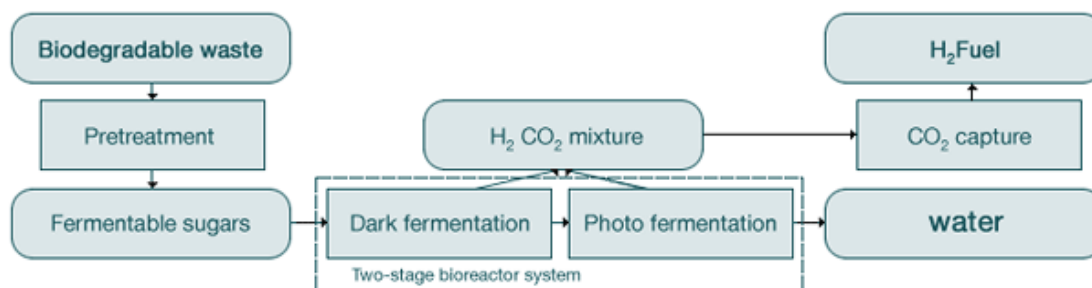
Nishio in Nakashimada (2007) sta napravila nekaj poskusov s pridobivanjem vodika in metana. Postopek sta poimenovala vodik-metan dvostopenjska fermentacija (Hy-Met). Pri tem postopku se vodik pretvarja v električno energijo v sistemu gorivnih celic, metan pa se pretvarja v toplotno energijo (ogreva dva reaktorja ter tako pokriva toplotne potrebe postopka). Ugotovila sta, da je donos vodika pri istem substratu odvisen od seva bakterij, ki sodelujejo v procesu (v primeru glukoznega substrata so najvišji donosi vodika doseženi pri mutantah bakterije vrste *Enterobacter aerogenes*).

Na produkcijo biogenega vodika dejansko vpliva ne le vrsta (sev) mikroorganizmov, pač pa še veliko drugih dejavnikov. To so: narava in sestava substrata, hranila, koncentracija organskega ogljika, parcialni tlak vodika, pH, temperatura, tip reaktorja, prisotnost določenih inhibitornih snovi.

Poskusi pridobivanja vodika iz odpadne gnojevke prašičjereje ter nekaterih drugih vrst biorazgradljivih odpadkov (De Gioannis et al., 2007) so pokazali primernost izbranih substratov za energetska izrabo s pridobivanjem vodika.

Tudi poskusi pridobivanja vodika, ki so jih izvedli De Gioannis, Muntoni in Pisanu (2005) z organsko frakcijo trdnih odpadkov iz naselij, so dali s 75 l H<sub>2</sub>/kg odstranjenih hlapnih trdnih snovi vzpodbudne rezultate za nadaljnji razvoj bioloških procesov, katerih cilj je produkcija vodika iz različnih vrst biorazgradljivih odpadkov, vključno blat komunalnih čistilnih naprav.

Raziskovalci Univerze v Birminghamu v Veliki Britaniji so ustvarili (2008) poseben, dvostopenjski reaktor za produkcijo vodika iz sladkorjev, v katerem so kombinirali obe skupini biohidrogenih mikroorganizmov; prvo, ki uporablja fermentacijo in drugo, ki uporablja fotosintezo.



Inovativni dvostopenjski postopek pridobivanja biovodika (Green Car Congress, 2008, cit. po Biowaste2energy, 2008)

Innovative two-stage process of bio-H<sub>2</sub> extraction (Green Car Congress, 2008, quoted after Biowaste2energy, 2008)

Obravnavani dvostopenjski bioreaktor je mogoče uporabiti tudi za pridobivanje vodika iz različnih vrst biorazgradljivih odpadkov. Biorazgradljive odpadke je potrebno najprej predobdelati, da se odstranijo ali razgradijo inertni materiali ter pretvorijo semi-inertni materiali v lahko razgradljiv substrat. Ta substrat se nato vodi v bioreaktor k fermentativnim bakterijam (v prvem delu reaktorja), ki hitro porabijo sladkorje ter pri tem proizvedejo vodik in mešanico drugih organskih produktov, vključno z očetno kislino. Membranska tehnologija odstranjuje organske produkte, ki bi se drugače akumulirali ter zavirali nastajanje vodika. Istočasno nastaja tok produktov, ki je idealen za pretvorbo v dodatni vodik s fotosintetskimi bakterijami (v drugem delu reaktorja), ki so posebej prilagojene za izkoriščanje sončne energije.

Tehnologija dvostopenjskega bioreaktorja ima poleg produkcije vodika tudi sledečo dobro lastnost: encim hidrogenaza iz preostanka bakterij se lahko uporablja za iskanje dragocenih kovin iz izrabljenih samogibnih katalizatorjev ter pri tem pomaga pri izdelavi gorivnih celic, ki pretvarjajo vodik v energijo. Na ta način se po besedah L. Macaskia (2008) 'nič ne zavrže', odkrit pa je tudi nov način uporabe 'današnjih kupov smeti v jutrišnjem transportu in energiji iz nefosilnih goriv' (Green Car Congress, 2008).

## **3.6 Drugi načini uporabe odpadnih blat**

### ***3.6.1 Pridobivanje aktivnega oglja***

Odpadno blato BČN lahko služi kot surovi material za pridobivanje aktivnega oglja. Specifična površina tako pridobljenega aktivnega oglja je sicer za 30 – 40 % manjša kot pri komercialnem aktivnem oglju, vendar je prav tako uporabno kot konvencionalno aktivno oglje (Spinosa, 2007, cit. po Hagström et al., 1997).

### ***3.6.2 Vir hranil***

Blato BČN vsebuje pomembna hranila za rastline, zlasti dušik in fosfor.

Dušik je prisoten predvsem kot amoniak, pa tudi kot organski dušik. Glavni vir dušika v blatu predstavlja blatnenica, ki odteka pri dehidraciji blata. Amoniak je možno ločiti od blata v več oblikah; kot amonijev sulfat oz. amonijev nitrat, ki se lahko uporablja v kmetijstvu, ali kot magnezij-amonijev fosfat. V zadnjem primeru gre za sol, ki se pridobiva iz blatnenice pri dehidraciji blata z ionsko izmenjavo ali z adsorbicijo (npr. z zeoliti) (Spinosa, 2007).

Fosfor je zelo cenjen produkt odpadnih blat BČN, saj bodo v 150. letih vse danes poznane svetovne zaloge apatita (vir fosforja) izčrpane. Blato ČN za današnjo družbo predstavlja enega največjih dosegljivih virov fosforja. Novejša zakonodaja z vedno strožjimi zahtevami glede kvalitete blat v prihodnosti močno omejuje uporabo blat v kmetijstvu. To pomeni, da je fosfor pred uporabo potrebno očistiti oz. ga ločiti od preostalega blata v obliki neonesnažene frakcije. Obstaja več različnih tehnik pridobivanja fosforja iz odpadnih blat ČN; to so biološki postopek z največ 50 % izkoristkom ter fizikalni in kemijski postopki s preko 90 % izkoristkom (Spinosa, 2007).

### **3.6.3 Vir ogljika**

Če blato BČN hidroliziramo, lahko pridobimo vir ogljika, ki ga je možno uporabiti za produkcijo bioplina ali za izboljšano odstranjevanje dušika (denitrifikacija) iz odpadne vode.

Vir ogljika lahko pridobimo iz blat BČN ob uporabi različnih postopkov. To so:

- biološki postopek s fermentacijo primarnega blata v anaerobnem reaktorju (pri nižji temperaturi in s krajšim zadrževalnim časom kot v gnilišču), kar vodi do nastanka hlapnih maščobnih kislin kot vira ogljika,
- kemijski postopek z uporabo nizkega ali visokega pH,
- mehanski postopek, kjer gre za mehansko dezintegracijo celičnih membran in posledično pride do sproščanja raztopljenih organskih snovi iz celic,
- encimski postopki z uporabo različnih encimov (Spinosa, 2007, cit. po Kristensen & Jørgensen, 1992).

### **3.6.4 Surovina za izdelavo opek**

Pepel sežganega blata BČN je mogoče uporabiti za izdelavo kvalitetne opeke. Prva naprava za izdelavo take opeke je začela delovati leta 1991 v Tokiu na Japonskem. Pepel (brez dodatkov) se nasuje v kalupe ter vodi v žgalno peč, ki doseže končno temperaturo 1030°C. Pepel se pri tej temperaturi žge 20 minut, nato sledi 4-urno ohlajanje na temperaturo okolja. Lastnosti tovrstne opeke so v mnogih pogledih boljše od lastnosti tradicionalne opeke, npr. po odpornosti na pritisk, stopnji absorpcije vode, odpornosti na abrazijo ter odpornosti na upogib. Opeka iz pepela odpadnih blat ČN pa ima še eno pomembno lastnost; in sicer, da iz dokončanih opek ni izluževanja težkih kovin. To velja tudi za zelo neugodne razmere okolja, npr. za nizke (tudi do 3) pH vrednosti. Tovrstna opeka je bila v javnosti dobro sprejeta in je že doživela široko uporabo pri izvedbi javnih sprehajalnih poti. Ob njeni uporabi so izginili tudi problemi rasti mahu, poledenosti ter postopnega bledenja opeke (Spinosa, 2007).

### **3.6.5 Surovina za izdelavo plovca**

Pri izdelavi granulata iz pepela blat ČN, imenovanega plovec, gre za enak postopek pridobivanja kot pri že omenjeni opeki, dodana sta le procesa drobljenja in sejanja (Spinosa,



2007, cit. po Okuno, 2001). Plovec ima podobne lastnosti kot vulkanski pesek – plovec (hitro odvajava viške vode, obenem pa zadržuje zadostno količino vlage), ki se uporablja kot spodaj ležeča plast pri izgradnji atletskih stez in polj. Ker je vulkanski plovec dokaj redek, je namesto njega smiselna uporaba tovrstnega granulata (Spinosa, 2007).

### **3.6.6 Pridobivanje agregata**

Če sta pri obdelavi blat BČN primarna cilja zgolj znatno zmanjšanje prostornine (na približno 4 % izhodiščne vrednosti iz čistilne naprave) ter imobilizacija težkih kovin, je primerna rešitev tvorba žindre – agregata za beton. Žindra se izdeluje iz dobro osušene blatne pogače v posebnih pečeh; k toploti peči nekaj doda tudi kalorična vrednost organske frakcije blata. Glede na način hlajenja ločimo dve vrsti žindre: vodno hlajena žindra in zračno hlajena žindra. Obe vrsti imata steklast izgled ter ustrezata standardom zdrobljenega peska, ki se uporablja za beton, čeprav odpornost na pritisk ni primerljiva s tisto pri naravnem pesku. Obe vrsti žindre se lahko uporabljata v gradbeništvu, zlasti kot podložni ali polnilni material (Spinosa, 2007).

### **3.6.7 Pridobivanje lahkega agregata (artificial lightweight aggregate, ALWA)**

Iz pepela odpadnih blat BČN je mogoče pridobiti poseben lahki agregat, imenovan ALWA. Pepel se zmeša z vodo (23 % w/w) ter z manjšo količino odpadka, ki nastaja pri destilaciji alkohola in deluje kot vezivo. Iz mešanice se nato tvorijo peleti premera do 1 cm, ki se 7 – 10 minut sušijo pri 270°C, nato pa se vodijo v posebno žgalno peč, kjer se kot fluidizirani sloj hitro segrejejo na 1050°C. Po segrevanju se peleti ohladijo z zrakom, pri tem se na njihovi površini tvori trdna skorja, medtem ko sredica ostane porozna. Končni produkt je kroglaste oblike s specifično težo okrog 1,5. V primerjavi s komercialno uporabljanimi lahkimi agregati je ALWA bolj okrogel, ima manjšo specifično težo in manjšo odpornost na pritisk. Uporablja se kot polnilni material (gradbeništvu), kot dodatek cvetju (cvetlična korita), za panele za toplotno izolacijo, kot nadomestek antracita pri hitrih peščenih filtrih ter pri izdelavi pločnikov in poti z možnostjo infiltracije vode. Zaradi elastičnosti agregata ALWA, zanimivega izgleda ter sposobnosti infiltracije vode, so sprehajalne poti, obložene s tem materialom, pri pešcih zelo priljubljene (Spinosa, 2007).

### **3.6.8 Pridobivanje portlandskega cementa**

Odpadno blato BČN je možno uporabiti pri izdelavi cementa; z njim lahko delno nadomestimo glavne sestavine, kot so CaO, SiO<sub>2</sub>, in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ki sicer izvirajo iz apnenca in gline (Spinosa, 2007, cit. po Okuno, 2001). Pri izdelavi cementa je lahko uporaben pepel odpadnih blat, suho blato ali dehidrirano blato; limitirajoči dejavnik ustreznosti za izdelavo cementa je namreč koncentracija P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Posebni standardi sicer (še) ne obstajajo, vendar se za maksimalno primerno koncentracijo uporablja vrednost 0,4 %. V pepelu odpadnih blat je koncentracija P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bistveno višja (okrog 15 %), kar je potrebno upoštevati pri izdelavi cementa. Drug možen način uporabe pri izdelavi cementa je mešanje dehidriranega blata z enako količino živega apna. Zaradi kemične reakcije med obema komponentama pride do sušenja in nazadnje nastane suh prah, ki predstavlja učinkovit surov material kakor tudi gorivo pri izdelavi cementa (Spinosa, 2007).

### **3.6.9 Procesi termične pretvorbe**

Termo – kemična pretvorba suhih blat v nafto (nizko temperaturna pretvorba) posnema naravne procese; to pomeni, da tekoči ogljikovodiki nastajajo iz organskega substrata tako s termičnim razpadom kot tudi s katalitsko pretvorbo. Pretvorba poteka pri temperaturi 400 – 500°C, v odsotnosti kisika ter pri atmosferskem tlaku. Odpadna blata ČN kot tudi industrijska blata se po svojih lastnostih razlikujejo, zato so razmerja končnih produktov pretvorbe lahko različna: 15 – 40 % nafta, 30 – 70 % oglje, 7 – 10 % plin in 10 – 15 % reakcijska voda. Tako proizvedena nafta je podobne kvalitete kot 'povprečna' nafta, ki se uporablja za gorivo. Termo-kemična pretvorba, za razliko od biološkega procesa, ni podvržena škodljivim vplivom organskih ali anorganskih kontaminantov v blatu (Spinosa, 2007).

Termo-kemično utekočinjanje mokrih blat v tekoče gorivo je bilo sredi 80. let prejšnjega stoletja preizkušeno na pilotni napravi Batelle-Northwest Laboratories, ZDA. Tekoče blato s približno 20 % skupnih trdnih snovi so 90 minut segrevali pri temperaturi 300°C in tlaku 10 MPa. Nastali produkti so bili tekoče gorivo, oglje, plin in reakcijska voda. Postopek je bil patentiran kot STORS (Sludge-to-Oil Reaction System) (Spinosa, 2007).

Proces pretvorbe/izgorevanja se uporablja zlasti za organsko frakcijo trdnih odpadkov iz naselij (MSW) ter v manjši meri za blato ČN. Organski odpadki se najprej zmeljejo, nato se doda dehidrirano blato ČN, nakar se mešanica izpostavi temperaturi 450°C v odsotnosti kisika. Nastaneta zogljenel trden produkt in plin. V kolikor je v zogljenem produktu prisotno steklo, keramika in kovine, se te komponente odstranijo, zogljenel material pa se nato dodaja plinu in sežiga pri 1300°C; tu nastaja vodna para in zrnasta žindra. Vodno paro je možno uporabiti kot vir toplote ali pa se jo vodi v parno turbino za produkcijo električne energije (Spinosa, 2007).

### ***3.6.10 Mokra oksidacija z zrakom v vrtini (deep-shaft wet air oxidation)***

Postopek temelji na mokri oksidaciji (oksidacija v vodni fazi) organskih snovi v blatu ČN, pri čemer se kot oksidant uporablja zrak ali kisik. Oksidacija poteka pri temperaturi vsaj 260°C ter pritisku do 150 MPa. Visok pritisk se doseže z unikatno rešitvijo; in sicer s spustitvijo reaktorja v do 1500 m globoko vrtino (ponavadi opuščene naftne vrtine). Pri reakciji nastaneta tekoči in trdni produkt, sistem pa proizvaja tudi nekaj energije v obliki vroče vode. Tekoči produkt vsebuje približno 30 % začetne količine organske snovi v blatu ter znatno količino dušika, zato se lahko vodi na začetek čistilne naprave za čiščenje odpadne vode ali posebej obdela in odloži. Trdne snovi, nastale pri mokri oksidaciji, so inertne in vsebujejo v glavnem karbonate, silikate, fosfate ter neizlužljive težke kovine. Postopek ima številne dobre lastnosti; npr. relativno enostavna izvedba, popolno uničenje vseh patogenov, imobilizacija težkih kovin, odstranitev neprijetnega vonja ter minimizacija količin odpadka, ki se odlaga na odlagališčih (Spinosa, 2007).

### ***3.6.11 Uplinjanje***

Postopek uplinjanja odpadnih blat BČN poteka pri temperaturi vsaj 900°C. Blatu se dodajajo količine kisika, ki so manjše, kot je potrebno za doseg kemijskega ravnotežja. Tako nekaj ogljika izgori v CO<sub>2</sub>, ta pa potem reagira s trdnim ogljikom v CO. Glavne sestavine plina, ki nastaja pri uplinjanju blat ČN, so: CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in H<sub>2</sub>S. Pri konvencionalnem uplinjanju blat ČN nastaja tudi zogljeneli preostanek, ki še vedno vsebuje nekaj hlapnih snovi. V Nemčiji so konvencionalni postopek uplinjanja nadgradili s pilotnim poskusom pri

naslednjih pogojih: reakcijska temperatura znaša od 1400 do 1700°C, tlak od 0,6 – 2,6 MPa, oksidant je čisti kisik. V teh pogojih iz pepela blata ČN nastaja staljena žindra, ki se ohlaja na dnu reaktorja in oblikuje v drobna zrna steklastega videza. Žindra je povsem inertna in se lahko uporablja kot sestavina betonskih mešanic. Težke kovine in organo-klorove spojine so v žindri popolnoma nadzorovane (imobilne). Surovi plin se očisti z odstranitvijo CN, NH<sub>3</sub> in H<sub>2</sub>S in tako postane primeren za nadaljnjo uporabo (Spinosa, 2007).

### **3.7 Analiza reševanja problemov odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v tujini**

#### **3.7.1 SWOT analiza postopkov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v tujini**

V tujini je v uporabi veliko načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki (Poglavja od 3.1 do 3.6), s katerimi se na bolj ali manj ustrezne načine rešujejo problemi zaradi nastajanja tovrstnih odpadkov. Ti načini so zlasti:

1. Odlaganje dehidriranih odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov na deponije.
2. Direktnen vnos odpadnih blat v tla.
3. Kompostiranje odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov.
4. Predelava odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v umetno pripravljene zemljine.
5. Sežig odpadnih blat.
6. Anaerobna razgradnja odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov s pridobivanjem bioplina.
7. Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje tekočega biogoriva.
8. Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje etanola.
9. Uporaba odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za pridobivanje vodika in električne energije.
10. Drugi načini uporabe odpadnih blat (pridobivanje aktivnega oglja, vir hranil, vir ogljika, surovina za izdelavo opek, surovina za izdelavo plovca, pridobivanje žindre, pridobivanje umetnega lahkega agregata, pridobivanje portlandskega cementa, procesi pretvorbe, oksidacija v globokem jašku, uplinjanje).

Najbolj napredni in okolju prijazni načini ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki se splošno uporabljajo v Skandinaviji in na Japonskem, pojavljajo pa se že tudi v ZDA ter drugje v Evropi.

SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analiza je kvalitativna analiza, ki nam z analizo prednosti, slabosti, priložnosti in tveganj omogoča oceniti primernost posamezne metode oz. načina ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki. SWOT analiza načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v tujini je predstavljena v Preglednici 4.

Preglednica 4: SWOT analiza načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v tujini

Table 4: SWOT analysis of treatment modes of waste sludges and biodegradable wastes abroad

NAČIN RAVNANJA	PREDNOSTI	SLABOSTI	PRILOŽNOSTI	TVEGANJA
<b>Odlaganje na deponije</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno nizka cena.</li> <li>- Možnost izgradnje na nenaseljenih območjih.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velika poraba deponijskega prostora.</li> <li>- Nastajanje toplogrednih plinov.</li> <li>- Nastajanje izcednih vod.</li> <li>- Pojav smradu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uporaba tovrstnih odpadkov za prekrivko ter hitro zaraščanje z rastlinami.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pojav socialnih problemov zaradi degradiranega okolja.</li> <li>- Kontaminacija podtalnice z izcednimi vodami.</li> <li>- Razmnoževanje glodavcev in prenos patogenov na človeka.</li> <li>- Stroga zakonodaja, zaradi katere se odlaganje vse manj uporablja.</li> </ul>
<b>Direkten vnos v tla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno nizka cena, saj ni potrebna predobdelava, niti posebna tehnologija za vnos v tla.</li> <li>- Vračanje hranil v naravno kroženje (uporaba s strani rastlin).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uporaba metode je vezana na bližnjo okolico vira tovrstnih odpadkov (problem logistike in cene transporta) ter na čas njihovega nastajanja.</li> <li>- Pojav smradu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Višji donos rastlin na apliciranih območjih.</li> <li>- Manjša poraba gnojil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaminacija tal s škodljivimi snovmi (težke kovine) ob neustrezni sestavi tovrstnih odpadkov.</li> <li>- Kontaminacija podtalnice ob prekomerni aplikaciji.</li> <li>- Prenos eventuelno prisotnih patogenov na človeka.</li> <li>- Izhajanje dušika v ozračje (amoniak) ob prepočasnem prekrivanju s prstjo.</li> <li>- Stroga zakonodaja, zaradi katere se ta metoda vse manj uporablja.</li> </ul>

se nadaljuje...

...nadaljevanje

NAČIN RAVNANJA	PREDNOSTI	SLABOSTI	PRILOŽNOSTI	TVEGANJA
<b>Kompostiranje in uporaba komposta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno nizka cena.</li> <li>- Izboljšanje lastnosti tal z uporabo produkta.</li> <li>- Vračanje hranil v naravno kroženje (uporaba s strani rastlin).</li> <li>- Dokaj stalna kvaliteta in higienska varnost produkta.</li> <li>- Enostavno shranjevanje in transport produkta.</li> <li>- Možnost uporabe produkta daleč od mesta ter izven časa njegovega nastanka.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potrebna velika površina.</li> <li>- Pojav neprijetnega vonja.</li> <li>- Pri odprtih postavitvah je hitrost procesa odvisna od vremenskih razmer (letni čas s padavinami in temperaturo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Višji donos rastlin na apliciranih območjih.</li> <li>- Manjša poraba gnojil.</li> <li>- Možna uporaba produkta za rekultivacijo degradiranih območij.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaminacija podtalnice z izcednimi vodami.</li> <li>- Vse strožje zahteve zakonodaje zmanjšujejo široko uporabo produkta.</li> </ul>
<b>Predelava v umetno pripravljene zemljine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno nizka cena.</li> <li>- Izboljšanje ekološkega stanja tal z uporabo produkta.</li> <li>- Vračanje hranil v naravno kroženje (uporaba s strani rastlin).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potrebna velika površina.</li> <li>- Uporaba metode je vezana na bližino virov surovin, uporaba produkta pa na bližino mesta njegove priprave (problem logistike in cene transporta).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Možna uporaba produkta za ekološko sanacijo degradiranih območij.</li> <li>- Nova delovna mesta za okoliško prebivalstvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaminacija tal in podtalnice s škodljivimi snovmi (težke kovine) ob neustreznih sestavi umetno pripravljene zemljine.</li> </ul>
<b>Sežig</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Majhna količina preostanka po sežigu za končno oskrbo.</li> <li>- Možnost pridobivanja toplotne energije (topla voda).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno visoka cena.</li> <li>- Nujna izgradnja v bližini porabnikov toplotne energije.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nova delovna mesta za okoliško prebivalstvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaminacija ozračja s škodljivimi plini ter negativne posledice za zdravje ljudi.</li> <li>- Neustreznost preostanka za končno dispozicijo zaradi velike vsebnosti določenih snovi (težke kovine).</li> </ul>
<b>Anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Znatno zmanjšanje količine preostanka za končno oskrbo.</li> <li>- Pridobivanje bioplina za proizvodnjo električne in toplotne energije; na ta način se zajame metan, ki bi kot močan toplogredni plin na deponiji izhajal v ozračje.</li> <li>- Visoka redukcija patogenov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno visoka cena.</li> <li>- Nujna izgradnja v bližini porabnikov toplotne energije.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nova delovna mesta za okoliško prebivalstvo.</li> <li>- Možno nadaljnje kompostiranje preostanka.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realna možnost delovne nesreče (eksplozija plina).</li> <li>- Pojav neprijetnega vonja.</li> </ul>
<b>Pridobivanje biogoriva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pridobivanje bioplina za proizvodnjo biogoriva; na ta način se zajame metan, ki bi kot močan toplogredni plin na deponiji izhajal v ozračje.</li> <li>- Večja gotovost oskrbe z gorivom zaradi lokalne produkcije.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka cena.</li> <li>- Uporaba metode je vezana na okolico vira tovrstnih odpadkov.</li> <li>- Potrebna izgradnja v bližini porabnikov biogoriva – črpalne postaje.</li> <li>- Zapletena logistika (posebna vozila za prevoz biogoriva, izgradnja cevovodov, črpalnih postaj).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nova delovna mesta za okoliško prebivalstvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realna možnost delovne nesreče (eksplozija plina).</li> </ul>

se nadaljuje...

...nadaljevanje

NAČIN RAVNANJA	PREDNOSTI	SLABOSTI	PRILOŽNOSTI	TVEGANJA
<b>Pridobivanje etanola</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Večja gotovost oskrbe z gorivom zaradi lokalne produkcije.</li> <li>- Povečanje oktanskega števila goriva in zmanjšanje škodljivih emisij bencina v okolje.</li> <li>- Uporaba stranskega produkta za krmo živali in s tem zmanjšanje porabe deponijskega prostora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka cena.</li> <li>- Uporaba metode je vezana na okolico vira tovrstnih odpadkov.</li> <li>- Zapletena logistika (posebna vozila za prevoz etanola in biogoriva, izgradnja črpalnih postaj).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nova delovna mesta za okoliško prebivalstvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realna možnost delovne nesreče (vžig etanola).</li> </ul>
<b>Pridobivanje vodika</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pridobivanje vodika (je močan energent in hkrati 'čisto' gorivo, saj ob njegovi uporabi nastaja le voda) in metana (ni izhajanja metana kot toplogrednega plina v ozračje).</li> <li>- Zmanjšanje porabe deponijskega prostora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativno visoka cena.</li> <li>- Še ni široke uporabe, ampak bolj na nivoju poskusov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nova delovna mesta za okoliško prebivalstvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realna možnost delovne nesreče (eksplozija plina).</li> </ul>
<b>Drugi načini</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pridobivanje različnih uporabnih produktov ali zgolj končna oskrba odpadkov z majhno porabo deponijskega prostora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cena je lahko dokaj visoka.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nadaljnji razvoj metod, prijaznih okolju, pri katerih ima produkt tudi neko uporabno vrednost.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stroge zahteve zakonodaje glede uporabe produktov.</li> </ul>

### 3.7.2 Analiza konvencionalnih in naprednih postopkov

Načine reševanja problemov odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov bi lahko v grobem razdelili na dve večji skupini; in sicer na konvencionalne načine ter na naprednejše načine. Med konvencionalne načine prištevamo zlasti odlaganje na deponije, direkten vnos v tla, kompostiranje ter pripravo umetnih zemljin, med naprednejše načine pa vse ostale metode, obravnavane v Preglednici 4.

Vsaka od obeh glavnih skupin načinov reševanja obravnavanih problemov ima svoje prednosti in slabosti, ki so prikazane v Preglednici 5.

Preglednica 5: Prednosti in slabosti konvencionalnih in naprednejših načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki

Table 5: Strengths and weaknesses of conventional and advanced treatment modes of waste sludges and biodegradable wastes

NAČIN RAVNANJA	PREDNOSTI	SLABOSTI
KONVENCIONALNI	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relativno nizka cena.</li> <li>2. Možnost uporabe metode na nenaseljenih ali redko naseljenih območjih.</li> <li>3. Pri direktnem vnosu v tla in kompostiranju vračanje hranil v naravno kroženje (uporaba s strani rastlin) ter izboljšanje lastnosti tal z uporabo produkta.</li> <li>4. Dokaj enostavna logistika (razen pri direktnem vnosu v tla).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Velika poraba prostora.</li> <li>2. Nastajanje toplogrednih plinov.</li> <li>3. Nastajanje izcednih vod.</li> <li>4. Pojav smradu.</li> <li>5. Večja odvisnost od vremenskih razmer (zlasti kompostiranje).</li> </ol>
NAPREDNEJŠI	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Majhna količina preostanka za končno oskrbo ter na ta način zmanjšanje porabe deponijskega prostora.</li> <li>2. Možnost pridobivanja bioplina, vodika, biogoriva, etanola ter drugih uporabnih produktov.</li> <li>3. Možnost produkcije toplotne in električne energije.</li> <li>4. Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov na račun zajema metana.</li> <li>5. Zmanjšanje nastajanja izcednih vod.</li> <li>6. Zmanjšanje nastajanja smradu.</li> <li>7. Neodvisnost od vremenskih razmer.</li> <li>8. Pri pridobivanju biogoriva večja gotovost oskrbe z gorivom zaradi lokalne produkcije.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relativno visoka cena.</li> <li>2. Pri pridobivanju toplotne energije in biogoriva je nujna izgradnja v bližini porabnikov (večji centri).</li> <li>3. Uporaba nekaterih metod je vezana na okolico vira tovrstnih odpadkov.</li> <li>4. Pogosto zapletena logistika (zlasti pridobivanje biogoriva in etanola).</li> <li>5. Ob sežigu možnost nastajanja škodljivih snovi, ki lahko uidejo v ozračje.</li> </ol>

Konvencionalni načini reševanja problemov odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov so v tujini še vedno močno prisotni. Po podatkih Inštituta za celulozo in papir Ljubljana (Lastnosti in uporabnost kompozitov ..., 2008) se v Evropski uniji uporabljajo zlasti naslednje opcije reševanja problemov z blati komunalnih čistilnih naprav:

- uporaba v kmetijstvu kot kompost (37 %),
- sežig (11 %),
- deponiranje (40 %),
- uporaba v gozdarstvu in pri obnovi zemljišč na način neposredne aplikacije blat v tla (12 %).

V navedeno statistiko še ni vključena anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina, ki pa postaja vse pomembnejša.



### **3.7.3 Sinteza izsledkov – opredelitev operativnih opcij integriranega ravnanja z blati KČN in biorazgradljivimi odpadki**

Na osnovi zbranih podatkov iz tujine je mogoče ugotoviti, da so konvencionalni načini ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki (zlasti deponiranje) pod pritiski vedno strožje zakonodaje v počasnem in zanesljivem zatonu. Vzrok za to je, da ti načini ne sledijo smernicam integriranega ravnanja z odpadki, za katerega je značilno upoštevanje načela »3R + D« (*Reduce, Reuse, Recycle, Disposal*), zato se ob njihovi uporabi pogosto pojavljajo tako ekološki kot tudi socialni problemi. Kompostiranje je iz tega konteksta deloma izvzeto, vendar pa je tudi na tem področju zakonodaja vedno strožja, zato je zagotovitev široko uporabnega produkta vedno težja.

Kot operativne opcije ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki za Slovenijo (in tudi za Gorenjsko regijo) zato predlagamo naprednejše načine, ki upoštevajo načela integriranega ravnanja z odpadki.

Zelo zanimiva in v danem prostoru izvedljiva se zdi anaerobna razgradnja surovih odpadnih blat, posebej v kombinaciji z biorazgradljivimi odpadki (kar bi izboljšalo donos bioplina oz. metana po tej metodi). Tako bi pridobivali bioplin, ki bi ga lahko uporabili za proizvodnjo električne in toplotne energije. Proizvodnja pogonskega biogoriva se zdi manj verjetna, saj bi bilo ob tem potrebno zagotoviti ustrezno infrastrukturo (rezervoarji, cevovodi, črpalne postaje), urediti zapleteno logistiko ter opremiti odjemalce.

Pri anaerobni razgradnji bi na koncu postopka še vedno dobili določeno količino pregnitega blata, s katerim je tudi potrebno ustrezno ravnati. Možnosti za obdelavo takega blata so različne. Ena od njih in glede na uveljavljeno strogo zakonodajo nekoliko problematična, je kompostiranje pregnitega blata z dodajanjem strukturnega materiala ter uporabo končnega produkta (to je komposta) v skladu z zakonodajo, npr. za rekultivacijo krajine ali gojenje okrasnih rastlin. Izvedljiva bi bila tudi opcija priprave umetnih zemljin. Umetno pripravljene zemljine bi lahko uporabili za izboljšanje ekološkega stanja tal, npr. nasipavanje brežin ob avtocestah ter za sanacijo opuščanih kamnolomov. Naslednja možnost bi bila sušenje pregnitega blata ter njegov sežig ali sosežig čim bližje lokaciji njegovega nastanka. Tako bi

pridobili nekaj toplotne energije, ostal pa bi pepel, ki bi ga lahko različno uporabili oz. v najslabšem primeru odložili na primerno deponijo. Različne načine koristne uporabe pepela lepo opisuje Spinosa (2007). Gre predvsem za uporabo pepela pri proizvodnji produktov, ki se uporabljajo v gradbeništvu, npr. za proizvodnjo opek, portlandskega cementa, plovca ter lahkega agregata (ALWA).

## **4 MATERIALI IN METODE**

Z namenom preverjanja pravilnosti zastavljene delovne hipoteze tega magistrskega dela (Poglavje 1.2), smo potek našega dela razdelili v dve fazi. V prvi fazi smo na različne načine poskušali zbrati čimveč relevantnih podatkov (predvsem mejnih vrednosti) v evropski in slovenski okoljski zakonodaji, o trenutnem stanju na področju odpadnih blat KČN ter drugih biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji ter o načinih sodobnega ravnanja s tovrstnimi odpadki v tujini. V drugi fazi pa smo pripravili in izvedli dva vzorčna poskusa z realnimi vzorci v laboratorijskem merilu ter izdelali številne fizikalno – kemijsko – biološke analize vhodnih materialov in končnih produktov.

Na osnovi vseh pridobljenih informacij smo nato poskušali opredeliti optimalni model sodobnega ravnanja z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki za Gorenjsko regijo.

### **4.1 Zbiranje podatkov**

#### ***4.1.1 Relevantni podatki v evropski in slovenski okoljski zakonodaji***

Najprej smo zbrali podatke o veljavni in uveljavljajoči se evropski in slovenski okoljski zakonodaji, pri čemer je bila podrobno proučena zlasti slovenska zakonodaja o odpadkih, odpadnih blatih ter odpadnih vodah. Te podatke smo našli v Uradnih listih EU in RS, dostopnih na medmrežju. Gre predvsem za mejne emisijske in imisijske vrednosti (količinske in koncentracijske) pri alternativnih načinih ravnanja z odpadnimi blati KČN in z drugimi biorazgradljivimi odpadki.

#### ***4.1.2 Podatki o ravnanju z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji***

Nato je bilo potrebno ugotoviti trenutno (dejansko) stanje na področju ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji. Gre zlasti za opredelitev virov nastajanja odpadnih blat in drugih biorazgradljivih odpadkov, ugotavljanje letnih količin tovrstnih odpadkov, obstoječih načinov njihove obdelave ter končnih ravnanj.

Ti podatki širši javnosti niso dostopni, zato smo jih pridobili na naslednje načine:

- izdelava anketnega lista o komunalni čistilni napravi (Priloga A) ter pošiljanje le-tega vsem upravljavcem KČN Gorenjske regije, ki so objavljeni v registru ARSO,
- delo na terenu (obisk vseh večjih ter nekaterih manjših KČN Gorenjske regije ter neposredna pridobitev podatkov o KČN ter odpadnih blatih, ki tam nastajajo),
- telefonsko zbiranje podatkov o KČN ter drugih biorazgradljivih odpadkih (upravljavci KČN, komunalna podjetja, občine, predelovalci odpadkov, odstranjevalci odpadkov, projektanti KČN, ipd.),
- pregled evidenc posameznih upravljavcev KČN in komunalnih podjetij ter baze podatkov ARSO o nastajanju odpadkov v Sloveniji.

#### ***4.1.3 Podatki o ravnanju z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki v tujini***

Sledilo je zbiranje primerljivih podatkov o stanju v tujini. Podatke o ravnanju z odpadnimi blati in drugimi biorazgradljivimi odpadki smo pridobili iz različne literature (monografije, elaborati znanstvenoraziskovalnega dela, poročila o delu, zaključni izdelki študijev, članki, objavljeni v serijskih publikacijah in zbornikih posvetovanj, izvlečki v referatnih časopisih, priročniki, katalogi, prospektno gradivo, ipd.) ter informacij, dostopnih na medmrežju.

Z izvedbo SWOT analize načinov ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v tujini smo nato opredelili tri glavne operativne opcije sodobnega ravnanja s tovrstnimi odpadki za Gorenjsko regijo, ki smo jih potem poskusili preveriti z vzorčnimi poskusi in analizami.

## **4.2 Priprava karakterističnih vzorcev in izvedba vzorčnih poskusov**

S področja Gorenjske regije smo z upoštevanjem poglavitnih količin in mest nastajanja odpadnih blat izvedli ustrezna vzorčenja in pripravili karakteristične vzorce za poskuse. Pri vzorčenju sta bila uporabljena standarda za vzorčenje odpadnih blat in odpadkov SIST EN ISO 5667-13 in SIST EN 14899, za pripravo poskusnih vzorcev pa je bil uporabljen standard SIST EN 15002.

V laboratorijih za okoljske vede in inženirstvo Kemijskega inštituta v Ljubljani smo opravili več vzorčnih poskusov:

- pilotni poskus ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP) tekočega surovega blata KČN in
- vzorčni poskusi kompostiranja pregnitega dehidriranega blata KČN.

Ugotovitve poskusov smo podprli s konkretnimi fizikalno – kemijskimi – biološkimi analizami vhodnih materialov in končnih produktov (surovih in pregnitih blat KČN, komposta, bioplina, pepela iz sežganega pregnitega blata, izlužka iz blata in iz pepela). Na ta način smo lahko določili lastnosti, relevantne za presojo uporabnosti teh produktov oz. njihovega potencialnega vpliva na okolje pri končnih načinih odstranjevanja.

Analize so bile izdelane po standardnih metodah za odpadna blata in odpadke, kot jih predpisujejo pristojni predpisi za odločanje o sprejemljivih načinih ravnanja.

### **4.3 Kriteriji za opredelitev predlogov rešitev**

Mejne emisijske in imisijske vrednosti, zahteve dobrih praks ter fizikalni, kemijski, biološki in ekološki podatki o produktih poskusov so bili osnova za oblikovanje in preverjanje ekoloških in ekonomskih vidikov alternativnih prednostnih postopkov ravnanja. Na osnovi vseh zbranih podatkov, izvedenih poskusov in analiz smo predlagali opcije in nato opredelili optimalni model integrirane (centralizirane) obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov za Gorenjsko regijo.

## **5 REZULTATI IN DISKUSIJA**

### **5.1 Geografski in demografski podatki o Gorenjski regiji**

Slovenija se v zadnjem času intenzivno pripravlja na geopolitično regionalizacijo svojega ozemlja. Predlagana Gorenjska regija obsega ves severozahodni del Slovenije (Karta 1). Na severu po Karavankah poteka meja s sosednjo Avstrijo, na zahodu z Italijo in Goriško razvojno regijo, na jugu pa se odpira proti Osrednjeslovenski regiji (BSC – Kranj, 2009).

Z 200.585 (junij 2007) prebivalci Gorenjska predstavlja 9,9 % prebivalcev Slovenije, z 2.137 km<sup>2</sup> oziroma 10,5 % površine države pa je Gorenjska šesta največja slovenska regija. Gostota poselitve je rahlo podpovprečna (93,9 prebivalcev/km<sup>2</sup>), čeprav nekateri deli regije predstavljajo večja zgoščenjena in urbanizirana območja, npr. regijsko središče v Kranju (BSC – Kranj, 2009).

Gorenjska je alpska regija z značilno raznoliko gorsko krajino. Naravno – geografsko 70 % Gorenjske predstavlja gorski svet; le 29,8 % regije leži v dolinsko – ravninskem delu osrednje Slovenije. Kar 40,2 % regije se nahaja nad 1000 m nadmorske višine, 44,4 % pa obsega območje NATURE 2000. Gozdne površine predstavljajo 59,4 % Gorenjske, 25,6 % je kmetijskih in 9,9 % nerodovitnih površin (BSC – Kranj, 2009).



Karta 1: Gorenjska regija v okviru Slovenije (Lokalne volitve, 2008)

Map 1: Gorenjska region in Slovenia (Lokalne volitve, 2008)

Območje predvidene družbeno – politične Gorenjske regije obsega 18 občin (Karta 2). To so: Bled, Bohinj, Cerklje na Gorenjskem, Gorenja vas – Poljane, Gorje, Jesenice, Jezersko, Kranj, Kranjska Gora, Naklo, Preddvor, Radovljica, Šenčur, Škofja Loka, Tržič, Železniki, Žiri in Žirovnica.



Karta 2: Občine v Gorenjski regiji (BSC – Kranj, 2009)

Map 2: Communes in Gorenjska region (BSC – Kranj, 2009)

Podatki o številu prebivalcev in velikosti posameznih občin so zbrani v Prilogi B.



## 5.2 Glavne značilnosti nastajanja blat iz KČN in biorazgradljivih odpadkov na območju Gorenjske

V tem poglavju je podrobno prikazano in diskutirano stanje nastajanja in ravnanja z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji. Zbrani so vsi potrebni podatki za natančno oceno stanja. Zaradi velikega števila podatkov in relevantnih kvalitativnih informacij so le-ti podani v prilogah (B – E) na koncu magistrskega dela.

- **Priloga B:** Občine in komunalne čistilne naprave v Gorenjski regiji – statistični del. Ta vsebuje naslednje podatke: ime občine, število prebivalcev, velikost občine, evidentirane ČN v občini, leto izgradnje ČN, upravljavec ČN, velikost ČN (PE), trenutno število priključenih PE, tehnologija čiščenja, okoljevarstveno dovoljenje, predvidena rekonstrukcija ČN in izgradnja malih ČN, predvidena skupna velikost ČN (PE) na območju posameznih občin čez 10 let.
- **Priloga C:** Komunalne čistilne naprave v Gorenjski regiji in ravnanje z nastalimi blati – tehnološki del. Ta vsebuje naslednje podatke: ime ČN, velikost ČN (PE), dehidracija in tip dehidracijske naprave, letne količine dehidriranega blata (od leta 2003 do 2007), % suhe snovi v dehidriranem blatu, gnilišča, način ravnanja z blatom na posamezni ČN, način končnega ravnanja z blatom, dolgoročna ustreznost končnega ravnanja z blatom, mesto končnega ravnanja z blatom.
- **Priloga D:** Zbirna preglednica blat komunalnih čistilnih naprav v Gorenjski regiji za leto 2007. Ta vsebuje naslednje podatke: način končnega ravnanja z blatom, ČN (lastno blato in blato z drugih ČN), mesto končnega ravnanja z blatom, dolgoročna ustreznost rešitve X, kriterij neustreznosti rešitve X, količina blata (t), % suhe snovi, surovo ali pregnito blato, količina suhe snovi skupaj (t), neustrezna rešitev – količina suhe snovi (t), ustreznost rešitev – količina suhe snovi (t), vprašljiva rešitev – količina suhe snovi (t).
- **Priloga E:** Nastajanje odpadkov, primernih za proizvodnjo bioplina, v Gorenjski regiji v letu 2006. Ta vsebuje naslednje podatke: klasifikacijska številka odpadka, opis odpadka, pošta, skupna količina (kg), primarni odpadki (kg), sekundarni odpadki (kg), iz začasnega skladiščenja (kg), interna predelava (kg), interno odstranjevanje (kg), začasno skladiščenje (kg), zbiralcu odpadkov (kg), predelovalcu odpadkov (kg), na odlagališče (kg), odstranjevalcu odpadkov (kg).

Agencija republike Slovenije za okolje (ARSO - cistnaprave, 2008) ima v svojih registrih 20 KČN za območje Gorenjske. Gre za čistilne naprave različnih velikosti; od malih čistilnih naprav (MČN) velikosti 100 PE do centralne čistilne naprave (CČN) velikosti 100.000 PE (Priloga B). Upravljalci teh ČN so zelo različni; gre za komunalna podjetja, režijske obrate občin, posamezne ustanove ter tuje koncesionarje. Vse ČN so vir nastajanja odpadnih blat.

Po podatkih o nastajanju odpadkov, pridobljenih iz baze podatkov Kemijskega inštituta za leto 2006 in 2007, na obravnavanem območju nastajajo tudi znatne količine ločeno zbranih različnih biorazgradljivih odpadkov.

Tako odpadna blata kakor tudi biorazgradljivi odpadki predstavljajo v izvorni nepredelani obliki precejšnje breme okolju, saj dosedanje ravnanje z njimi ni v skladu s smernicami trajnostnega razvoja ter z novo zakonodajo RS, sprejeto v letu 2008.

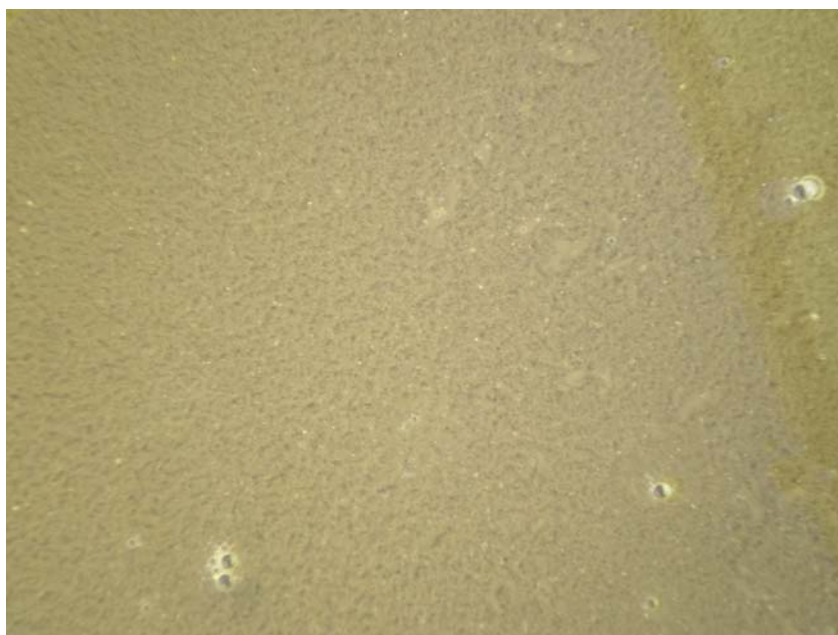
### 5.2.1 Vrste odpadnih aktivnih blat

Na bioloških KČN nastaja več vrst odpadkov, med njimi tudi odpadna aktivna blata s klasifikacijsko številko odpadka 19 08 05 – *mulji iz čistilnih naprav komunalnih odpadnih vod* (European Waste Catalogue ..., 2002). Sem spadajo tako tekoča kot dehidrirana blata z različno vsebnostjo suhe snovi. Blata so lahko surova (nestabilizirana) ali pregnita (stabilizirana). Glavne vrste blat, ki nastajajo na KČN Gorenjske regije (Priloga C), so prikazane v Preglednici 6.

Preglednica 6: Glavne vrste odpadnih aktivnih blat, ki nastajajo na KČN Gorenjske regije

Table 6: Main types of waste active sludges, that originate from WWTP-s in Gorenjska region

Obdelanost blat	Vsebnost suhe snovi [%]	
	Nedehidrirana blata	Dehidrirana blata
Surova (nestabilizirana)	2 - 4	15 - 25
Pregnita (stabilizirana)	5 - 10	17 - 30



Slika 1: Nedehidrirano surovo blato z 2 % suhe snovi (CČN Radovljica, 12.2.2009)

Figure 1: Non-dehydrated raw sludge with 2 % dry matter (WWTP Radovljica, 12.2.2009)



Slika 2: Dehidrirano (kontinuirna aksialna centrifuga) surovo blato z 21 % suhe snovi (CČN Radovljica, 11.12.2008); povprečni premer grudic je 1,5 cm

Figure 2: Dehydrated (continuous flow axial centrifuge) raw sludge with 21 % dry matter (WWTP Radovljica, 11.12.2008); average diameter of clods is 1,5 cm

## 5.2.2 Vrste biorazgradljivih odpadkov

Na Gorenjskem nastajajo številne skupine biorazgradljivih odpadkov z različnimi klasifikacijskimi številkami. Biorazgradljive odpadke lahko delimo na dve glavni skupini:

- hitro razgradljivi organski odpadki,
- počasi razgradljivi organski odpadki.

V tem magistrskem delu smo se osredotočili na hitro razgradljive organske odpadke, ki bi jih lahko obdelali skupaj z blati KČN (Priloga E). Klasifikacijske številke teh odpadkov, povzete po klasifikacijskem seznamu odpadkov (European Waste Catalogue ..., 2002), prikazuje Preglednica 7.

Preglednica 7: Klasifikacijske številke hitro razgradljivih organskih odpadkov

Table 7: Classificatory numbers of rapidly degradable organic wastes

Klasifikacijska št. odpadka	Opis odpadka
02 01 03	odpadna rastlinska tkiva
02 01 06	živalski iztrebki, urin in gnoj
02 02 02	odpadna živalska tkiva
02 02 03	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (predelava mesa, rib)
02 02 04	mulji iz čiščenja odpadne vode (predelava mesa, rib)
02 03 04	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (predelava sadja, vrtnin, žitaric,...)
02 05 01	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (proizvodnja mlečnih izdelkov)
02 06 01	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (pekarni in slaščičarne)
16 03 06	organski odpadki, ki ne vsebujejo nevarnih snovi (neuspešne serije)
19 08 09	jedilna olja in masti (čiščenje odpadne vode)
20 01 08	organski kuhinjski odpadki
20 01 25	jedilno olje in maščobe
20 02 01	odpadki, primerni za kompostiranje (vrtovi in parki, pokopališča)
20 03 02	odpadki z živilskih trgov



Slika 3: Ločeno zbrani biorazgradljivi odpadki iz gospodinjstev (5.1.2009)

Figure 3: Separately collected biodegradable wastes from housekeepings (5.1.2009)

### ***5.2.3 Lokacije nastajanja blat KČN***

Po podatkih ARSO (ARSO – cistnaprave, 2008) ima od 18 gorenjskih občin 13 občin večje ali manjše KČN (Priloga B), ki nosijo imena po krajih, kjer se nahajajo. Občine in obstoječe KČN so prikazane v Preglednici 8.

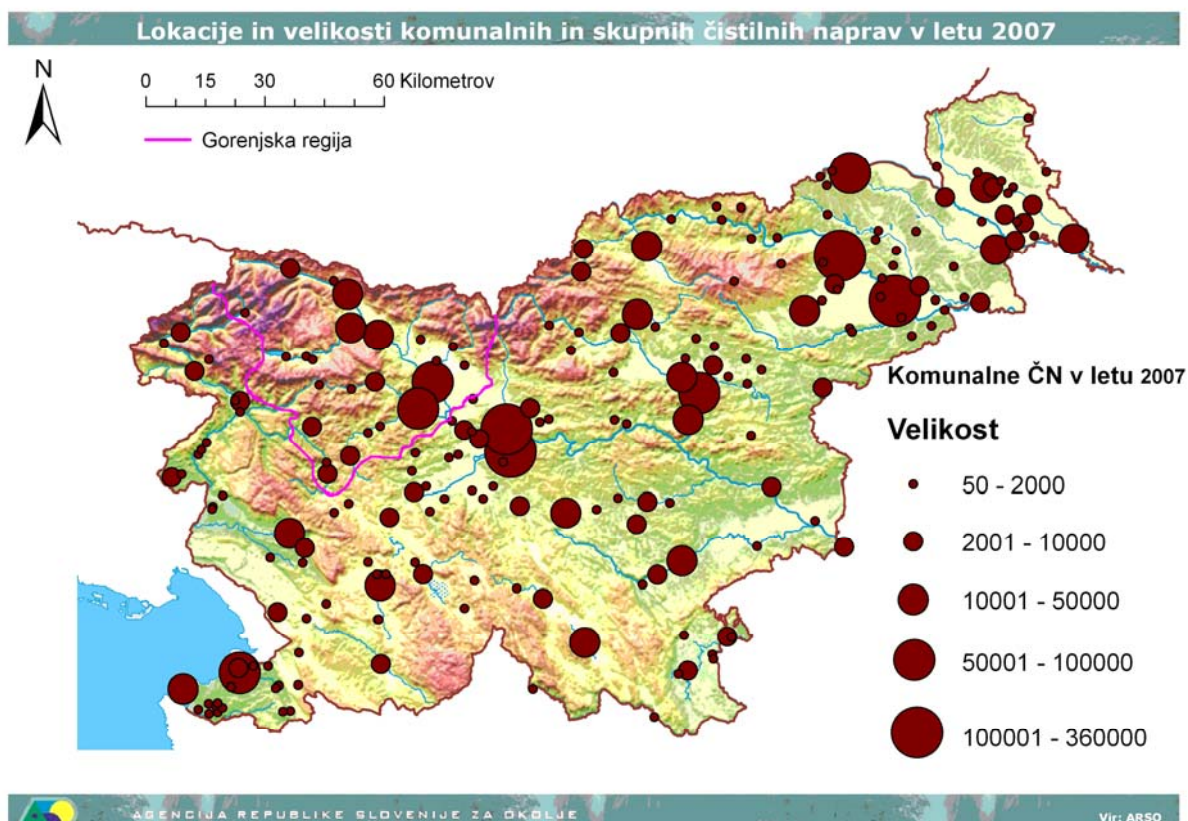
Preglednica 8: Občine Gorenjske regije z zgrajenimi KČN

Table 8: Municipalities in Gorenjska region with constructed WWTP-s

Ime občine	Ime KČN
Bled	CČN Bled, MČN Lisice
Bohinj	MČN Bohinjska Bistrica, MČN Ribčev Laz, MČN Nemški Rovt
Cerklje na Gorenjskem	MČN Lipce
Gorenja vas – Poljane	MČN Gorenja vas
Jesenice	CČN Jesenice, MČN Prihodi
Kranj	CČN Kranj (Zarica), MČN Golnik
Kranjska Gora	ČN Kranjska Gora (Tabre), MČN Hotel Špik
Preddvor	MČN Dom starejših občanov Preddvor
Radovljica	CČN Radovljica
Šenčur	MČN Brnik
Škofja Loka	CČN Škofja Loka
Železniki	ČN Železniki, MČN Zali Log
Žiri	ČN Žiri

Nastajanje blat KČN Gorenjske regije je torej precej razpršeno po celotni regiji. Podobna ugotovitev velja tudi za Slovenijo kot celoto (Karta 3).





Karta 3: Lokacije in velikosti KČN v Gorenjski regiji ter preostali Sloveniji v letu 2007 (ARSO – slike, 2009)

Map 3: Locations and sizes of WWTP-s in Gorenjska region and the rest of Slovenia in the year 2007 (ARSO – slike, 2009)

ARSO (ARSO – cistnaprave, 2008) nima podatkov o morebitnih delujočih ČN v občinah Gorje, Jezersko, Naklo, Tržič in Žirovnica, čeprav je postopek izbire izvajalca za CČN Tržič že zaključen. V letu 2010 bo tako s CČN Tržič dograjena in predana v poskusno obratovanje še ena CČN Gorenjske regije. Velikost CČN Tržič bo 14.000 PE, tehnologija čiščenja pa šaržni biološki reaktor, ki omogoča terciarno čiščenje.



Slika 4: Centralna čistilna naprava Radovljica, zgrajena leta 2006 (8.5.2008)

Figure 4: WWTP Radovljica, constructed in the year 2006 (8.5.2008)



Slika 5: Centralna čistilna naprava Radovljica – dva pokrita SBR reaktorja (21.10.2008)

Figure 5: WWTP Radovljica – two covered batch biological reactors (21.10.2008)





Slika 6: Centralna čistilna naprava Kranj (Zarica) – klasičen postopek biološkega čiščenja odpadne vode s primarnim in sekundarnim usedalnikom (12.2.2009)

Figure 6: WWTP Kranj (Zarica) – classic biological waste water treatment process with primary and secondary settling tanks

#### ***5.2.4 Lokacije nastajanja ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov***

Ločeno zbrani biorazgradljivi odpadki nastajajo predvsem v kmetijstvu in prehrambeno – predelovalni industriji (predelava mesa, mleka, sadja, vrtnin in žitaric, pekarnice, slaščičarne). Dobršen delež doda tudi gostinstvo s kuhinjskimi odpadki ter odpadnimi olji, nekaj pa je tudi odpadkov z živilskih trgov ter z vrtov in parkov (Priloga E).

Tudi biorazgradljivi odpadki nastajajo v Gorenjski regiji dokaj razpršeno. Ločimo več vrst povzročiteljev nastajanja teh odpadkov:

- kmetijstvo (predvsem ravninski predeli Gorenjske s polji),
- industrija (večje industrijske cone),
- gostinstvo (celotna regija) in
- komunala (lokalno).

## **5.3 Letne količine nastalih blat KČN in ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov**

### **5.3.1 Letne količine blat KČN**

Podatki o letnih količinah nastalih blat na posameznih KČN, njihovih lastnostih ter načinih ravnanj z blati niso javno dostopni, zato jih je bilo potrebno poiskati na terenu. V ta namen smo v okviru te magistrske naloge pripravili anketni list o čistilnih napravah (Priloga A), ki je bil februarja 2008 poslan vsem upravljavcem KČN Gorenjske regije. Z anketo smo uspeli pridobiti podatke za leto 2007.

Na osnovi zbranih podatkov, pridobljenih direktno od upravljavcev KČN Gorenjske regije, smo ugotovili, da je na tem območju v letu 2007 nastalo vsaj 4.018 t odpadnih blat. V danem podatku so zajeta zgolj blata, ki so po končnem ravnanju v dehidrirani obliki (vsebnost suhe snovi je različna, od 17,5 % do 28 %), ne pa tudi tekoča blata, to je približno 1000 m<sup>3</sup> tekočega blata s ČN Žiri (Priloga D). Gre torej za podatke o količinah, kot jih upravljavci KČN vsako leto sporočajo ARSO v poročilih o obratovalnem monitoringu KČN.

Bolj reprezentativni so podatki o skupni količini suhe snovi v blatih KČN, saj se na tak način ognemo upoštevanju količine vode v blatih. Z zbiranjem podatkov smo ugotovili, da je bilo leta 2007 v blatih KČN Gorenjske regije 1.048,78 t suhe snovi (Priloga D), od tega v surovih blatih 287,43 t (27,41 %), v pregnetih blatih pa 761,35 t (72,59 %). Delitev na surova in pregnetna blata je smiselna zato, ker je v pregnetih blatih tekom digestije že prišlo do delnega razpada organske snovi, kar se na koncu odraža kot manjša količina skupne suhe snovi v blatih za Gorenjsko regijo v letu 2007 (1.048,78 t), kot bi dejansko bila, če obravnavano blato ne bi bilo obdelano v gniliščih. Gre za podatek, ki ga je poleg trendov nastajanja blat in biorazgradljivih odpadkov v prihodnjih letih (Poglavje 5.11.1) tudi potrebno upoštevati pri načrtovanju kapacitete objekta za centralizirano obdelavo blat ter biorazgradljivih odpadkov Gorenjske regije.

### ***5.3.2 Letne količine ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov***

Najbolj ažurni podatki, ki smo jih uspeli dobiti v času izdelave magistrskega dela, so podatki za leto 2006, pridobljeni iz baze podatkov o odpadkih Kemijskega inštituta Ljubljana.

Konec aprila 2009 so bili v bazi podatkov Kemijskega inštituta dostopni že tudi podatki za leto 2007. Po pregledu novejših podatkov je bilo ugotovljeno, da so praktično identični podatkom za leto 2006, tako da so vsi nadaljnji izračuni delani s starimi podatki, kar pa stanja ne spremeni.

V letu 2006 je tako na območju Gorenjske regije nastalo 17.287 t ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov, primernih za skupno obdelavo z blati KČN (Priloga E). Od tega je šlo v interno predelavo (za gnojenje kmetijskih zemljišč) kar 12.977 t (odpadna rastlinska tkiva ter živalski iztrebki, urin in gnoj). Tako od skupne letne količine biorazgradljivih odpadkov ostane potencialno neizkoriščenih še 4.310 t, ki bi jih lahko obdelali skupaj z blati KČN.

Menimo, da je interna predelava v obliki gnojenja kmetijskih zemljišč zelo smiselna za biorazgradljive odpadke, kot so odpadna rastlinska tkiva, živalski iztrebki, urin in gnoj. Na ta način se ohranja naravni cikel kroženja hranilnih snovi. Vendar pa je tu potrebna določena previdnost, saj je potrebno upoštevati določila Uredbe o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (2005). Letni vnos dušika, fosforja, kalija in nekaterih težkih kovin ne sme presegati določenih mejnih vrednosti oz. količin na enoto površine, poleg tega pa so nekatere omejitve gnojenja tudi v primeru snežne odeje, zmrznjenih tal, vodovarstvenih območij ipd.. Iz tega sledi, da lahko občasno tudi v kmetijstvu pride do določenih viškov biorazgradljivih odpadkov, ki jih morajo kmetje oddati drugim lastnikom kmetijskih zemljišč, predelati in prodati na trgu ali odstraniti na drug način, skladno s predpisi o ravnanju z odpadki. Ti občasni viški odpadnih rastlinskih tkiv, živalskih iztrebkov, urina in gnoja bi se tudi lahko obdelali skupaj z drugimi biorazgradljivimi odpadki in blati KČN.

## **5.4 Obstoječi načini ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki**

Obstoječi načini ravnanja z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji so različni. Odvisni so od tehnične opremljenosti povzročiteljev oz. imetnikov teh odpadkov, od njihovega finančnega stanja ter od regijskih in celo državnih možnosti ravnanja s tovrstnimi odpadki (zbiranje, prevažanje, predelava, raba in odstranjevanje odpadkov).

### **5.4.1 Ravnanje z odpadnimi blati KČN**

#### **Načini ravnanja z odpadnimi blati na posameznih KČN**

Načini ravnanja z odpadnimi blati, ki nastajajo v postopkih čiščenja odpadne vode, so na različnih gorenjskih ČN različni (Priloga C). Odvisni so od tehnične opremljenosti ČN za obdelavo blat, kar je povezano predvsem z njeno velikostjo. Večje ČN so ponavadi bolje opremljene, čeprav so dobro opremljene že tudi novejše manjše ČN. Tako ločimo naslednje načine ravnanja z blati KČN (v oklepaju je navedeno število ČN Gorenjske regije, kjer se tak način uporablja):

#### Manjše ČN (pod 5.500 PE):

- tekoče blato se odvaža na kmetijske površine (1),
- tekoče blato se odvaža na večje ČN, kjer se obdela skupaj z blatom matične ČN (13).

#### Srednje velike ČN (od 5.500 do 50.000 PE):

- tekoče blato se dehidrira (3),
- tekoče blato se najprej vodi v gnilišča (digestija), nato pa v dehidracijo (1).

#### Večje ČN (nad 50.000 PE):

- tekoče blato se najprej vodi v gnilišča (digestija), nato pa v dehidracijo (2).



Slika 7: Naprava za dehidracijo tekočega blata – kontinuirna aksialna centrifuga (CČN Radovljica, 11.2.2009)

Figure 7: Device for dehydration of liquid sludge – continuous flow axial centrifuge (WWTP Radovljica, 11.2.2009)



Slika 8: Primarno in sekundarno gnilišče (CČN Kranj, 12.2.2009)

Figure 8: Primary and secondary digester (WWTP Kranj, 12.2.2009)

### **Načini končnega ravnanja z odpadnimi blati**

Tudi končno ravnanje z blatom je na različnih ČN različno (Priloga C). S končnim ravnanjem se ukvarjajo predvsem večje ČN, saj se tam zbira tudi večina blat manjših ČN. Na KČN Gorenjske regije so v uporabi naslednji načini končnega ravnanja z odpadnim blatom (v oklepaju je navedeno število ČN Gorenjske regije, kjer se tak način uporablja; na posamezni ČN se lahko uporablja tudi več načinov oz. so se uporabljali v različnih časovnih obdobjih):

- polivanje tekočega blata na kmetijske površine (1),
- odlaganje nepregnitega dehidriranega blata na deponijah komunalnih odpadkov (6),
- odlaganje pregnitega dehidriranega blata na deponijah komunalnih odpadkov (14),
- sežig dehidriranega blata v industrijskih kuriščih oz. sežigalnicah v tujini (8). Po pridobljenih podatkih ČN oddajajo zbiralcem odpadkov (ki nato naprej organizirajo sežig odpadnih blat), zgolj nesušena dehidrirana blata.

Zasledili smo tudi primer začasnega shranjevanja blata na lokaciji ČN, kar v bistvu ni končno ravnanje, ampak le prelaganje problema končnega ravnanja na prihodnost. Na eni večjih ČN so v času naše ankete potekali tudi dogovori o kompostiranju določenih količin blata, kar pa se leta 2007 še ni izvajalo. Leta 2008 so na omenjeni CČN že začeli oddajati pregnito dehidrirano blato kompostarni, zato lahko k temu načinu končnega ravnanja z blatom prištejemo tudi vse manjše ČN, ki svoje blato oddajajo tej CČN. Skupno število ČN s kompostiranjem kot enim od načinov končnega ravnanja z odpadnim blatom je bilo tako leta 2008 kar 7.

#### ***5.4.2 Vrednotenje ustreznosti ravnanja z odpadnimi blati KČN***

Končno ravnanje z odpadnimi blati KČN Gorenjske regije lahko z vidika sedanje in dolgoročne ustreznosti rešitev razdelimo na tri skupine (Priloga D):

- ustrezne rešitve (sežig, kompostiranje),
- pogojno ustrezne (vprašljive) rešitve (polivanje tekočega blata na kmetijske površine),
- neustrezne rešitve (odlaganje nepregnitega ali pregnitega dehidriranega blata na deponije, shranjevanje blata na lokaciji ČN).

Merila so postavljena na osnovi upoštevanja smernic trajnostnega razvoja in zahtev nove zakonodaje, ki se bodo dokončno uveljavile v prihodnjih nekaj letih.

### **Ustrezne rešitve**

Sežig: je primerna rešitev predvsem za problematična blata, ki jih zaradi njihove sestave ne moremo (direktno ali po predhodni obdelavi) uporabiti v okolju. Obenem dobimo tudi koristno toploto. Pred sežigom pa je potrebno vložiti razmeroma veliko toplote (možni so različni viri) za osušitev blata.

Kompostiranje: je tudi primerna rešitev, vendar le, kadar blato ni problematično. To pomeni, da ne vsebuje prekomernih koncentracij onesnažil, zlasti težkih kovin ter patogenov. V tem primeru je kompost mogoče uporabiti v različne namene, vključno kmetijske (naravni cikel kroženja snovi). V Sloveniji trenutno obstaja zmerno povpraševanje po kompostu, predvsem za gojenje okrasnih rastlin. Večino komposta sedaj uvažamo iz tujine (zlasti iz Nemčije), cena pa je v povprečju okrog 8 EUR za 50 l vrečo. To pomeni, da bi bilo mogoče kompost, pridobljen iz odpadnih blat BČN ter biorazgradljivih odpadkov, plasirati v slovenskem prostoru po sprejemljivi ceni, če bi le kvaliteta komposta bila ustrezna.

### **Vprašljive rešitve**

Polivanje tekočega blata na kmetijske površine: je pogojno ustrezna rešitev, saj mora blato zadostiti visokim standardom (glede vsebnosti onesnažil in patogenov). Ustreznega tekočega blata za direkten odvoz na kmetijske površine je verjetno zelo malo (le posamezne male ČN z majhnim številom PE), njegova ustreznost lahko zelo niha in zemljišča so dostopna le v določenih letnih obdobjih. Ta rešitev torej ni trajna in obetavna.

### **Neustrezne rešitve**

Odlaganje nepregnitega dehidriranega blata kot tudi odlaganje pregnitega dehidriranega blata na odlagališča odpadkov sta dolgoročno neustrezni rešitvi, saj bo že s 15. julijem 2009 možnost odlaganja blat KČN na deponijah prepovedana. Odlaganje pregnitega dehidriranega blata je sicer nekoliko manj sporno, saj je tekom digestije (anaerobne razgradnje) že prišlo do določenega zmanjšanja vsebnosti organske snovi v blatu. Kljub vsemu je organske snovi v blatu še vedno preveč (parameter TOC, izražen kot C, z mejno vrednostjo 18 % mase suhe snovi), da bi bilo primerno za odlaganje.

Na osnovi podatkov v Prilogi D lahko zaključimo, da je bilo končno ravnanje z odpadnimi blati KČN Gorenjske regije leta 2007 v pretežni meri neustrezno (837,66 t suhe snovi ali 79,9 % letnih količin). Leta 2007 je bilo tako le 186,13 t suhe snovi (oz. 17,7 % količin) odpadnih blat obdelanih na ustrezen način, med vprašljive rešitve pa sodi končno ravnanje s 25 t suhe snovi (oz. 2,4 % količin).

### **5.4.3 Ravnanje z biorazgradljivimi odpadki**

V Gorenjski regiji je bilo leta 2006 v uporabi več načinov ravnanja z biorazgradljivimi odpadki (Priloga E). To so:

- interna predelava,
- interno odstranjevanje,
- začasno skladiščenje,
- oddajanje zbiralcu odpadkov,
- oddajanje predelovalcu odpadkov,
- oddajanje odstranjevalcu odpadkov,
- odlaganje na deponije.

Izvoza biorazgradljivih odpadkov v tujino nismo zasledili.

Uporabljeni pojmi so v Uredbi o ravnanju z odpadki definirani sledeče:

Ravnanje z odpadki zajema zbiranje, prevažanje, predelavo in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorovanjem teh postopkov in nadzorom odlagališč po zaprtju.

Predelava odpadkov so različni postopki, namenjeni koristni uporabi odpadkov ali njihovih sestavin (reciklaža odpadkov za predelavo v surovine, ponovna uporaba odpadkov, uporaba odpadkov kot gorivo v kurilni napravi ali industrijski peči, uporaba odpadkov za pridobivanje goriva). Sežig odpadkov zaradi njihovega odstranjevanja ni predelava odpadkov.

Odstranjevanje odpadkov so različni postopki, namenjeni končni oskrbi odpadkov, ki jih ni mogoče predelati (obdelava odpadkov z biološkimi, termičnimi oz. kemično-fizikalnimi metodami, odlaganje odpadkov).

Začasno skladiščenje odpadkov je skladiščenje odpadkov pri povzročitelju odpadkov na kraju nastanka, pred njihovo oddajo v zbiranje ali v obdelavo.



Zbiranje odpadkov je prevzemanje odpadkov, ki jih njihovi imetniki oddajajo ali prepuščajo, njihovo razvrščanje ter predhodno skladiščenje pred prevozom zaradi oddaje v obdelavo.

V letu 2006 je na območju Gorenjske regije nastalo 17.287 t ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov (v tej količini niso všteta blata KČN) (Priloga E). Največ tovrstnih odpadkov (odpadna rastlinska tkiva, živalski iztrebki, urin in gnoj) je šlo v interno predelavo (12.977 t), kar je primeren način ravnanja z odpadki, saj ohranja naravni cikel kroženja hranilnih snovi. Odpadna živalska tkiva so v glavnem končala pri odstranjevalcih odpadkov (2.138 t); to je v bistvu zavržen energetski potencial (npr. za pridobivanje bioplina, v skladu z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008) pa bi bilo treba tovrstne odpadke pred tretiranjem v bioplinarni predhodno toplotno obdelati, da se izognemo morebitnemu prenosu patogenov na človeka, kot je npr. BSE). Neposredno na odlagališčih sta bili odloženi le 2 t biorazgradljivih odpadkov. Preostala količina biorazgradljivih odpadkov (2.170 t) je bila oddana zbiralcu odpadkov (645 t), predelovalcu odpadkov (209 t), bila interno odstranjena (56 t) ali začasno skladiščena (1.260 t). Dejansko končno ravnanje s to količino ni znano.

Povzročitelji biorazgradljivih odpadkov se soočajo z vse bolj restriktivno novo zakonodajo, ki natančno določa ustrezna ravnanja s tovrstnimi odpadki. Iskanje in realizacija rešitev sta zato pogosto težavna. Na Gorenjskem je po podatkih ARSO (ARSO – predelovalci, 2009) kot predelovalec biološko razgradljivih odpadkov v kompost (postopek predelave R3) registrirano samo podjetje Komunala Kranj, d.o.o., vendar le za nekatere skupine biorazgradljivih odpadkov, ne pa tudi za odpadno blato KČN (s klasifikacijsko številko odpadka 19 08 05). Po podatkih Komunale Kranj (2009) gre za malo kompostarno, ki se nahaja pri CČN Kranj, namenjena pa je kompostiranju ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov ter odpadkov z živilskih trgov. Večjih bioplinarn na Gorenjskem nismo zasledili (ARSO – predelovalci, 2009), kar je povsem drugače od razmer v SV Sloveniji, kjer je več velikih bioplinarn (Nemščak, Lendava, Mlajtinci,...). Kljub slabi pokritosti Gorenjske regije s kompostarnami ter bioplinarnami lahko rečemo, da so razmere na področju biorazgradljivih odpadkov vseeno nekoliko bolj urejene kot pri odpadnih blatih KČN, zlasti na račun interne predelave biorazgradljivih odpadkov.

Na področju ravnanja z biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije obstaja tudi večja pomanjkljivost; in sicer, da so v predhodno navedenih količinah zajeti zgolj biorazgradljivi odpadki pravnih oseb, medtem ko je ločeno zbiranje tovrstnih odpadkov iz gospodinjstev še v povojih. Posamezna večja komunalna podjetja (Komunala Kranj) so šele nedavno pristopila k projektom ločenega zbiranja biorazgradljivih odpadkov iz gospodinjstev, pa še to le za nekatera večja naselja. Na podeželju in v gospodinjstvih z vrtovi se spodbuja lastno kompostiranje (ozaveščanje ljudi o pomenu in načinu kompostiranja ter razdeljevanje kompostnikov proti simboličnemu plačilu). Količine biorazgradljivih odpadkov, ki bi se lahko dodatno zbrale iz gorenjskih gospodinjstev, so tako zaenkrat še neznanka (obstaja pa možnost ocene preko generacijskega koeficienta tovrstnih odpadkov na prebivalca na leto oz. na osnovi izkušenj nekaterih komunalnih podjetij).

## **5.5 Kritična ocena stanja**

Sedanje stanje ravnanja z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije je zaskrbljujoče.

Predvsem za blata KČN velja, da so sedanji načini končnih ravnanj v pretežni meri neustrezni, saj niso v skladu s smernicami trajnostnega razvoja ter z novo zakonodajo. Samo po sebi se zastavlja vprašanje, kam bomo z odpadnimi blati po 15. juliju 2009, ki predstavlja mejni datum za odlaganje blat KČN na deponije. Pri biorazgradljivih odpadkih je stanje nekoliko boljše, a še vedno ne zadovoljivo.

Na področju končnega ravnanja z odpadnimi blati KČN in z biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije bi bilo nujno čim hitreje najti zadovoljivo rešitev, skladno s smernicami trajnostnega razvoja in z novo zakonodajo, poleg tega pa bi morala biti tudi ekonomsko in logistično sprejemljiva. To pa narekuje načrtovanje uvajanja integriranega sistema ravnanja po principu najširšega teritorialnega zajema celotnega nabora potencialnih vrst blat in odpadkov.

## 5.6 Možnosti rešitve problema odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji – opredelitev opcij sodobnega ravnanja

Za sodobna ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki je značilno upoštevanje načela hierarhičnega ravnanja z odpadki »3R + D«. To pomeni, da se nastajanje tovrstnih odpadkov na izvoru čimbolj zmanjša (*reduce*), kar jih kljub vsemu nastane, se jih ločeno zajame za uporabo (*reuse*) na kmetijskih zemljiščih ali predela v primerno obliko za materialno reciklažo (*recycle*) v obliki komposta ali umetno pripravljene zemljine ali reciklira njihovo toplotno vsebnost, kar pa na koncu obdelave še vedno ostane, se kot odpadek odloži na odlagališče (*disposal*). Odlaganje je v kontekstu sodobnega ravnanja z odpadki povsem zadnja možnost, ko se odpadka ne da več koristno uporabiti in je popolnoma stabiliziran.

Če načelo »3R + D« poskusimo uporabiti na področju ravnanja z odpadnimi blati iz BČN (potencialno v kombinaciji z drugimi biorazgradljivimi odpadki), ugotovimo naslednje:

1. Zmanjšanje nastajanja blat na KČN: Količino nastalih odvečnih blat bi težko zmanjšali, kot je to možno npr. pri odpadni embalaži, saj odpadna voda zaradi bivanja in dela ljudi vedno nastaja ter se odvaža po kanalih na čistilne naprave. Možen ukrep na tem področju je gradnja ločenega kanalskega sistema za meteorne vode, saj s tem na KČN vodimo manj razredčene vode, proces čiščenja pa je zato bolj učinkovit. Nekaj bi prispevalo tudi ozaveščanje prebivalcev k manjši porabi vode, predvsem v smislu preprečevanja nepotrebnih izgub. Obstaja tudi nekaj načinov, kako zmanjšati količine odvečnega blata, ki nastaja kot stranski produkt KČN, vendar ponavadi zahtevajo znatna vlaganja ali večje površine za majhen učinek. Kot primer navajamo sodobne postopke membranske filtracije (fizikalni proces), ki bistveno zmanjšajo količino blata na KČN, a je tehnologija še predraga. Pri biorazgradljivih odpadkih, ki nastajajo v industriji, pa bi se včasih njihove količine dalo zmanjšati z boljšim izborom mikrobnе biomase in načrtovanjem porabe odpadnega blata.
2. Zmanjšanje na strani obdelave blata na KČN: Na vsaki KČN posebej bi bilo treba premisliti o izvedbenih možnostih čim boljše biološke stabilizacije blata (večstopenjska anaerobna – aerobna biološka stabilizacija), ki zmanjšuje količine preostanka blata. Preostalo blato bi bilo treba nato dobro dehidrirati (na vsaj 25 %

suhe snovi). Za mehansko dehidracijo blata je zelo pomembna izbira naprave (centrifuga oz. stiskalnica) ter izbira kemikalije (flokulanta), saj je od tega odvisna vsebnost suhe snovi in neposredno tudi količina dehidriranega blata.

3. Materialna uporaba odvečnega blata: Možna je v omejenem obsegu z vnosom blat v tla, vendar pa mora tako blato zadostiti strogim kriterijem naše zakonodaje (Poglavje 2.3). Še najbolj primerna se zdi uporaba stabiliziranih blat za sanacijo kamnolomov, brežin avtocest in podobno.
4. Materialna predelava odvečnih blat: Gre zlasti za predelavo odpadnih blat v kompost oz. umetno pripravljeno zemljino, ki se nato lahko koristno uporabita.
5. Predelava blata v smislu izkoriščanja energetske vsebnosti: Sem spadajo postopki predelave blata v obliko, ko ga lahko uporabimo kot sekundarno gorivo: anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina, pridobivanje alternativnega trdnega goriva, pridobivanje etanola, pridobivanje sinteznega plina ter pridobivanje vodika.

Na osnovi navedenih ugotovitev smo se odločili preveriti tri alternative sodobnega ravnanja z odpadnimi blati, pri čemer bo preverjena tudi podvarianta skupnega ravnanja blat KČN in biorazgradljivih odpadkov. To so:

- **Alternativa A**: Kompostiranje odpadnih blat (svežih ali pregnitih), lahko v kombinaciji z drugimi biorazgradljivimi odpadki. Ta možnost se sicer zdi najlažje izvedljiva in zato zanimiva, vendar je zakonodaja glede uporabnosti komposta na tem področju vse strožja, zato je ob nestalni kvaliteti vhodnega materiala težko dobiti splošno uporaben produkt. Problem predstavljajo zlasti nekatere industrijske odpadne vode, ki se čistijo na centralnih čistilnih napravah, in ki kljub sprejeti ustrezni zakonodaji še vedno občasno vsebujejo visoke koncentracije nekaterih škodljivih snovi, predvsem težkih kovin.
- **Alternativa B**: Zbiranje svežih blat in drugih biorazgradljivih odpadkov, anaerobna razgradnja le-teh, proizvodnja bioplina in njegova uporaba (za pridobivanje toplote in električne energije), nazadnje kompostiranje preostanka in uporaba komposta. Na ta način bi iz blata in odpadkov lahko pridobili precej energije, na koncu pa bi zopet imeli opravka s kompostom, čeprav z manjšimi količinami, a verjetno z bolj stalno

kvaliteto (posledica mešanja velikih količin vhodnih substratov v gniliščih) kot v primeru alternative A.

- **Alternativa C:** Zbiranje svežih blat, anaerobna razgradnja le-teh, sušenje preostanka z nastalim plinom, nato sežig ali sosežig suhega blata v toplarnah ali cementarnah ter nazadnje eden od načinov koristne uporabe pepela, kot jih opisuje Spinoso (2007). Tudi ta opcija se zdi zanimiva, saj dobimo nekaj energije, hkrati pa ni problemov, kam s končnim trdnim preostankom (neodvisnost od kvalitete vhodnega materiala).

## **5.7 Analiza primernosti alternative A (kompostiranje odpadnega blata, uporaba komposta)**

Analizo primernosti kompostiranja odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov smo izvedli na osnovi rezultatov kemijskih analiz vzorcev odpadnih blat nekaterih KČN Gorenjske regije, vzorčnega poskusa kompostiranja, veljavnih predpisov ter podatkov iz literature.

### **5.7.1 Rezultati fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz – vzorčni poskusi**

#### **A) Kemijske analize vzorcev odpadnih blat KČN Gorenjske regije**

Kompostirati je mogoče sveže ali pregnito dehidrirano blato KČN, lahko tudi v kombinaciji z drugimi biorazgradljivimi odpadki. Sestava blata je zaradi različnih sestav vtokov na različnih KČN različna, spreminja pa se tudi na posamezni KČN. Odvisna je od sestave in količine odpadnih vod, ki pritekajo na KČN, od postopkov čiščenja, uporabljenih kemikalij ter tudi od vremenskih razmer. Pri vremenu sta pomembna dejavnika zlasti količina padavin in temperatura. Večja količina padavin razredči odpadno vodo, poleg tega pa grede vodni viški ob visokih padavinah preko varnostnih prelivov (t.i. *by-pass*, ki ga ima vsaka KČN) direktno v odvodnike. V primeru močnega in dolgotrajnega deževja zaradi delovanja varnostnih prelivov pride dnevno na KČN manjša kemijska oz. biološka obremenitev, kar posledično pomeni manj blata. Zelo pomembna je tudi temperatura, saj v toplejši polovici leta čiščenje (reakcije razgradnje) poteka bolj hitro; v skladu z Arrheniusovim pravilom (Benedičič (ur.), 2008), ki pravi, da 10°C višja temperatura pomeni za dva- do štirikrat večjo reakcijsko hitrost. Blato, ki takrat nastaja, zato vsebuje manj organske snovi kot pozimi; to velja zlasti za sveža blata. Poleg tega pa je nizka temperatura (12°C) v bioloških bazenih tudi limitirajoči dejavnik

čiščenja dušika (nitrifikacija, denitrifikacija), zato ga v hladnejšem delu leta lahko v iztokih in tudi v blatih KČN pričakujemo nekoliko več.

V Prilogi F podajamo rezultate kemijskih analiz vzorcev blata sedmih KČN Gorenjske regije, odvzetih v obdobju od 2006 – 2008. Opazimo lahko, da je parameter žaroizguba za pregnita blata v povprečju 57,6 %; za surova blata pa je višji, in sicer povprečno 71,3 %. Žaroizguba približno predstavlja vsebnost organskih snovi. Podoben trend je opaziti tudi pri parametru TOC, ki je za pregnita blata v povprečju 32,3 % C mase suhe snovi, za surova pa je nekoliko višji, to je povprečno 38,4 % C mase suhe snovi. To kaže na zmanjšanje organske snovi v gniliščih; na osnovi podatkov iz Priloge F je le-ta približno 19 % za parameter žaroizguba ter 16 % za parameter TOC.

Pri nekaterih vzorcih blata so prisotne povišane in včasih celo zelo visoke koncentracije nekaterih težkih kovin, kar je odvisno od virov onesnaževanja, ki so priključeni na KČN. V teh primerih gre za posamezne industrijske onesnaževalce, ki se ukvarjajo z obdelavo kovin (galvana, industrija tiskanih vezij, žičarna) in še nimajo notranjih reciklov oz. industrijskih čistilnih naprav, ki bi zagotavljale ustreznost njihove odpadne vode za iztok v javno kanalizacijo. Te mejne vrednosti so predpisane s splošno uredbo (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, 2005 in 2007) ter s panožnimi uredbami (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za proizvodnjo barvnih kovin, 2007, Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za proizvodnjo kovinskih izdelkov, 2007), vsekakor pa so bile v primerih ČN 3 (baker) in ČN 4 (cink in celotni krom) občutno presežene. Glavna ugotovitev, povezana s težkimi kovinami v blatih KČN je, da je na tem področju nujno vzpostaviti boljše sodelovanje med onesnaževalci, upravljavci KČN ter državo (inšpekcijske službe), če želimo doseči izboljšanje kvalitete blat KČN in s tem boljše možnosti za njegovo uporabo ali predelavo.

## **B) Vzorčni poskus kompostiranja**

Dne 9.5.2008 smo v Laboratoriju za procesno inženirstvo Kemijskega inštituta v Ljubljani nastavili pilotni poskus kompostiranja dehidriranega pregnitega blata. S poskusom smo želeli ugotoviti, če je postopek primeren za obdelavo pregnitega blata, ki nastane pri anaerobni razgradnji, s ciljem, da je možno dobljeni produkt nadalje koristno uporabiti kot kompost.

### Izvedba poskusa:

V večji posodi smo pripravili substrat za kompostiranje tako, da smo zmešali naslednje sestavine v navedenih količinah:

- 7,5 kg dehidriranega pregnitega blata (30,2 % suhe snovi),
- 2,5 kg suhega bukovega žaganja,
- 0,5 kg svežega komposta,
- 1 liter vode.

Na enak način in v enakih razmerjih smo pripravili tudi kontrolni vzorec, le brez dehidriranega pregnitega blata.

Pregnito dehidrirano blato je predstavljalo osnovni material, katerega razgradnjo smo želeli spremljati. Vzorec smo dobili na CČN Kranj, ki je s 100.000 PE največja ČN Gorenjske regije. Grobo bukovo žaganje smo dodali kot strukturni material za zagotavljanje zadostne zračnosti mešanice, kar omogoča aerobno razgradnjo, vodo pa za zagotovitev potrebne začetne vlažnosti. Svež kompost, pridobljen po enakem postopku kot pri tem poskusu (vir je bilo blato s KČN Rogaška Slatina), smo uporabili kot inokulum. Odprti posodi s substratom in kontrolnim vzorcem smo nato postavili v termostatirano komoro s temperaturo 35°C ter visoko zračno vlago, večjo od 50 % (Sliki 9 in 10).



Slika 9: Termostatirana komora, v kateri je potekalo kompostiranje (9.5.2008)

Figure 9: Thermostatic chamber, used for composting tests (9.5.2008)

Visoko zračno vlago smo zagotovili tako, da smo v komoro postavili tudi manjše vedro vode. Substrat in kontrolni vzorec smo dvakrat tedensko vzeli iz komore, ju premešali in s tem prezračili ter razbili skupke. Istočasno smo odvzeli povprečni vzorec za kemijske analize, s čimer smo lahko spremljali potek kompostiranja (prvi vzorec je bil odvzet takoj po pripravi začetne mešanice, 9.5.2008). Oboje smo po premešanju vrnili v termostatirano komoro.

Po mesecu dni (9.6.2008) smo substrat in kontrolni vzorec vzeli iz komore. Substrat smo nato pustili pri sobni temperaturi (21°C) še dobra dva meseca (do 20.8.2008), da je potekala faza zorenja komposta.



Vzorci smo do končanja poskusa hranili v hladilniku pri temperaturi 4°C, s čimer smo preprečili (oz. zelo upočasnili) nadaljnjo razgradnjo organske snovi, potem pa smo jih analizirali na fizikalne parametre (KI) oz. onesnažila (Zavod za zdravstveno varstvo Kranj).



Slika 10: Notranjost termostatirane komore – večja posoda s substratom ter manjše vedro vode (9.5.2008)

Figure 10: Interior of the thermostatic chamber – container with the substrate and smaller bucket of water (9.5.2008)



Slika 11: Začetek poskusa – kontrolni vzorec (9.5.2008)

Figure 11: The beginning of experiment – control sample (9.5.2008)



Slika 12: Začetek poskusa – začetni substrat (9.5.2008)

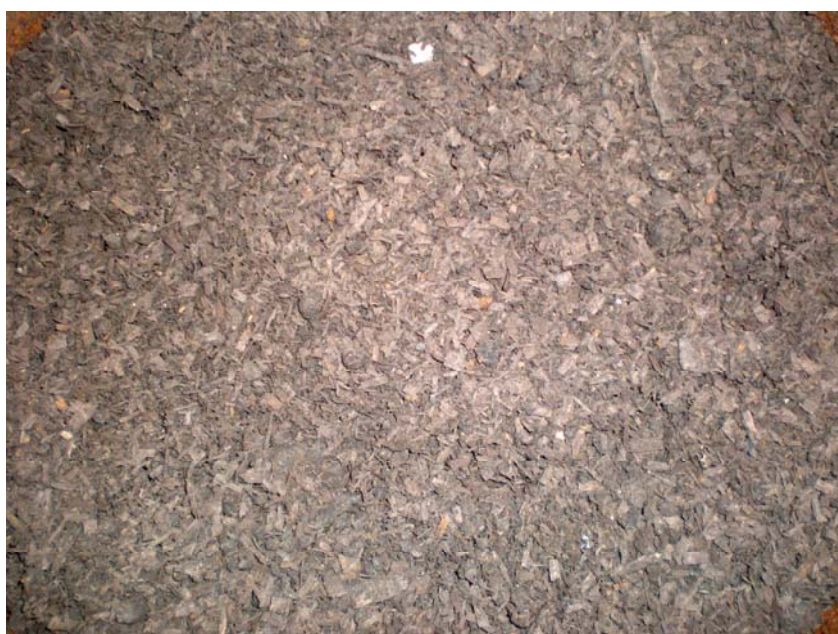
Figure 12: The beginning of experiment – primary substrate (9.5.2008)





Slika 13: Konec kompostiranja v termostatisirani komori – kontrolni vzorec (9.6.2008)

Figure 13: Termination of composting in thermostatic chamber – control sample (9.6.2008)



Slika 14: Konec kompostiranja v termostatisirani komori – substrat (nezrel kompost) (9.6.2008)

Figure 14: Termination of composting in thermostatic chamber – substrate (fresh compost) (9.6.2008)

Ker nas zanimata predvsem potek kompostiranja, to je dinamika razgradnje organske snovi, in sestava komposta, nastalega iz pregnitega blata, smo med procesom kompostiranja spremljali maso in volumen substrata, poleg tega pa smo izvedli tudi kemijske analize vzorcev substrata. Vse vzorce substrata smo preiskali na pH, suho snov, žaroizgubo, TOC in celotni dušik; zadnji vzorec zrelega komposta pa dodatno še na parametre okoljske kakovosti, določene z Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008). Vzorce, odvzete kontrolnemu vzorcu, smo preiskali na suho snov, žaroizgubo in žarilni ostanek. Rezultati analiz so zbrani v Preglednicah 9, 10, 11 in 12.

### C) Razlaga rezultatov

Preglednica 9: Rezultati kemijskih analiz vzorcev kontrole med procesom kompostiranja

Table 9: Results of chemical analyses of the control samples during the process of composting

Parameter	ČAS KOMPOSTIRANJA (dni)				
	0	7	14	28	31
Suha snov, s.s. [%]	62,9	49,0	72,0	60,9	59,6
Žaroizguba [% mase s.s.]	95,3	93,57	93,09	94,06	94,38
Žarilni ostanek [% mase s.s.]	4,7	6,43	6,91	5,94	5,62

#### Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 9:

V kontrolnem vzorcu tekom kompostiranja ni prišlo do bistvenih sprememb. Vrednosti vseh treh parametrov (suha snov, žaroizguba in žarilni ostanek) tekom procesa kompostiranja nekoliko nihajo, kar bi lahko razložili z analizo napako zaradi nehomogenosti vzorca, hkrati pa v primeru parametrov žaroizguba ter žarilni ostanek tudi povedo, da ni prišlo do večjih sprememb. Žaroizguba, ki prikazuje razgradnjo organskih snovi, se je zmanjšala za manj kot 1 % (primerjalno prvi in zadnji vzorec). Volumen vzorca se med poskusom tudi ni spreminjal. To potrjuje našo domnevo, da je žaganje zelo počasi in težko razgradljivo, ter hkrati, da so nadalje prikazani rezultati kompostiranja substrata predvsem posledica razgradnje organske snovi v dehidriranem pregnitem blatu, kar smo s kontrolnim vzorcem tudi želeli preveriti.

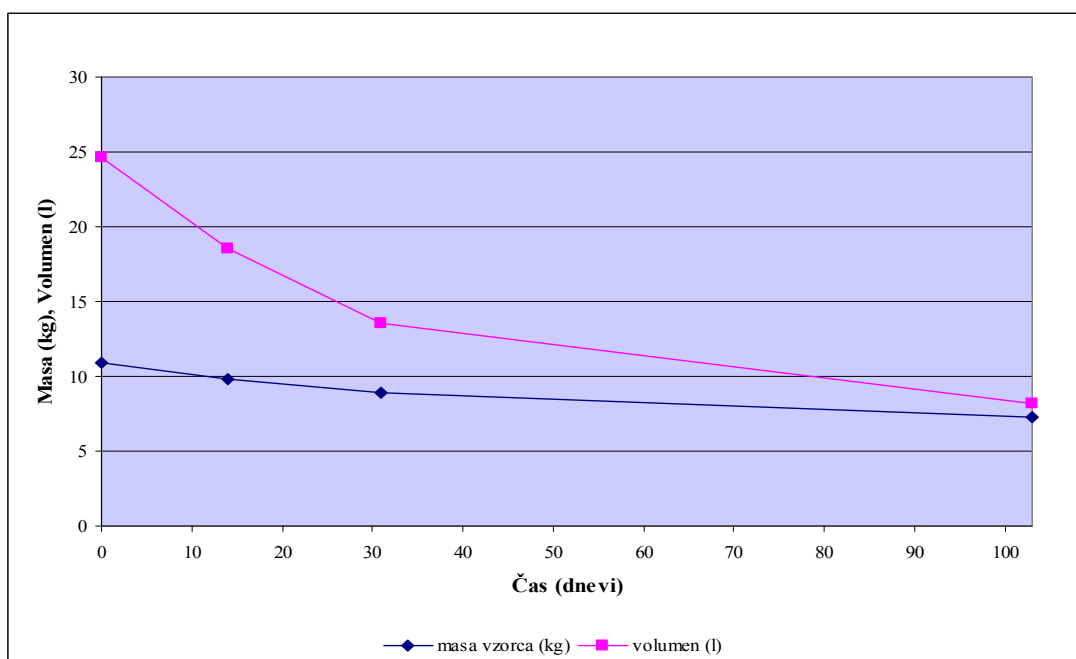
Preglednica 10: Masa in volumen celotnega substrata komposta med procesom kompostiranja

Table 10: Mass and volume of the whole compost substrate during the process of composting

Parameter	ČAS KOMPOSTIRANJA (dni)			
	0	14	31	103
Masa [kg]	10,92	9,82	8,93	7,25
Volumen [l]	24,63	18,52	13,55	8,21

Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 10:

Med procesom kompostiranja substrata pride do precejšnjega upada mase (na 66,4 % prvotne mase), še bolj pa volumna (na 33,3 % prvotnega volumna) začetnega substrata (Grafikon 1). Vzrok za to je napredovanje procesa kompostiranja, pri katerem ogljik kot osnovni gradnik organske snovi deloma prehaja v bolj stabilno obliko (humus), deloma izhaja kot CO<sub>2</sub>.



Grafikon 1: Upadanje mase in volumna celotnega substrata komposta med procesom kompostiranja

Graph 1: Mass and volume reduction of the whole compost substrate during the process of composting

Med kompostiranjem nastajata tudi voda in toplota; le-ta odpareva prisotno vlago, kar se tudi odraža v zmanjševanju mase in volumna substrata.

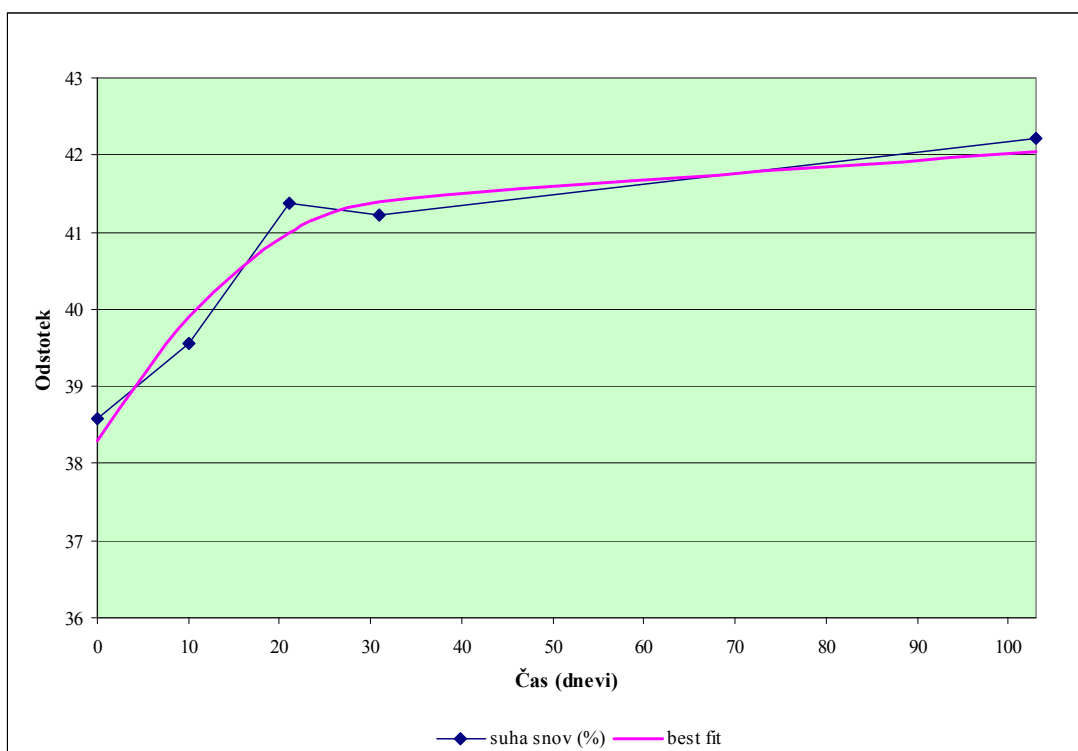
Preglednica 11: Rezultati kemijskih analiz vzorcev začetnega substrata, substrata med procesom kompostiranja in končnega produkta (zrelega komposta)

Table 11: The chemical analyses results of samples of primary substrate, substrate during the process of composting and final product (mature compost)

Parameter	Enota	ČAS KOMPOSTIRANJA (dni)				
		0	10	21	28	103
pH	-	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0
Suha snov	%	38,58	39,56	41,23	41,37	42,21
Žaroizguba	% mase s.s.	77,31	72,17	69,54	68,98	69,04
TOC	% C mase s.s.	39,0	34,88	34,89	33,92	32,43
Celotni dušik	mg/kg s.s.	26.753	25.451	24.092	23.812	23.957

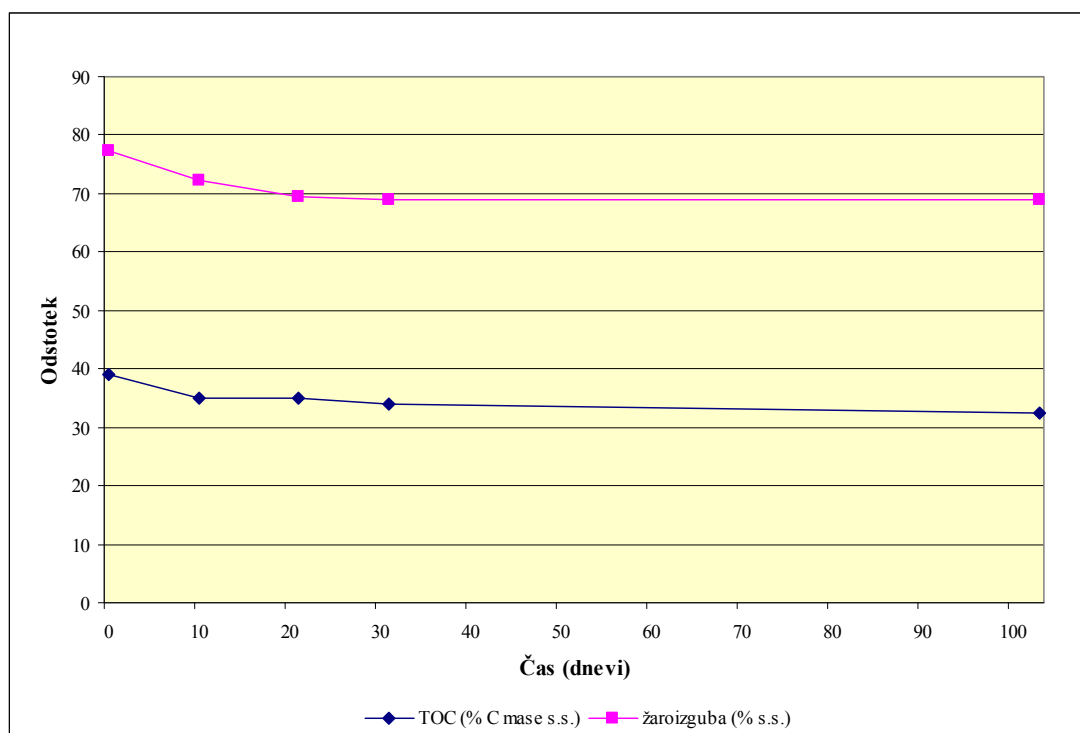
Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 11:

Vrednost pH je med kompostiranjem precej konstantna ter se nahaja v nevtralnem območju. Odstotek suhe snovi v substratu tekom kompostiranja nekoliko narašča (Grafikon 2). To bi lahko razložili z napredovanjem samega procesa, saj pri kompostiranju nastajata voda in ogljikov dioksid, ki ob prezračevanju izhajata iz substrata, prav tako pa nastaja toplota, ki odpareva fizično prisotno vlago. Vzorec po 21. dneh nekoliko odstopa od krivulje naraščanja suhe snovi (pričakovana vrednost je med 40 in 41 %), vendar bi dobljeno vrednost 41,23 % lahko razlagali kot analizno napako zaradi nehomogenosti vzorca.



Grafikon 2: Naraščanje vsebnosti suhe snovi v vzorcih substrata (komposta) med procesom kompostiranja; hipotetični potek naraščanja vsebnosti suhe snovi je prikazan z *best fit* krivuljo  
Graph 2: Rising of dry matter content in the samples of substrate during the process of composting; hypothetical course of dry matter content rising is shown with best fit curve

Žaroizguba je parameter, ki je sorazmeren vsebnosti organskih snovi v suhi snovi substrata. Tekom kompostiranja se zaradi razgradnje organskih snovi v substratu žaroizguba počasi zmanjšuje, kar kaže na potek mineralizacije substrata. Glavni gradnik organske snovi je ogljik, ki tekom kompostiranja deloma prehaja v bolj stabilno obliko (humus), deloma izhaja kot CO<sub>2</sub>. Temu gre pripisati tudi počasno zniževanje parametra celotni organski ogljik (TOC) med kompostiranjem. Upadanje obeh parametrov (žaroizguba in TOC) prikazuje Grafikon 3. Zmanjševanje je razmeroma počasno in omejeno. To pomeni, da je vstopna biomasa v izhodnem blatu že zelo preginita in se med kompostiranjem sorazmerno malo presnovi.

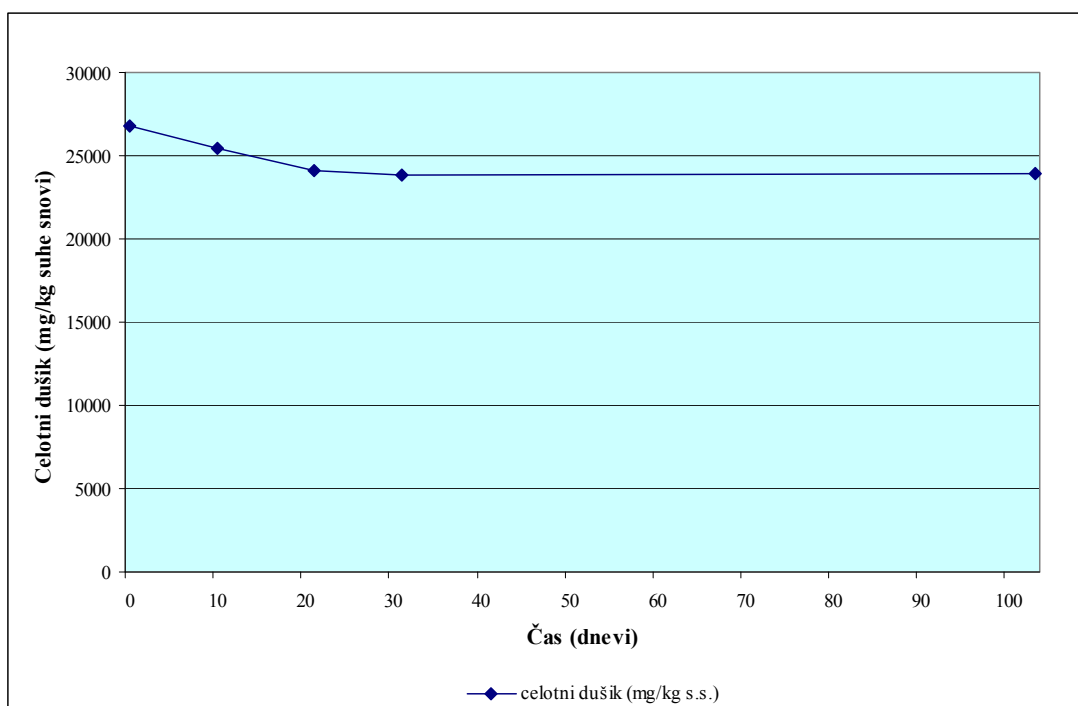


Grafikon 3: Upadanje vsebnosti organske snovi (žaroizguba) in skupnega organskega ogljika (TOC) v vzorcih substrata (komposta) med procesom kompostiranja

Graph 3: Reduction of organic matter content (loss on ignition) and total organic carbon (TOC) in the samples of substrate during the process of composting

Med kompostiranjem je bilo opaziti tudi rahel upad vsebnosti celotnega dušika, kar prikazuje Grafikon 4. Vzrok temu je poraba dušikovih organskih spojin (npr. beljakovin) pri biorazgradnem procesu in njihova prosova v amonijak, ki pri nevtralnem ali rahlo alkalnem pH pretežno odhlapi (Grilc, ustna informacija).





Grafikon 4: Upadanje vsebnosti celotnega dušika v vzorcih substrata (komposta) med procesom kompostiranja

Graph 4: Reduction of total nitrogen content in the samples of substrate during composting

Preglednica 12: Rezultati analize zrelega komposta (po 31. dneh kompostiranja in 72. dneh zorenja) na parametre okoljske kakovosti

Table 12: The mature compost analysis results (after 31 days of composting and 72 days of maturing), compared with the environmental quality parameters in Slovenian legislation

Parameter okoljske kakovosti	Enota	Vzorec zrelega komposta	Mejne vrednosti*		
			1. razred okoljske kakovosti	2. razred okoljske kakovosti	Okoljska kakovost (stabilizirani biol. razgradlj. odpadki)
Cd	mg/kg s.s.	0,8	0,7	1,5	7
Celotni Cr	mg/kg s.s.	110	80	200	500
Cu	mg/kg s.s.	234	100	300	800
Hg	mg/kg s.s.	4,5	0,5	1,5	7
Ni	mg/kg s.s.	28	50	75	350
Pb	mg/kg s.s.	48	80	250	500
Zn	mg/kg s.s.	617	200	1200	2500
PCB	mg/kg s.s.	< 0,05	0,4	1	1
PAH	mg/kg s.s.	1,6	3	3	6

\*Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008)

#### Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 12:

Vsebnost težkih kovin se med procesom kompostiranja ne spreminja v tem smislu, da bi se pretvarjale v produkte, ki bi izhajali iz substrata. Nasprotno, kovine se v substratu zgoščajo, ker se del organske snovi pretvarja v vodo in ogljikov dioksid in zapusti snovni sistem. Vsekakor pa so težke kovine obremenilni in limitirajoči dejavnik za uporabnost nastalega produkta, zato je treba vedno upoštevati mejne vrednosti parametrov okoljske kakovosti (Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, 2008) ter mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla (Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla, 2005).

#### **5.7.2 Lastnosti in uporabnost preostankov po načinu obdelave alternative A**

Vsebnost ogljika in dušika v nastalem zrelem kompostu, pridobljenim z našim vzorčnim poskusom, je zadostna, da bi ga lahko uporabili za gojenje različnih rastlin (Preglednica 11). Dušika je v blatih KČN na splošno veliko, posledično ga je precej tudi v kompostu, nastalem

s kompostiranjem takih blat. Ogljik in dušik ponavadi nista limitirajoča dejavnika uporabe komposta v okolju. Paziti je treba, da ne vnašamo prevelikih količin komposta in s tem ne povzročimo kontaminacije okolja, zlasti podtalnice. Upoštevamo tudi faktorje mineralizacije, saj je dušik dostopen rastlinam le v mineralizirani obliki. Dognojevanje oz. dodajanje komposta večkrat zaporedoma naj bi bilo tolikšno, kolikor je letna poraba oz. privzem s strani rastlin. Privzem hranil je pri različnih vrstah rastlin različen (Droste, 1997).

Privzem hranil za različne vrste rastlin (Droste, 1997, str. 742)

Nutrient uptake of some crops (Droste, 1997, p. 742)

RASTLINA	DONOS [t/ha]	PRIVZEM HRANIL [kg/ha]			
		N	P	K	S
Meteljka	9.0	278	19	160	22
Ječmen	3.2	101	12	52	9
Koruza	13.4	156	30	118	19
Lan	1.1	61	8	41	3.4
Trava	6.7	96	17	139	9
Oves	3.0	112	15	72	15
Krompir	34	252	29	303	24
Oljna repica	1.7	133	18	67	7.8
Sladkorna pesa	34	179	17	120	21
Pšenica	2.7	95	13	52	9

Za dokončno opredelitev možnosti uporabe nastalega zrelega komposta, ki smo ga pridobili z našim vzorčnim poskusom, v okolju, je potrebno upoštevati tudi izvide analiz vsebnosti težkih kovin oz. parametre okoljske kakovosti po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008) (Preglednica 12). Dovoljena stopnja uporabe je namreč odvisna od kovine (gradnika komposta), ki dopušča najnižjo stopnjo uporabe.

Analiza parametrov okoljske kakovosti (po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, 2008) zrelega komposta je pokazala, da nastali produkt lahko uvrstimo v različne razrede okoljske kakovosti glede na različne parametre. Kriteriji za uvrstitev zrelega komposta v prvi razred okoljske kakovosti so izpolnjeni s parametri: Ni, Pb, PAH in PCB.

Drugemu razredu okoljske kakovosti ustrezajo parametri Cd, Cu, Zn in celotni Cr. Najbolj kritičen pa je parameter Hg, ki s 4,5 mg/kg suhe snovi izpolnjuje zgolj kriterije za uvrstitev med stabilizirane biološko razgradljive odpadke (Preglednica 12).

Zastavlja se vprašanje, od kod v odpadni vodi, ki prihaja na KČN, toliko živega srebra, da le-to predstavlja glavno oviro za uporabo blata in komposta v okolju? Če pogledamo Prilogo F, lahko opazimo, da se vsebnost Hg v blatu sedmih KČN Gorenjske regije giblje od <0,04 do 3,9 mg/kg suhe snovi, povprečno pa znaša 2,15 mg/kg suhe snovi. Možni viri Hg so naprave za proizvodnjo galvanskih členov, naprave za proizvodnjo barvnih kovin, pa tudi naprave za proizvodnjo farmacevtskih izdelkov ter izcedne vode iz odlagališč odpadkov. Zmanjšanje vsebnosti Hg v odpadni vodi bi bilo možno le z vzpostavitvijo ustreznih industrijskih čistilnih naprav. Tako npr. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za proizvodnjo barvnih kovin (2007) natančno določa, da je v primeru, ko koncentracija Hg v odpadni vodi posamezne naprave za proizvodnjo barvnih kovin presega 0,1 mg/l, potrebno zagotoviti čiščenje odpadne vode iz te naprave tako, da na iztoku iz ČN koncentracija Hg ne presega 0,01 mg/l.

Zreli kompost, ki smo ga z vzorčnim poskusom pridobili iz pregnitega dehidriranega blata, bi bilo tako zaradi višje vsebnosti živega srebra možno izrabiti le na način omejene rabe stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkov. V tem primeru je dovoljen vnos zrelega komposta v ali na tla zaradi izboljšanja njihovega ekološkega stanja, pri čemer je za tovrstno dejavnost potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje. Primeri možne uporabe nastalega produkta so: sanacija deponij, kamnolomov, površin ob novozgrajenih avtocestah ter drugih degradiranih zemljišč.

Zrelega komposta, ki ga s parametri okoljske kakovosti lahko uvrstimo le med stabilizirane biološko razgradljive odpadke z omejeno rabo, se ne sme uporabljati na:

- vodovarstvenih območjih,
- zemljiščih, kjer se izvaja kakršna koli pridelava kmetijskih rastlin,
- zemljiščih, zasičenih z vodo, zasneženih ali zamrznjenih zemljiščih,
- nagnjenih zemljiščih, kjer obstaja nevarnost površinskega izpiranja,
- območjih mokrišč in gozdnih zemljiščih.

## **5.8 Analiza primernosti alternative B (digestija svežih blat z ostalimi biorazgradljivimi odpadki, uporaba bioplina za proizvodnjo energije, kompostiranje pregnitega blata in uporaba komposta)**

### ***5.8.1 Rezultati fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz – vzorčni poskusi***

#### **A) Pilotni poskus ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP)**

Dne 9.10.2008 smo v Laboratoriju za okoljske vede in inženirstvo Kemijskega inštituta v Ljubljani nastavili pilotni poskus ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP) tekočega nepregnitega (surovega) blata s Centralne čistilne naprave Radovljica. S poskusom smo želeli definirati biometanski potencial tekočega nepregnitega blata CČN, z namenom ugotoviti, ali je tovrstni odpadki primeren za pridobivanje metana. Poskus je trajal 35 dni, to je do vključno 13.11.2008. Postopek poskusa je standardiziran (ISO 11734:1994).

#### Izvedba poskusa ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP), 37°C

Pri anaerobni razgradnji organskih snovi nastaja bioplina, ki ga v največji meri sestavlja metan (CH<sub>4</sub>) in ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). Z metodo ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP) določamo sposobnost substrata za produkcijo CH<sub>4</sub>. Postopek izvajamo v sistemu OxiTop<sup>®</sup> OC110 (WTW – Wissenschaftlich – Technische Werkstätten GmbH). Pri nastajanju bioplina v steklenici narašča tlak, ki ga beležimo z merilno glavo na steklenici. Le-ta je daljinsko vodena z aparaturo, s katero pregledujemo in obdelujemo rezultate meritev.

Poskus smo izvedli v 2 paralelkah (vzorec 1 in 2). Nastavili smo ga tako, da smo v 2 plinotesni steklenici, vsaka s prostornino po 1160 ml, dodali naslednje sestavine:

- 120 ml biomase kot vir mikroorganizmov – inokulum,
- 25 ml kalij – natrijevega fosfatnega pufra (pH = 7.0, končna koncentracija je 20 mM),
- substrat, katerega biometanski potencial smo želeli določiti (4 ml (vzorec 1) oz. 5 ml (vzorec 2) tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica),
- 450 ml (vzorec 2) oz. 451 ml (vzorec 1) deoksigenirane razredčevalne vode.

V vsaki steklenici je bilo najprej skupno 600 ml vsebine, nato pa smo 100 ml vsebine odvzeli za izvedbo kemijskih analiz (pH, KPK, suha snov, organska snov) testne mešanice pred

poskusom. Tako je v sistemu ostalo še 500 ml vsebine in preračunano, še 3,333 ml substrata (vzorec 1) oz. 4,167 ml substrata (vzorec 2). Sistem smo nato preprihovali 15 minut s plinastim dušikom (Slika 16), potem pa smo obe steklenici plinotesno zaprli (Sliki 17 in 18). Testni steklenici smo inkubirali pri 37°C s stalnim mešanjem na magnetnem mešalu. Med inkubacijo je bila temperatura stalna (Slika 19).

Vzporedno s testnima steklenicama z dodanim substratom smo v dveh paralelkah spremljali tudi produkcijo bioplina same biomase (slepi vzorec 1 in 2) in produkcijo bioplina pri dodatku znane, lahko razgradljive organske snovi (glukoza), ki nam je služila kot pozitivna kontrola o pravilnem poteku poskusa (standard). Glede na kemijske lastnosti biomase in substrata, ki smo jih določili pred izvedbo poskusa, smo izbrali optimalno obremenitev (210,83 mg organske snovi/l vsebine) in z enako obremenitvijo nastavili tudi standard. S preskušanjem BMP standarda smo preverjali pravilnost izvedene metode. Prav tako kot pri testnih steklenicah, smo tudi v primeru slepih vzorcev in standarda pred začetkom poskusa odvzeli iz vsake steklenice po 100 ml vsebine za izvedbo kemijskih analiz (pH, KPK, suha snov, organska snov).

Tudi po izvedenem poskusu smo iz vsake od petih steklenic (2 testni, 2 slepi, 1 standard), odvzeli vzorce vsebin in jim določili kemijske lastnosti (pH, KPK, suha snov, organska snov). Ti podatki so nam omogočili definiranje sprememb kemijskih parametrov vsebin vsake od steklenic, še zlasti testnih, med izvedbo poskusa.

Po koncu poskusa smo vzeli tudi vzorec nastalega bioplina in mu določili plinsko sestavo.



Slika 15: Določanje vsebnosti suhe snovi v vzorcu tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica (9.10.2008)

Figure 15: Dry matter content determination in the sample of liquid raw sludge from WWTP Radovljica (9.10.2008)



Slika 16: Prepihanje substrata s plinastim dušikom pred zaprtjem steklenic (9.10.2008)

Figure 16: Gaseous nitrogen purge through substrate before closing the bottles (9.10.2008)



Slika 17: Aparat OxiTop® OC110 za nastavitev začetnih vrednosti v merilnih glavah ter prenos podatkov (9.10.2008)

Figure 17: OxiTop® OC110 apparatus for setting initial values in measuring heads and data transfer (9.10.2008)



Slika 18: Merilna glava za merjenje sprememb tlaka v steklenicah (9.10.2008)

Figure 18: Measuring head for measuring pressure changes in the bottles (9.10.2008)





Slika 19: Začetek poskusa – steklenice, inkubirane v topli komori pri 37°C (9.10.2008)

Figure 19: The beginning of experiment – bottles, incubated in warm chamber at 37°C (9.10.2008)

#### Priprava raztopin za poskus ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP)

- Kalij – natrijev fosfatni pufer

Združba bakterij, ki producira metan, je najbolj aktivna, če je pH med 7 in 7,5. K – Na fosfatni pufer smo dodali z namenom, da prepreči prekomerno spreminjanje pH sistema med samim procesom anaerobne razgradnje (priporočeno pH 7 +/-1 (ISO 11734:1994)). V dve 1000 ml buči smo zatehtali posamično 43,08 g kalijevega dihidrogen fosfata ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) in 133,8 g dinatrijevega hidrogen fosfata ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) ter v vsako dodali deionizirano vodo do oznake 1 liter. Po mešanju na magnetnem mešalu smo obe pripravljene raztopini zmešali skupaj. Pufer smo hranili v hladilniku.

- Deoksigenirana razredčevalna voda

Za zagotovitev anaerobnih pogojev smo pred izvedbo poskusa BMP pripravili zadostno količino deoksigenirane vode. V avtoklavu smo segreli navadno vodovodno vodo do vretja. Še vročo smo 20 minut prepihovali s plinastim dušikom, pri čemer smo izpodrinili v vodi

prisoten kisik. Po koncu preprihovanja smo steklenico dobro zaprli s plinotesnim zamaškom in jo uporabili v čim krajšem času, da smo preprečili ponovno raztapljanje kisika.

- Hranilna raztopina

Pripravili smo hranilno raztopino, ki je vsebovala naslednje sestavine:

- kalijev dihidrogen fosfat anhidrid, $\text{KH}_2\text{PO}_4$	0,27 g
- dinatrijev hidrogen fosfat heptahidrat, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	1,12 g
- amonijev klorid, $\text{NH}_4\text{Cl}$	0,53 g
- kalcijev diklorid dihidrat, $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$	0,075 g
- magnezijev diklorid heksahidrat, $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	0,10 g
- železov triklorid heksahidrat, $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$	0,02 g
- dinatrijev sulfid nonahidrat, $\text{Na}_2\text{S} \times 9\text{H}_2\text{O}$	0,1 g
- resazurin (indikator kisika)	0,001 g
- deoksigenirana voda	do 1 litra.

Izhodne raztopine smo pripravili vsako posebej v destilirani vodi in jih hranili v hladilniku. Na dan začetka poskusa smo vsako od raztopin soli odmerili v deoksigenirano vodo in jo 20 minut preprihovali z dušikom.

- Termostatiranje inokuluma

Pri poskusu smo kot inokulum uporabili biomaso (anaerobne bakterije iz reaktorja Farme Ihan,  $\text{pH} = 8,10$  ter  $\text{KPK} = 10.791 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ), ki smo jo v laboratoriju vzdrževali na  $37^\circ\text{C}$ . Inokulum, ki je vir anaerobnih fermentativnih in metanogenih bakterij, je potrebno stabilizirati, da se zniža nespecifična produkcija bioplina in vpliv slepega vzorca. Biomaso smo pred uporabo v poskusu 5 dni stabilizirali pri  $37^\circ\text{C}$ . S stabilizacijo smo dosegli porabo prisotne organske snovi, ki bi sicer pri izračunavanju vplivala na lažno zmanjšano produkcijo metana v vzorcih (ISO 11734:1994). Biomaso smo pred uporabo v poskusu 5 dni stabilizirali pri  $37^\circ\text{C}$ .

## B) Razlaga rezultatov poskusa ugotavljanja BMP

Dne 9.10.2008, neposredno pred začetkom poskusa BMP, smo izvedli analizo tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica, ki smo ga uporabili kot testni substrat v poskusu BMP. Vrednosti parametrov, dobljenih z analizo, prikazuje Preglednica 13.

Preglednica 13: Vrednosti parametrov tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica, ki smo ga uporabili kot testni substrat v poskusu BMP

Table 13: Parameter values of liquid raw sludge from WWTP Radovljica, used as test substrate at BMP experiment

	pH	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	Suha snov [%]	Organska snov [%]
<b>SUBSTRAT</b> (tekoče nepregnito blato CČN Radovljica)	7,29	39.922	3,77	2,53

### Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 13:

Vrednost pH tekočega nepregnitega blata je rahlo bazična. KPK vrednost (39.922 mg O<sub>2</sub>/l) je po podatkih KI pričakovana. Tudi vsebnost suhe snovi v tekočem blatu je v običajnih mejah (3,77 %), saj se vrednosti v tovrstnih substratih ponavadi gibljejo od 2 do 5 %. Organska snov v substratu predstavlja 67 % vse suhe snovi, kar je na osnovi večletnih opažanj avtorice tega mag. dela normalno za jesensko obdobje na CČN Radovljica, kjer je bil vzorčni substrat tudi odvzet. Na obravnavani CČN organska snov v tekočem nepregnitnem blatu zelo niha; to je odvisno od hitrosti procesov razgradnje, ti pa so odvisni od temperature (temperatura zraka, ki vpliva naprej na temperaturo vode v bazenih), v skladu z Arrheniusovim pravilom. Na CČN Radovljica tako v toplejšem obdobju leta čiščenje odpadne vode (reakcije razgradnje) poteka bolj hitro, zato blato, ki takrat nastaja, vsebuje manj organske snovi kot pozimi. Vsebnost organske snovi v tekočem nepregnitnem blatu CČN Radovljica zato niha med skrajnih 45 % suhe snovi poleti ter 85 % suhe snovi pozimi.

Pred začetkom poskusa BMP in po njem smo analizirali vsebino vseh petih poskusnih steklenic (2 testni, 2 slepi, 1 standard) na naslednje kemijske parametre: pH, KPK, suha snov in organska snov. Na ta način smo želeli ugotoviti, ali je med poskusom prišlo do kakšnih

sprememb ter, če so nastale spremembe povezane s tvorbo bioplina. Podatki so zbrani v Preglednici 14.

Preglednica 14: Kemijski parametri (pH, KPK, suha snov, organska snov) petih poskusnih steklenic pred začetkom in po končanem poskusu BMP

Table 14: Chemical parameters (pH, COD, dry matter, organic matter) of five experimental bottles before and after BMP experimet

	pH začetni	pH končni	KPK začetni [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK končni [mg O <sub>2</sub> /l]	SS začetna [%]	SS končna [%]	OS začetna [%]	OS končna [%]
<b>SLEPI VZOREC 1</b>	7,55	7,77	2.204	2.064	3,180	2,604	1,458	1,329
<b>SLEPI VZOREC 2</b>	7,56	7,82	2.296	2.064	3,080	2,726	1,320	1,164
<b>STANDARD</b>	7,50	7,58	2.480	1.895	3,146	2,768	1,450	1,270
<b>VZOREC 1 (4 ml substrata)</b>	7,39	7,64	2.801	2.783	3,550	3,270	1,712	1,556
<b>VZOREC 2 (5 ml substrata)</b>	7,40	7,63	2.801	2.148	3,394	3,008	1,506	1,334

Legenda:

SS – suha snov

OS – organska snov

Neveljaven – neuspehi poskus

#### Uspešnost izvedenih poskusov:

Poskus z vzorcem 1 ni uspel, saj se je produkcija bioplina začela šele, ko je bilo poskusa že konec. Adaptacija mikroorganizmov je bila torej zelo počasna. Poskus z vzorcem 2 pa je bil uspešen, čeprav se je tudi v tem primeru produkcija bioplina začela dokaj pozno. Razlog za oba pojava je verjetno v biomasi (inokulum), ki ni bila zadosti aktivna. Vzorec 1 zato izpuščamo iz nadaljnjih razlag. Vsi ostali trije poskusi (oba slepa vzorca ter standard) so bili uspešno izvedeni.

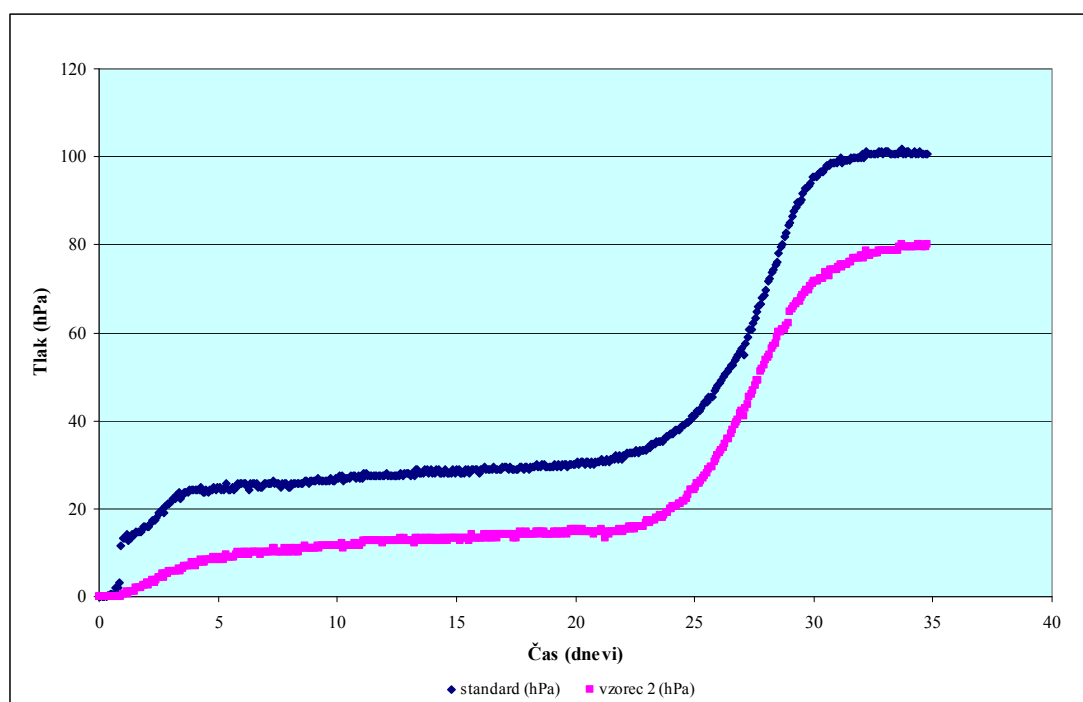
#### Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 14:

Iz Preglednice 14 je razvidno, da je pH vrednost vsebin vseh poskusnih steklenic ob koncu poskusa rahlo višja kot na začetku poskusa. Ta pojav je pričakovan, ker v steklenicah z anaerobno razgradnjo iz organsko vezanega dušika nastaja amonij, kar povzroči nekoliko bazično reakcijo, vendar zaradi predhodnega dodatka K – Na fosfatnega pufra spremembe

niso preveč izrazite. Ostali parametri (KPK, suha snov in organska snov) pa v vseh primerih kažejo nekoličen upad na račun pretvorbe določene količine organske snovi v bioplin.

#### Naraščanje tlaka v plinotesnih steklenicah med poskusom BMP:

Poskus ugotavljanja biometanskega potenciala (BMP) je potekal skoraj 35 dni. V tem času so merilne glave, nameščene na plinotesnih steklenicah, periodično izvajale meritve tlaka v steklenicah. V navedenem obdobju je bilo v primeru vsake od steklenic izvedenih skupno 447 meritev tlaka (na vsakih 112 minut, kar pomeni 12,86 meritev dnevno). Tako so za vse steklenice nastali nizi podatkov postopnega naraščanja tlaka, kar je posledica tvorbe bioplina zaradi anaerobne razgradnje organske snovi s strani specifičnih mikroorganizmov. Podatke za standard in vzorec 2 (z odštetimi vrednostmi slepega vzorca 1) prikazuje Grafikon 5.



Grafikon 5: Poskus BMP – naraščanje tlaka v plinotesnih steklenicah (vzorec 2 in standard) zaradi tvorbe bioplina

Grapf 5: Bio-Methane Potential (BMP) experiment – pressure in the gas-tightened bottles (sample 2 and standard) was increasing because of biogas formation

Od izmerjenih vrednosti tlakov za standard in vzorec 2 smo odšteli izmerjene vrednosti tlaka slepega vzorca 1. Ta postopek je potreben zato, ker je tudi v primeru slepih vzorcev (biomasa oz. inokulum) nastalo nekaj bioplina, ki ga je treba upoštevati, če želimo dobiti prave vrednosti za testni substrat (vzorec 2) in glukozo (standard).

#### Izračun bioplinskega potenciala testnega substrata (v vzorcu 2):

Na osnovi končnih (največjih) izmerjenih vrednosti tlakov v poskusnih steklenicah je ob predhodnem upoštevanju slepih vzorcev mogoče izračunati bioplinski potencial organske snovi, ki je bila podvržena anaerobni razgradnji.

Osnova za izračun je naslednja oblika splošne plinske enačbe, ki pravi, da je za poljubne vrednosti P, V in T pri istem plinu produkt iz tlaka (P) in volumna (V), deljen z absolutno temperaturo (T), konstantna veličina (Media – plinska enačba, 2009):

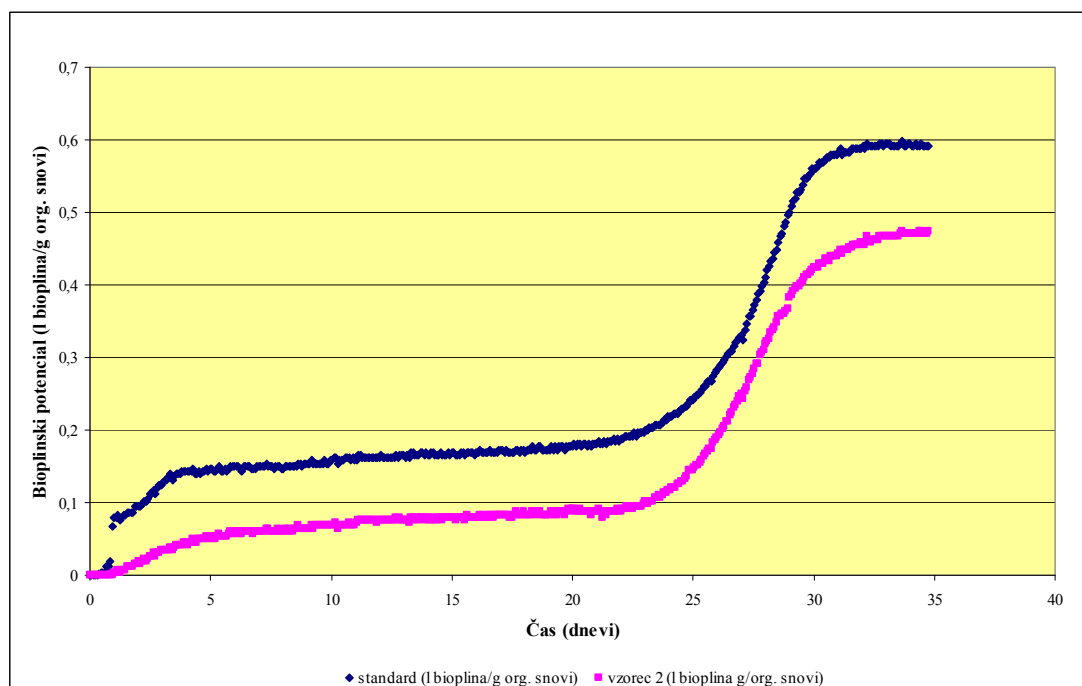
$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}$$

Pri tem so spremenljivke v enačbi naslednje:

- P<sub>0</sub>: zračni tlak v laboratoriju, ki znaša 1 atmosfero oz. 1013 hPa,
- V<sub>0</sub>: iskani volumen nastalega bioplina,
- T<sub>0</sub>: temperatura v laboratoriju, ki znaša 20°C oz. 293 K,
- P<sub>1</sub>: izmerjena vrednost tlaka v poskusni steklenici (ob predhodnem upoštevanju slepega vzorca); največja vrednost za standard znaša 101,8 hPa, za vzorec 2 pa 80 hPa,
- V<sub>1</sub>: volumen praznega prostora v plinotesni steklenici, ki je v primeru standarda in vzorca 2 enak: V<sub>1</sub> = volumen steklenice – volumen vsebine oz. 1160 ml – 500 ml = 660 ml,
- T<sub>1</sub>: temperatura inkubacije v topli komori, ki znaša 37°C oz. 310 K.

Oba niza podatkov (vzorec 2 in standard) za tlak v steklenicah (P<sub>1</sub>) vnesemo v plinsko enačbo z zgoraj navedenimi spremenljivkami. Dobimo nova niza podatkov – volumen nastalega bioplina (V<sub>0</sub>). Pri tem sta največji vrednosti oz. količini nastalega bioplina naslednji: V<sub>0-standard</sub> = 0,0627 litra ter V<sub>0-vzorec 2</sub> = 0,0493 litra. Če oba niza podatkov še naprej delimo s

količino organske snovi, s katero je bil poskus izveden (standard: 0,1062 g org. snovi, vzorec 2: 0,1054 g org. snovi), dobimo dva nova niza podatkov: gre za bioplinski potencial, izražen v l bioplina/g organske snovi (Grafikon 6).



Grafikon 6: Poskus BMP – ugotavljanje bioplinskega potenciala vzorca 2 (končna vrednost je 0,47 l bioplina/g organske snovi)

Graph 6: BMP experiment – biogas potential determination of sample 2 (final value is 0,47 l of biogas per g organic matter)

Iskani bioplinski potencial vzorca 2 predstavlja najvišja točka krivulje vzorca 2 na Grafikonu 6 (0,47 l bioplina/g org. snovi) (Preglednica 16). Bioplinski potencial standarda je nekoliko višji (0,60 l bioplina/g org. snovi), kar je tudi pričakovano, saj je glukoza lahko razgradljiva organska snov.

Iz Grafikonov 5 in 6 je razvidno, da krivulji standarda ter vzorca 2 potekata vzporedno. Na obeh krivuljah lahko opazimo faze, značilne za rastno krivuljo mikrobne biomase v šaržni (batch) kulturi.

Faze mikrobne rasti v šaržni kulturi so naslednje (Praktikum, 2009):

- Lag faza: najprej (od začetka poskusa do 25. dne) opazimo t.i. lag fazo, v kateri se biomasa prilagaja na testni substrat oz. glukozo. Lag faza je dokaj dolga, vzrok za to pa je verjetno v biomasi, ki ni bila preveč aktivna oz. zadosti prilagojena na poskusne pogoje.
- Eksponentna faza: ko se biomasa prilagodi poskusnim pogojem, se začne faza eksponentne rasti (od 25. do 30. dne). V tej fazi mikrobne celice hitro rastejo, se delijo ter intenzivno porabljajo substrat oz. glukozo. Poraba substrata se odraža tudi z nastankom stranskega produkta – gre za intenzivno tvorbo bioplina.
- Stacionarna faza: ko se substrat oz. glukozo porabita (po 30. dnevu), se število živih celic ne povečuje več, prav tako pa ni več tvorbe bioplina. Obe krivulji se zato izravnata.

Bioplin, ki je med poskusom nastal v steklenicah s standardom in vzorcem 2, smo po končanem poskusu analizirali in mu določili plinsko sestavo (GC-MS, Agilent Technologies, 6890 N). Rezultati analiz so zbrani v Preglednici 15.

Preglednica 15: Sestava bioplina (vol %), nastalega v poskusu BMP pri standardu in vzorcu tekočega nepregnitega blata s CČN Radovljica

Table 15: Composition of biogas (volume %), resulted at BMP experiment (for standard and sample of liquid raw sludge from WWTP Radovljica)

	Vol % CH <sub>4</sub>	Vol % CO <sub>2</sub>	Vol % H <sub>2</sub> S
<b>STANDARD</b>	63,35	36,65	0,00
<b>VZOREC 2</b> (tekoče nepregnito blato CČN Radovljica)	65,92	34,08	0,00

V poskusu BMP je pri anaerobni razgradnji organske snovi v tekočem nepregnetem blatu CČN Radovljica nastal bioplin, ki je vseboval 65,92 vol % metana ter 34,08 vol % ogljikovega dioksida. Dobljene vrednosti, prikazane v Preglednici 15, so v okviru pričakovanj, saj vsebuje komunalni bioplin med 55 in 70 vol % metana (Analiza potenciala komunalnega plina ..., 2007).



Če upoštevamo, da je bilo v vzorcu 2 natanko 4,167 ml testnega substrata, kar ustreza 0,1663 g KPK oz. 0,1054 g org. snovi (preračunano iz podatkov o testnem substratu, to je tekočem nepregnetem blatu, prikazanih v Preglednici 13), ter na osnovi ugotovitve, da je v nastalem bioplínu za primer vzorca 2 natanko 65,92 vol % metana (Preglednica 15), lahko določimo bioplinski in biometanski potencial testnega substrata glede na KPK oz. organsko snov. Ti podatki so zbrani v Preglednici 16.

Preglednica 16: Bioplinski in biometanski potencial tekočega nepregnetega blata CČN Radovljica

Table 16: Biogas and biomethane potential of liquid raw sludge from WWTP Radovljica

	BP [l bioplina/g KPK]	BP [l bioplina/g OS]	MP [l metana/g KPK]	MP [l metana/g OS]
<b>VZOREC 2</b> (tekoče nepregnito blato CČN Radovljica)	0,2962	0,4674	0,1953	0,3081

Legenda:

BP – bioplinski potencial  
 MP – biometanski potencial  
 OS – organska snov

Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 16:

Rezultati, zbrani v Preglednici 16, kažejo na to, da sta bioplinski potencial (0,47 l bioplina/g organske snovi) in biometanski potencial (0,31 l metana/g organske snovi) tekočega nepregnetega blata CČN Radovljica v okviru pričakovanj. Običajne vrednosti bioplinskega potenciala tovrstnih substratov (sekundarno blato) se gibljejo od 0,40 do 0,56 l bioplina/g organske snovi. Bioplinski potencial je lahko še nekoliko višji v primeru primarnega blata, in sicer okrog 0,6 l bioplina/g organske snovi (Roš, Zupančič, 2003). Zanimiv je tudi podatek o tvorbi bioplina, ki se nanaša na število PE (Imhoff, 1999), in sicer, da znaša proizvodnja bioplina v gniliščih ČN okrog 17 l/PE/dan.

Komentar uporabljene metode ugotavljanja BMP:

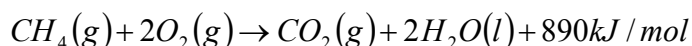
Metoda ugotavljanja BMP je dokaj nova. Rezultati, dobljeni na ta način, so informativni in slabo ponovljivi, zato smo z izvedbo poskusa dobili le približno oceno biometanskega potenciala substrata. Na osnovi te ocene sicer lahko sklepamo na velikostni razred bioplinarne

za obdelavo blat KČN (v kombinaciji z biorazgradljivimi odpadki) Gorenjske regije, nikakor pa je ne moremo projektirati. Če bi želeli eksperimentalne podatke uporabiti v praksi, je nujno izvesti bolj natančne raziskave s pilotnim poskusom s pravim vzorčnim reaktorjem in z večjo količino substrata (30 litrov).

### **5.8.2 Lastnosti in uporabnost preostankov po načinu obdelave alternative B**

Poskus BMP je pokazal, da je v tekočem nepregnetem blatu CČN Radovljica zadosti biometanskega potenciala (308 l metana/kg organske snovi), da bi se ga splačalo izkoriščati za proizvodnjo električne in toplotne energije. To energijo dobimo z zgorevanjem bioplina (oz. njegove sestavine metana) v plinskih motorjih.

Zgorevanje metana pomeni oksidacijo metana s kisikom in nastanek končnih produktov ogljikovega dioksida in vode, ob tem pa se sprosti tudi precej energije (eksotermna reakcija). Reakcijo oksidacije metana prikazuje spodnja enačba:



16 g mol<sup>-1</sup> ..... 32 g mol<sup>-1</sup> ..... 44 g mol<sup>-1</sup> ... 18 g mol<sup>-1</sup>

Kurilna vrednost metana znaša 37 MJ/Nm<sup>3</sup> (Trident – kurilna vrednost metana, 2009). To pomeni, da ima bioplin, pridobljen z anaerobno razgradnjo blat KČN, ki vsebuje 65,92 % metana, kurilno vrednost 24,39 MJ/m<sup>3</sup> oz. 6,7751 kWh/m<sup>3</sup>.

Bioplin, pridobljen z anaerobno razgradnjo odpadnih blat KČN in drugih biorazgradljivih odpadkov Gorenjske regije, bi bilo mogoče uporabiti za proizvodnjo znatnih količin električne in toplotne energije (Poglavje 5.11.2). Električno energijo bi lahko oddajali v elektro omrežje, s toploto pa oskrbovali bližnje večje porabnike toplotne energije. V gniliščih po končani anaerobni razgradnji ostaja pregnito blato, s katerim bi bilo potrebno ustrezno ravnati. Možnosti ravnanja s pregnetim blatom so različne in odvisne predvsem od vsebnosti težkih kovin in drugih parametrov okoljske kakovosti v pregnetem blatu, kot to določajo Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008), Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (2008), Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem

odpadkov (2008) ter Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (2005). V primeru, da bi bila vsebnost težkih kovin in drugih parametrov v okviru predpisanih mejnih vrednosti, bi lahko pregnito blato uporabili v kmetijstvu in drugje v okolju (neposreden vnos v tla), lahko bi ga kompostirali in pridobili uporaben kompost za prodajo ali pa bi pripravljali umetne zemljine (Poglavje 3.1). V kolikor bi bile mejne vrednosti presežene, ostane še možnost sežiga oz. sosežiga pregnitega blata ter po izvedbi predhodnih raziskav nadaljnja uporaba pepela v gradbeništvu ali zgolj odlaganje pepela na deponiji.

## **5.9 Analiza primernosti alternative C (digestija svežih blat, sušenje preostanka s plinom, sežig preostanka, uporaba pepela)**

Primernost alternative C smo ocenili na osnovi analize pregnitega blata ter izlužka njegovega pepela. Pregnito blato smo pridobili iz sekundarnega gnilišča CČN Kranj. Gre za pregnito blato po končani anaerobni razgradnji, ki se iz gnilišča vodi na dehidracijo. CČN Kranj smo izbrali zato, ker je s 100.000 PE največja CČN Gorenjske regije ter ima hkrati tudi gnilišča z mezofilnim režimom.

### ***5.9.1 Rezultati fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz***

Dne 29.1.2009 smo iz sekundarnega gnilišča CČN Kranj odvzeli vzorec pregnitega blata (20 litrov). Vzorec smo odnesli v Laboratorij za procesno inženirstvo Kemijskega inštituta v Ljubljani, kjer smo opravili naslednje analize: vsebnost suhe snovi v pregnetem blatu, odstotek pepela, zgornja kalorična vrednost in (izračunana) kurilna vrednost. Rezultati so prikazani v Preglednici 17.

Preglednica 17: Rezultati analiz vzorca pregnitega blata iz sekundarnega gnilišča CČN Kranj, dne 29.1.2009

Table 17: Analyses results of digested sludge sample from secondary digester of WWTP Kranj, 29.1.2009

	Suha snov (105 °C) [%]	Pepel (800 °C) [% s.s.]	Zgornja kalorična vrednost [kJ/kg s.s.]	Kurilna vrednost [kJ/kg s.s.]
<b>PREGNITO BLATO</b> (sekundarno gnilišče CČN Kranj)	2,2	45,6	13.330	12.300

Legenda:

s.s. - suha snov

#### Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 17:

Najprej smo pregnito blato posušili in mu določili vsebnost suhe snovi, ki znaša 2,2 %. To je razmeroma malo za pregnito blato, saj se vsebnost vode v blatu tekom anaerobne presnove običajno nekoliko zmanjša. Vzrok bi lahko iskali v padcu temperature v gniliščih CČN Kranj na 23°C januarja 2009 (Margetič, ustna informacija), kar bi lahko pripomoglo k slabšemu procesu anaerobne presnove v obdobju, ko je bil vzorec odvzet. Sušino blata smo nato sežgali pri 800°C, s čimer smo simulirali razmere pri sosežigu v industrijskih pečeh (toplarne, cementarne). Temperatura sežiga naj bi bila višja od 700°C, da preprečimo smrad, in nižja od 900°C, da preprečimo zlitje žlindre (Panjan, 2001). Nastali pepel je vseboval 45,6 % prvotne suhe snovi (anorganski del), kar pomeni, da je bila suha snov pregnitega blata sestavljena iz 54,4 % organske ter 45,6 % anorganske snovi. Dobljeni vrednosti sta pričakovani, saj v gniliščih med anaerobno razgradnjo pride do znižanja vsebnosti organske snovi v blatu kot posledica tvorbe bioplina. Nato smo določili še zgornjo kalorično vrednost ter na njeni osnovi izračunali kurilno vrednost pregnitega blata, ki znaša 12.300 kJ/kg suhe snovi (oz. 3,42 kWh/kg suhe snovi). Glede na dobljeno kurilno vrednost bi pregnito blato lahko opredelili kot dobro presnovljeno blato, za katerega se kurilne vrednosti nahajajo v razponu med 2,91 in 4,07 kWh/kg suhe snovi blata (Panjan, 2001).

Iz pepela, pridobljenega s sežigom pregnitega blata pri 800°C, smo nazadnje s Standardnim izluževalnim testom pepela (SIST EN 12457-4:2004) pripravili še izlužek pepela. Izlužek smo analizirali (Zavod za zdravstveno varstvo Kranj) na parametre iz točke 4.1 Priloge 2 Uredbe o

odlaganju odpadkov na odlagališčih (2006, 2007, 2008), na parametre H13 Priloge 4 Uredbe o ravnanju z odpadki (2008) ter dodatno še na pH in železo. Rezultati analiz so zbrani v Preglednici 18.

Preglednica 18: Rezultati kemijskih analiz izlužka pepela, pridobljenega iz vzorca pregnitega blata CČN Kranj, dne 29.1.2009

Table 18: Results of chemical analyses of ash leachate, acquired from digested sludge sample from WWTP Kranj, 29.1.2009

Parameter	Enota	Vrednost	M V odlaganje	MV H13
Barva	-	rumena	-	-
pH	-	10,8	-	<6 do 13>
Raztopljene snovi	mg/l	3.215	60.000	-
DOC	mg/l	16,87	800	-
Arzen	mg/kg s.s.	< 0,02	2	50
Barij	mg/kg s.s.	1,5	100	500
Kadmij	mg/kg s.s.	< 0,15	1	5
Celotni krom	mg/kg s.s.	83	10	500
Baker	mg/kg s.s.	< 0,3	50	100
Živo srebro	mg/kg s.s.	< 0,01	0,2	0,5
Molibden	mg/kg s.s.	12	10	-
Nikelj	mg/kg s.s.	< 0,5	10	500
Svinec	mg/kg s.s.	< 0,5	10	100
Antimon	mg/kg s.s.	< 0,006	0,7	50
Selen	mg/kg s.s.	0,38	0,5	-
Cink	mg/kg s.s.	< 0,3	50	1.000
Železo	mg/kg s.s.	< 0,5	-	-
Kloridi	mg/kg s.s.	695	15.000	-
Fluoridi	mg/kg s.s.	20	150	500
Sulfati	mg/kg s.s.	20.173	20.000	-

Legenda:

MV odlaganje: zahteve za nenevarne odpadke, ki se odlagajo na odlagališču za nenevarne odpadke: mejne vrednosti parametrov izlužka (L/S = 10 l/kg) po Uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališčih (2006, 2007, 2008)

MV H13: mejne vrednosti parametrov izlužka za lastnosti H13 (nevarne lastnosti odpadkov) po Uredbi o ravnanju z odpadki (2008)

#### Razlaga rezultatov, zbranih v Preglednici 18:

Analiza izlužka pepela, pridobljenega s sežigom pregnitega blata pri 800°C, je pokazala, da so vrednosti večine preiskovanih parametrov nižje od dovoljenih mejnih vrednosti za odlaganje nenevarnih odpadkov na odlagališčih za nenevarne odpadke. Problematici pa so parametri celotni krom, molibden in sulfati, kjer so mejne vrednosti presežene. Povišane vrednosti navedenih parametrov v pepelu ter posledično v njegovem izlužku imajo verjetno svoj izvor v industriji (galvanski postopki), ki odvaja svoje odpadne vode na CČN Kranj. Na osnovi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da pepela, pridobljenega s sežigom vzorca pregnitega blata, ne smemo odložiti na odlagališču za nenevarne odpadke.

Po definiciji iz Uredbe o ravnanju z odpadki (2008) bi bil pepel lahko nevaren odpadek, če bi vseboval katerokoli snov (npr. težke kovine in njihove spojine) iz Priloge 3 te uredbe ter imel najmanj eno od lastnosti (H1 do H14) iz Priloge 4 omenjene uredbe. Odpadek ima lastnost H13, če vrednosti parametrov njegovega izlužka presegajo mejne vrednosti parametrov izlužka, določene za lastnost H13 po Prilogi 4 dane uredbe. Ob primerjavi dobljenih vrednosti parametrov izlužka pepela z mejnimi vrednostmi za lastnosti H13 lahko ugotovimo, da nobena od mejnih vrednosti ni presežena, zato nastali pepel nima lastnosti H13. Pepel prav tako nima drugih lastnosti od H1 do H14, zato ga kljub nekoliko večji vsebnosti celotnega kroma, molibdena in sulfatov v njegovem izlužku ne uvrščamo med nevarne odpadke.

### ***5.9.2 Lastnosti in uporabnost preostankov po načinu obdelave alternative C***

#### **A) Pregnito blato**

Pregnito blato, pridobljeno tekom anaerobne razgradnje, je mogoče posušiti in uporabiti kot gorivo.

Umetno sušenje se izvaja v sušilni napravi tako, da vanjo dovajamo segret zrak oz. plin (nastali bioplin). Proces poteka približno pri 600°C, izhodna temperatura pa znaša 200°C. Bruto poraba energije je od 1.047 do 1.489 Wh na kg uparjene vode v blatu. Če preračunamo to energijo na kurilno olje, ugotovimo, da potrebujemo za 1 kg uparjene vode iz blata do

0,13 kg kurilnega olja. Iz tega sledi, da je ta metoda zelo draga, zato jo uporabljamo samo v izjemnih primerih (Panjan, 2001).

Če upoštevamo karakteristike vzorčnega pregnitega blata, lahko izračunamo, da za sušenje 1 t z vsebnostjo suhe snovi 2,2 % (978 kg vode in 22 kg suhe snovi) porabimo med 1.024 in 1.456 kWh energije. To pa je bistveno več, kot je na osnovi sežiga dobljene suhe snovi (22 kg) s kurilno vrednostjo, kot jo prikazuje Preglednica 17, lahko proizvedemo (75,17 kWh). Statistika se precej izboljša, če pregnito blato pred sušenjem dehidriramo, tako da vsebuje vsaj 30 % suhe snovi. V tem primeru za sušenje 1 t digesta (700 kg vode in 300 kg suhe snovi) porabimo med 733 in 1.042 kWh energije, pri sežigu dobljene suhe snovi pa proizvedemo 1.025 kWh energije. Na osnovi teh rezultatov lahko zaključimo, da je pri uporabi tovrstnega načina sušenja pregnitega blata nujna njegova predhodna dehidracija na preko 30 % suhe snovi, če naj bo energetska bilanca pozitivna; ob tem pa je seveda potrebno upoštevati tudi dodatno porabljeno energijo za dehidracijo.

## **B) Pepel**

Pepel, pridobljen s sežigom vzorca pregnitega blata pri 800°C, ni nevaren odpadek, hkrati pa ga tudi ne smemo odložiti na odlagališče za nenevarne odpadke.

Ob tem je potrebno povedati, da celotni krom v blatih KČN Gorenjske regije (Priloga F) v glavnem ne nastopa v koncentracijah, ki bi bile problematične za okolje. Tudi kompost, pridobljen pri vzorčnem poskusu kompostiranja iz vzorca pregnitega blata CČN Kranj, se na osnovi parametra celotni krom uvršča v drugi razred okoljske kakovosti (Preglednica 12). Glede na navedeno lahko sklepamo, da so ugotovljene višje vrednosti celotnega kroma (morda tudi molibdena in sulfatov) v izlužku pepela posledica nekih neobičajnih dogodkov v industriji, obstaja pa tudi možnost analizne napake. Če bi kot opcijo integriranega ravnanja izbrali alternativo C, bi s kombinacijo obdelave blat KČN ter biorazgradljivih odpadkov nazadnje mogoče lahko razpolagali s pepelom, primernim za odlaganje na odlagališču za nenevarne odpadke. Trditev se zdi verjetna, če bi osušeno pregnito blato sežigali samostojno. V primeru sosežiga pregnitega blata v industrijskih pečeh bi bilo treba upoštevati tudi kemijsko sestavo drugih goriv, zato pri nastalem pepelu v tem primeru ne moremo predvideti

vrednosti posameznih parametrov ter primernosti pepela za odlaganje na odlagališču nenevarnih odpadkov.

Vsekakor bi bila okolju bolj prijazna rešitev, če bi nastali pepel koristno uporabili, npr. v gradbeništvu, kot to predlaga Spinosa (2007). Pri nekaterih postopkih obdelave pepela v te namene (izdelava opek iz pepela) pride do trdne in trajne vezave težkih kovin v nastale produkte, zato ni več nevarnosti njihovega izpiranja v okolje. Tako bi lahko uporabili tudi pepel s povečanimi vsebnostmi težkih kovin, hkrati pa z njim ne bi obremenjevali odlagališč za nevarne odpadke. Ta način uporabe pepela je pri nas slabo poznan, zato bi bila pred njegovo vpeljavo v prakso potrebna izvedba podrobnejših raziskav.

## 5.10 Ekonomika predstavljenih alternativ ter rentabilnost naložb

V tem magistrskem delu smo skušali preveriti primernost treh alternativ sodobnega ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki za teritorialno območje Gorenjske. Obravnavane alternative so naslednje:

- **Alternativa A:** Kompostiranje odpadnih blat v kombinaciji z drugimi biorazgradljivimi odpadki ter uporaba komposta na zemljiščih (kmetijskih in/ali nekmetijskih).
- **Alternativa B:** Zbiranje svežih blat in drugih biorazgradljivih odpadkov, anaerobna razgradnja le-teh, proizvodnja bioplina in njegova uporaba (za pridobivanje toplote in električne energije); nazadnje kompostiranje preostanka in uporaba komposta.
- **Alternativa C:** Zbiranje svežih blat, anaerobna razgradnja le-teh, sušenje preostanka z nastalim plinom, sežig ali sosežig preostanka (toplarne, cementarne) ter nazadnje eden od načinov koristne uporabe pepela (Spinosa 2007) oz. deponiranje pepela.

Za odločitev o izbiri najbolj primerne alternative je poleg uporabnosti njihovih produktov zelo pomembna tudi njihova ekonomika, torej investicijski stroški, obratovalni stroški, prihodki ter s tem povezana rentabilnost posameznih naložb. V nadaljevanju podajamo zgolj okvirne informacije. Natančne informacije bi bilo mogoče zagotoviti le z izvedbo obsežnejše ekonomske analize obravnavanih alternativ.



Pri obravnavi ekonomike alternative A smo se oprli zlasti na podatke vira '300series' (2009). Gre za dokument Ministrstva za kmetijstvo, prehrano in ribolov Britanske Kolumbije (Kanada); to je Composting Factsheet (Order No. 382.500-14, September 1996), ki podaja stroškovno analizo različnih načinov kompostiranja ter navodila glede upoštevanja pomembnih faktorjev pri izbiri načina kompostiranja.

### ***5.10.1 Investicijski stroški posameznih alternativ***

Investicijski stroški so v primeru alternative A lahko zelo različni in odvisni od izbire načina kompostiranja. Z izbiro aktivnega prezračevanja kompostnih kupov so investicijski stroški 3,4-krat višji kot pri preprostih pasivnih gredah brez obračanja (300series, 2009). Če si zamislimo Center za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije z letno kapaciteto obdelave cca. 15.000 t/leto dehidriranih odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov, kolikor jih pričakujemo po letu 2017 (Poglavje 5.11.1), bi bili investicijski stroški takega centra okvirno med 230.000 EUR za pasivne grede in 800.000 EUR v primeru aktivno prezračevanih kompostnih kupov (preračunano po: 300series, 2009).

Investicija v alternativo B za center enakega velikostnega razreda je večja in znaša med 1.1 in 1.2 milijona EUR (Poglavje 5.13.4). Tudi pri alternativni C imamo gnilišča oz. presnovališča in podobno opremo kot pri alternativni B (razen bioplinskih motorjev, vendar pa tu namesto tega potrebujemo naprave za sušenje preostanka), zato je investicija v alternativo C primerljiva z investicijo v alternativo B.

Tako v primeru investicijskih stroškov za obravnavane alternative lahko zapišemo:

$$A < C \approx B.$$

### ***5.10.2 Obratovalni stroški posameznih alternativ***

Tudi letni obratovalni stroški so v primeru alternative A različni glede na izbrani način ter so pri aktivnem prezračevanju 1,8-krat višji kot pri pasivnih gredah (300series, 2009). Po preračunu na vhodne količine substrata 15.000 t/leto bi bili po načinu aktivnega prezračevanja

letni obratovalni stroški centra celo višji kot v primeru alternative B (Poglavje 5.13.4). Obratovalni stroški centra po alternativni B oz. C so zaradi podobne opreme po naših predvidevanjih podobni ter velikostnega reda okrog 70.000 EUR/leto. Ob tem predpostavljamo, da za sušenje preostanka po alternativni C zadošča količina lastno proizvedenega bioplina ter ni potreben vložek energije iz drugih virov.

Za letne obratovalne stroške tako lahko zapišemo:

$$A > B \approx C,$$

pri čemer je za alternativo A upoštevan način kompostiranja z aktivnim prezračevanjem.

### ***5.10.3 Prihodki posameznih alternativ***

Letni prihodki alternative A so glede na izbrani način lahko različni ter so pri aktivnem prezračevanju 1,7-krat višji kot pri pasivnih gredah (300series, 2009); podatek velja za Kanado. Prihodki kompostiranja so zelo odvisni od prodajne cene komposta. V Sloveniji cena 50 l vreče komposta trenutno znaša okrog 8 EUR, prodaja pa se zlasti kompost iz tujine, predvsem iz Nemčije. Trg z domačim kompostom, pridobljenim iz odpadnih blat KČN ter biorazgradljivih odpadkov, je še precej nerazvit, vendar je kljub temu pričakovati, da bi bila prodajna cena domačega komposta odvisna od njegove kvalitete, le-ta pa od kvalitete vhodnih substratov.

Letni prihodki alternative B izvirajo od prodaje električne in toplotne energije. Ob tem predpostavljamo, da center oddaja pregneto blato kompostarnam, kar pomeni, da z njim nima večjih stroškov oz. večjih prihodkov. Prihodki so torej zelo odvisni od cen električne in toplotne energije. Pri tem velja poudariti, da za t.i. 'zeleno' elektriko veljajo boljše odkupne cene kot za elektriko, prizvedeno na konvencionalen način. Ob upoštevanju tega dejstva ter povprečnih odkupnih cen toplotne energije bi lahko center na letnem nivoju imel prihodke velikostnega reda preko 180.000 EUR (Poglavji 5.13.1 in 5.13.2).

Letni prihodki alternative C so predvidoma precej manjši od prihodkov alternative B, saj ni kogeneracije ter prodaje električne in toplotne energije. Bioplin se uporablja za sušenje preostanka, ki bi ga center lahko prodajal kot gorivo. Tržna cena osušenega preostanka je tu

še neznanka; osnovana bi bila glede na njegovo kurilno vrednost (Preglednica 17) ter ponudbo in povpraševanje po takih gorivih na trgu. Vseeno lahko predvidevamo, da so prihodki alternative C relativno nizki in ne dosežajo tistih pri alternativni B.

Za letne prihodke vseh treh alternativ tako verjetno drži naslednja relacija:

$$C \approx A < B.$$

#### **5.10.4 Rentabilnost posameznih alternativ**

Po primerjavi predvidenih investicijskih stroškov, letnih obratovalnih stroškov ter letnih prihodkov za vse tri alternative lahko sklepamo na vračilno dobo posamezne investicije.

Za primer alternative A je vračilna doba zelo različna ter odvisna od izbire načina kompostiranja ter cene komposta. Pri pasivnih gredah brez obračanja znaša okvirno 7,6 let, pri gredah z obračanjem 10,2 let ter pri aktivnem prezračevanju kompostnih kupov preko 20 let (preračunano po: 300series, 2009), podatki veljajo za Kanado.

V primeru izbora alternative B znaša vračilna doba okrog 12 let (Poglavje 5.13.6), v primeru alternative C pa jo zaradi visokih investicijskih stroškov ter relativno nizkih prihodkov ocenjujemo na preko 20 let.

Za vračilno dobo investicije verjetno drži relacija:

$$A_{\text{pasivne grede}} < B < A_{\text{aktivno prezračevanje}} \approx C.$$

Največjo rentabilnost bi tako imela investicija v najbolj preproste oblike kompostiranja (varianta alternative A), nato sledi rentabilnost investicije v anaerobno razgradnjo z energetsko izrabo bioplina (alternativa B), nazadnje pa rentabilnost investicij v zapletene oblike kompostiranja (varianta alternative A) oz. v anaerobno razgradnjo s sušenjem preostanka (alternativa C).

## **5.11 Predlog integrirane rešitve problema odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji**

Na osnovi zbiranja številnih informacij, izvedenih pilotnih poskusov ter upoštevanja določenih značilnosti Gorenjske regije, kot so relativna gospodarska razvitost, zadovoljive prometne povezave, nekaj večjih centrov urbanizacije in zlasti nastajajočih večjih letnih količin odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov, predlagamo optimalni način integrirane obdelave tovrstnih odpadkov. To je integrirana obdelava odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov z anaerobno razgradnjo. S tem načinom želimo izrabiti zlasti energetski potencial obravnavanih odpadkov, in sicer s pridobivanjem bioplina in njegovo nadaljnjo energetsko izrabo, nato pa koristno in okolju prijazno uporabiti tudi pregnito blato, ki nastaja kot stranski produkt postopka.

### ***5.11.1 Sedanje količine in prognoza nastajanja odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji***

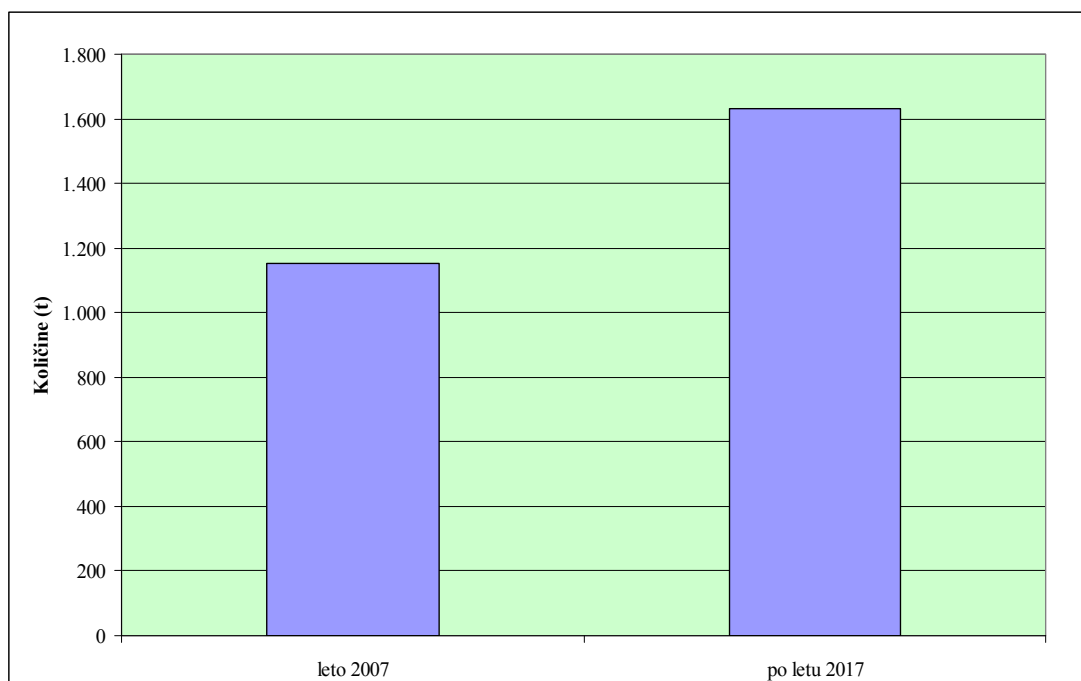
Oprelitev kapacitet anaerobne obdelave je možna le s poznavanjem trenutnih letnih količin tovrstnih odpadkov ter s prognozo njihovega nastajanja v prihodnosti. S tem namenom smo poskušali oceniti letne količine odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov, ki bodo na območju Gorenjske nastajale čez deset let; pri tem smo upoštevali 31. december 2017 kot skrajni rok izgradnje kanalizacije ter ustreznih čistilnih naprav, vključno z malimi ČN in nepretočnimi greznicami na območjih, kjer javna kanalizacija ne bo zgrajena (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, 2007 in Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav, 2007).

#### **A) Sedanje količine in prognoza nastajanja odpadnih blat KČN v Gorenjski regiji**

V letu 2007 je po naših podatkih, pridobljenih februarja 2008 z anketo upravljavcev KČN, v Gorenjski regiji nastalo 4.018 t odpadnih blat z različno vsebnostjo suhe snovi oz., če pretvorimo ta podatek v suho snov, 1.048,78 t (Priloga D). Pri tem odpade na surova blata 27,41 % (287,43 t suhe snovi), na pregnita blata pa 72,59 % (761,35 t suhe snovi). Če bi hoteli odpadno blato najprej obdelati z anaerobno razgradnjo, bi potrebovali količine

nepregnitih (surovih) blat oz. vsebnost suhe snovi v nepregnitih blatih. Zato smo količino suhe snovi v preginitih blatih (761,35 t) aproksimirali na količino suhe snovi, če bi bila ta blata nepregnita (865,56 t), pri čemer smo se oprli na podatke o organski snovi (parameter žaroizguba) v blatih KČN Gorenjske regije, zbrane v Prilogi F. Iz teh podatkov je razvidno, da suha snov v surovih blatih vsebuje povprečno 71,3 % organske snovi, zmanjšanje organske snovi v gnilišču pa je v povprečju 19,2 %, tako da pregnita blata vsebujejo povprečno 57,6 % organske snovi. Če upoštevamo vso nepregnito suho snov odpadnih blat, nastalih v letu 2007, bi je bilo skupno 1152,99 t (287,43 t v surovih blatih, ki ne gredo v gnilišča ter 865,56 t v surovih blatih, ki gredo v gnilišča; Grafikon 7).

Zbrani podatki se nanašajo na leto 2007 oz. na 268.270 priključenih PE (velikost KČN) Gorenjske regije v tem letu. Po naših podatkih (Priloga B) se bo do konca leta 2017 število priključenih PE oz. velikost KČN Gorenjske regije povečala na predvidoma 380.000 PE. Temu primerno naj bi bilo tudi povečanje skupnih količin nastalih blat KČN oz. posledično skupnih količin suhe snovi v nepregnitih blatih (po naši oceni 1.633,19 t), kar prikazuje Grafikon 7. Če to suho snov pretvorimo v blato s povprečno vsebnostjo 25 % suhe snovi, letno razpolagamo s 6.532,76 t dehidriranega nepregnitega blata. Bolj reprezentativni so podatki o količinah, ki vstopajo v gnilišče: če je tu vsebnost suhe snovi v blatu povprečno 3,5 %, kar velja tudi v primeru največje KČN Gorenjske regije za leto 2008 (Margetič, 2009), bi bilo takega blata že 46.662,57 t letno.



Grafikon 7: Količine suhe snovi v surovih odpadnih blatih KČN Gorenjske regije v letu 2007 (1.152,99 t) ter po letu 2017 (1.633,19 t), ki bi jih lahko integrirano obdelali skupaj z biorazgradljivimi odpadki

Graph 7: Dry matter quantities in waste raw WWTP sludges of Gorenjska region in the year 2007 (1.152,99 t) and after the year 2017 (1.633,19 t), suitable for integrated treatment with biodegradable wastes

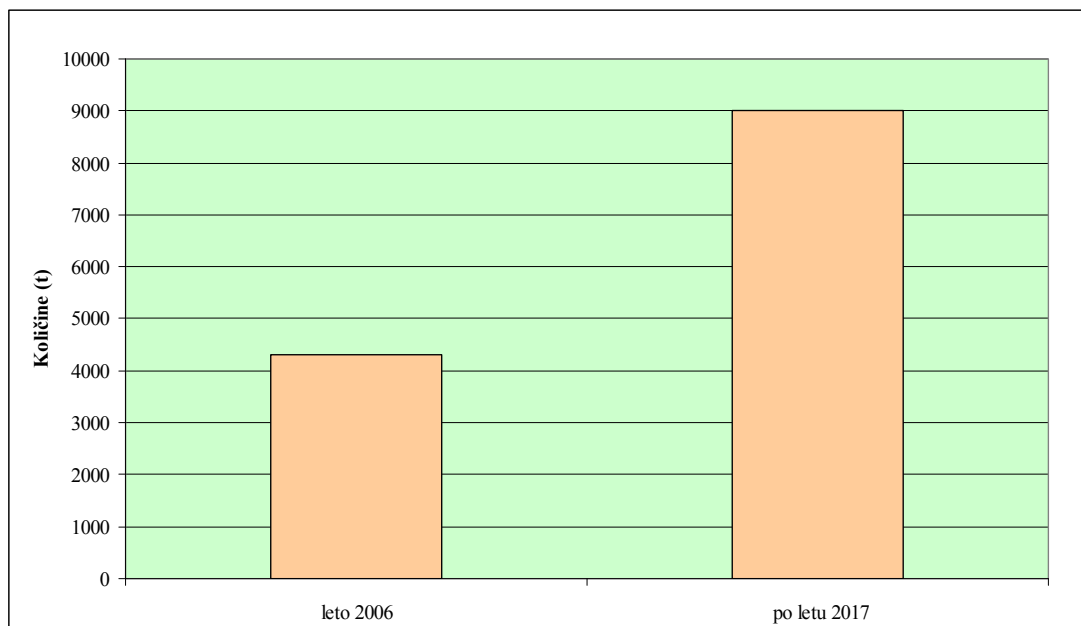
### **B) Sedanje količine in prognoza nastajanja biorazgradljivih odpadkov v Gorenjski regiji**

Leta 2006 je po podatkih Kemijskega inštituta Ljubljana na območju Gorenjske pri pravnih osebah nastalo 17.287 t biorazgradljivih odpadkov, od katerih jih je šlo 12.977 t v interno predelavo (Priloga E). Ker gre pri interni predelavi zlasti za odpadna rastlinska tkiva ter za živalske iztrebke, urin in gnoj, lahko interno predelavo obravnavamo kot primeren način ravnanja s tovrstnimi odpadki, saj vrača snovi v naravni cikel kroženja. Tako nam letno ostane še 4.310 t biorazgradljivih odpadkov pravnih oseb, za katere trenutno še nimamo ustreznega ravnanja. Glede na to, da v statistiki niso zajete vse pravne osebe ter, da se količine odpadkov iz leta v leto povečujejo, bi čez deset let lahko pričakovali vsaj 5.500 t tovrstnih odpadkov (Grafikon 8).

Drug vir nastajanja biorazgradljivih odpadkov so gospodinjstva, kjer je njihovo ločeno zbiranje še v začetni fazi (Poglavje 5.4.3). Za gospodinjstva na podeželju je verjetno najbolj smiseln način ravnanja s tovrstnimi odpadki kar individualno kompostiranje (naravno kroženje snovi, obdelava odpadkov in poraba komposta na mestu nastanka odpadkov), medtem ko bi bilo biorazgradljive odpadke v mestnih okoljih potrebno ločeno zajeti in ustrezno obdelati. Biorazgradljivi odpadki iz gospodinjstev v mestih sedaj v pretežni meri končajo na deponijah v obliki mešanih komunalnih odpadkov. Po nekaterih ocenah se v mešanih komunalnih odpadkih nahaja od 30 % do 40 % biorazgradljivih odpadkov. Odlaganje tovrstnih odpadkov na deponije seveda ni ustrezno ravnanje, saj zasedajo veliko deponijskega prostora, poleg tega pa obremenjujejo okolje z emisijami toplogrednih plinov. Po 15. juliju 2009 bo tako tudi za te odpadke potrebno najti boljše rešitev.

Na osnovi študije podjetja Komunala Radovljica, d.o.o., smo poskušali oceniti letne količine biorazgradljivih odpadkov, ki bi jih na območju Gorenjske regije lahko zbrali z ločenim zbiranjem v mestnih okoljih. Pri tem smo predpostavili, da je delež mestnega prebivalstva v Gorenjski regiji podoben kot v občini Radovljica. Na osnovi omenjene študije ter ustnih informacij vodje sektorja 'Ravnanje z odpadki' v podjetju Komunala Radovljica lahko zaključimo, da v radovljiški občini z 18.389 (BSC, 2009) prebivalci nastane letno približno 300 t biorazgradljivih odpadkov, ki bi jih bilo smiselno zajeti (mestno okolje). Iz tega sledi, da bi na območju Gorenjske regije z 200.585 (BSC, 2009) prebivalci lahko letno zbrali 3.272 t tovrstnih odpadkov. Seveda je za vpeljavo ločenega zbiranja tovrstnih odpadkov v prakso potreben določen čas, poleg tega pa bi zaradi človeškega faktorja težko dobili povsem čisto frakcijo, kar lahko pomeni potrebo po separaciji pred nadaljnjo obdelavo (dodatni stroški). Predvidevamo, da bi se količine teh odpadkov v prihodnosti lahko povečevale zlasti s povečevanjem skupnega števila mestnega prebivalstva. Le-to ob opaženih demografskih trendih verjetno ne bo izrazito, zato bi čez deset let za območje Gorenjske letno lahko pričakovali okrog 3.500 t ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov iz gospodinjstev (Grafikon 8).

Po letu 2017 na območju Gorenjske regije tako lahko skupno (pravne osebe in gospodinjstva) pričakujemo približno 9.000 t biorazgradljivih odpadkov letno, primernih za integrirano obdelavo skupaj z odpadnimi blati (Grafikon 8).



Grafikon 8: Količine biorazgradljivih odpadkov Gorenjske regije v letu 2006 (4.310 t) ter po letu 2017 (9.000 t), primernih za integrirano obdelavo skupaj z odpadnimi blati

Graph 8: Quantities of biodegradable wastes from Gorenjska region in the year 2006 (4.310 t) and after the year 2017 (9.000 t), suitable for integrated treatment with waste sludges

### ***5.11.2 Model energetske izrabe bioplina in njegova transformacija v sedanje in prihodnje stanje***

Z modelom energetske izrabe bioplina želimo prikazati, koliko uporabne energije bi lahko pridobili z integrirano obdelavo odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov na način anaerobne razgradnje. Gre za postopek, kjer bioplin vodimo do bioplinskih motorjev z generatorji in tu bioplin zgoreva, pri čemer sočasno nastajata električna in toplotna energija (soproizvodnja električne in toplotne energije, SPTE oz. t.i. kogeneracija). Razmerje med električno in toplotno energijo je odvisno od vrste bioplinskega motorja. Povprečno se proizvede 35,7 % električne energije ter 52,0 % toplotne energije, ostalo pa predstavljajo izgube med motorjem in generatorjem (4,8 %) ter na generatorju (7,5 %) (Kapus, 2005).





Bioplinski motor z generatorjem tipa Jenbacher J208 GS (Kapus, 2005)

Biogas engine with generator type Jenbacher J208 GS (Kapus, 2005)

Ta model poleg energetske izrabe bioplina predlaga tudi način ustreznega ravnanja s preginitim blatom, ki bi kot stranski produkt anaerobne razgradnje nastajal v gniliščih.

### A) Bioplin

Da bi lahko izračunali količine pridobljene energije v letnem ali dnevnem obsegu, moramo najprej poznati volumen bioplina, ki bi nastal z integrirano obdelavo odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov. Ker uporabnih podatkov za tovrstno obdelavo nismo zasledili, smo volumen bioplina izračunali ločeno za odpadna blata in biorazgradljive odpadke. Pri tem smo se oprli na podatke, dobljene v poskusu BMP (Poglavje 5.8) ter podatke iz literature.

Podatki za izračun so naslednji:

1. Bioplinski potencial nepregnitih odpadnih blat KČN: 467,4 m<sup>3</sup> bioplina/t organske snovi. Dejansko gre za izračun bioplinskega potenciala nepregnitega blata CČN Radovljica v poskusu BMP (Preglednica 16), podatek pa smo zaradi možnosti izračuna posplošili na vsa nepregnita blata KČN Gorenjske regije.

2. Kurilna vrednost bioplina, pridobljenega z anaerobno razgradnjo nepregnitih blat KČN: 24,39 MJ/m<sup>3</sup> oz. 6,7751 kWh/m<sup>3</sup>. Tudi v tem primeru se podatek nanaša na poskus BMP ter je posplošen na vsa nepregnita blata KČN Gorenjske regije.
3. Bioplinski potencial biorazgradljivih odpadkov: 46 m<sup>3</sup> bioplina/t svežega substrata. Gre za podatek iz literature (Bioenergy opportunities in NZ, 2009), ki se nanaša na odpadke iz predelave hrane (vrednost je zaradi različne sestave teh odpadkov zgolj okvirna). Tovrstnih biorazgradljivih odpadkov je v našem primeru (Priloga E) največ, ko izločimo odpadke za interno predelavo.
4. Kurilna vrednost bioplina, pridobljenega z anaerobno razgradnjo biorazgradljivih odpadkov: 23 MJ/m<sup>3</sup> oz. 6,3889 kWh/m<sup>3</sup>. Tudi tu je podatek pridobljen iz literature (Bioenergy opportunities in NZ, 2009) ter se nanaša na odpadke iz predelave hrane.

**Sedanji energetski potencial bioplina, ki bi ga lahko pridobili iz odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov:**

Gre za stanje na osnovi podatkov, pridobljenih za leto 2007 (odpadna blata KČN) ter 2006 (biorazgradljivi odpadki). V letu 2007 je na Gorenjskem v nepregnitih odpadnih blatih KČN nastalo 1152,99 t suhe snovi, od tega 71,3 % organske snovi (Poglavje 5.11.1), kar zneso 822,08 t. Ob upoštevanju bioplinskega potenciala nepregnitih odpadnih blat (467,4 m<sup>3</sup> bioplina/t organske snovi) bi lahko iz v letu 2007 nastalega surovega blata KČN Gorenjske regije proizvedli 384.241 m<sup>3</sup> bioplina s kurilno vrednostjo 6,7751 kWh/m<sup>3</sup>. To pomeni, da bi v plinskih motorjih lahko na letnem nivoju teoretično (brez upoštevanja izgub) proizvedli 2.603.272 kWh energije (2,6 GWh).

Za odpadke je izračun identičen. Iz 4.310 t biorazgradljivih odpadkov (Poglavje 5.11.1), za katere v letu 2006 nismo imeli ustreznega ravnanja, bi lahko proizvedli (bioplinski potencial biorazgradljivih odpadkov je 46 m<sup>3</sup> bioplina/t svežega substrata) 198.260 m<sup>3</sup> bioplina s kurilno vrednostjo 6,3889 kWh/m<sup>3</sup>. V plinskih motorjih bi s tem bioplinom na letnem nivoju teoretično proizvedli 1.266.661 kWh energije (1,27 GWh).

Na letnem nivoju bi iz obeh virov teoretično lahko proizvedli 3.869.933 kWh energije (3,87 GWh), kar pomeni 10.602,56 kWh/dan oz. 10,6 MWh/dan. Ob upoštevanju povprečnih

izkoristkov plinskih motorjev (35,7 % električna energija, 52,0 % toplotna energija, 12,3 % izgube) bi bila energetska bilanca naslednja:

- električna energija: 3.785,12 kWh/dan oz. **3,8 MWh/dan**,
- toplotna energija: 5.513,33 kWh/dan oz. **5,5 MWh/dan**,
- izgube: 1.304,11 kWh/dan oz. 1,3 MWh/dan.

### **Energetski potencial bioplina po letu 2017, ki bi ga lahko pridobili iz odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov:**

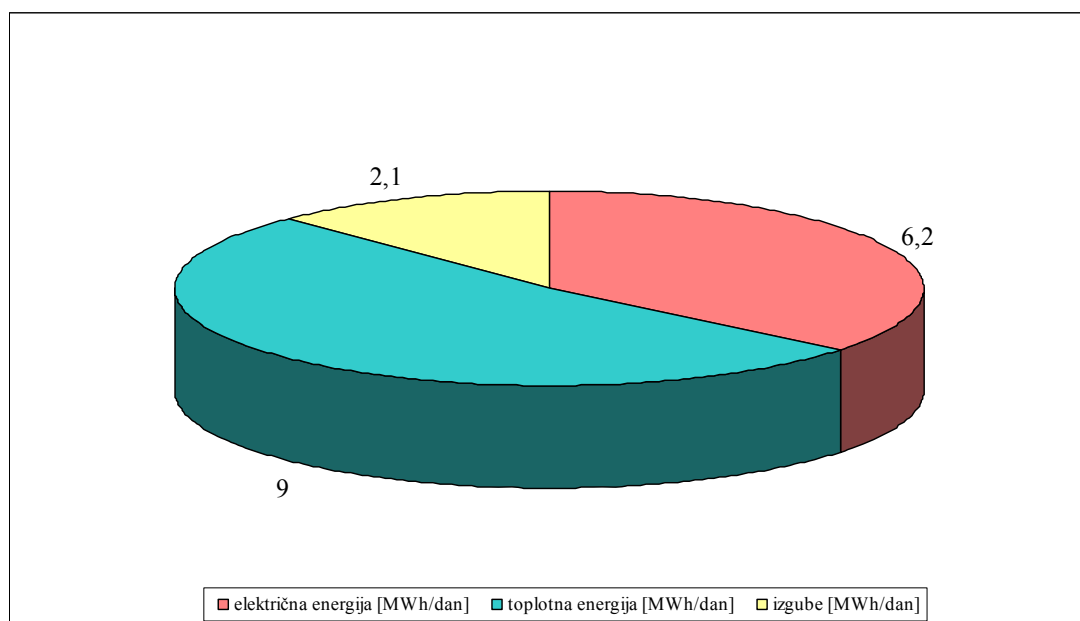
Na enak način, le ob upoštevanju večjih količin odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov, lahko izračunamo možno proizvedeno energijo čez 10 let. Vhodne količine tovrstnih odpadkov v prihodnosti ter na njihovi osnovi možna proizvedena energija so tiste vrednosti, ki nam omogočajo predvideti velikostni razred objekta za integrirano obdelavo tovrstnih odpadkov.

Če upoštevamo letni nastanek 1.633,19 t suhe snovi (Poglavje 5.11.1) v odpadnih blatih KČN Gorenjske regije čez 10 let (od tega 71,3 % organske snovi, to je 1.164,46 t), bi lahko letno na tej osnovi teoretično (brez upoštevanja izgub) proizvedli 544.271 m<sup>3</sup> bioplina oz. 3.687.488 kWh energije (3,69 GWh) v obliki kurilne vrednosti bioplina.

V primeru biorazgradljivih odpadkov predvidevamo, da bodo skupne letne količine zbranih tovrstnih odpadkov okrog 9.000 t (biorazgradljivi odpadki pravnih oseb: 5.500 t, ločeno zbrani biorazgradljivi odpadki iz gospodinjstev: 3.500 t) (Poglavje 5.11.1). S temi odpadki bi lahko teoretično proizvedli okrog 414.000 m<sup>3</sup> bioplina oz. 2.645.000 kWh energije letno.

Na letnem nivoju bi bilo iz obeh virov skupaj teoretično mogoče proizvesti 6.332.488 kWh energije, kar pomeni 17.349,28 kWh/dan oz. 17,3 MWh/dan. Ob upoštevanju povprečnih izkoristkov plinskih motorjev (35,7 % električna energija, 52,0 % toplotna energija, 12,3 % izgube) bi bila energetska bilanca naslednja (Grafikon 9):

- električna energija: 6.193,69 kWh/dan oz. **6,2 MWh/dan**,
- toplotna energija: 9.021,63 kWh/dan oz. **9,0 MWh/dan**,
- izgube: 2.133,96 kWh/dan oz. 2,1 MWh/dan.



Grafikon 9: Predvidena dnevna energetska bilanca Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije po letu 2017

Graph 9: Expected daily energy balance of the Centre for integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes of Gorenjska region after the year 2017

Proizvedeno električno in toplotno energijo bi Center za integrirano obdelavo odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov oddajal in prodajal ustreznim ponudnikom. V primeru električne energije bi to lahko bilo podjetje za distribucijo električne energije, v primeru toplotne energije pa večji porabniki toplote, ki bi bili primerno blizu centra (zaradi manjših izgub), npr. večji gospodarski proizvodni subjekti.

## B) Pregnito blato

Model poleg energetske izrabe bioplina vključuje tudi ustrezno ravnanje s preginitim blatom, ki bi nastajal v gniliščih kot stranski produkt anaerobne razgradnje.

Možnosti ravnanja s preginitim blatom so različne (Poglavje 5.8.2) in so odvisne od vsebnosti težkih kovin in drugih parametrov okoljske kakovosti. Ugotovljene koncentracije morajo biti v skladu s predpisanimi za posamezen način ravnanja, kot to določaja zakonodaja: Uredba o

obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008), Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (2008), Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (2008) ter Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (2005).

Glede na rezultate analiz odpadnih blat KČN Gorenjske regije (Priloga F), izvedenega vzorčnega poskusa kompostiranja blat KČN (Preglednica 12) ter ugotovitve, da je vsebnost težkih kovin lahko problematična v blatih KČN, ne pa tudi v biorazgradljivih odpadkih (efekt redčenja ob mešanju odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov), menimo, da bi bilo pregnito blato večinoma primerno za kompostiranje ter nadaljnjo uporabo komposta v skladu z ugotovljenim kakovostnim razredom komposta (Preglednica 1). Zanimiva se zdi tudi opcija priprave umetnih zemljin. V primeru občasnih presežkov mejnih vrednosti obstaja možnost zadostne osušitve pregnitega blata ter njegov sosežig v industrijskih pečeh (toplarne, cementarne,...).

Na osnovi navedenega kot primeren in hkrati okolju prijazen način ravnanja s preginitim blatom predlagamo njegovo kompostiranje s primernim strukturnim materialom (Poglavje 3.1.2) ter nato oddajo ali prodajo komposta v skladu s kakovostnim razredom komposta.

## **5.12 Število in velikost centrov obdelave**

Najbolj smotrno bi bilo zgraditi en center za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije, saj je gradnja enega objekta z večjimi kapacitetami vedno cenejša od gradnje več manjših tovrstnih objektov. Manjši objekti namreč ravno tako potrebujejo vso potrebno opremo, le manjših kapacitet in dimenzij, poleg tega pa z izgradnjo enega objekta optimiramo še stroške na račun zaposlenih delavcev.

Kljub temu, da bi zgradili en sam center obdelave za celotno Gorenjsko regijo, bi bil ta center glede na prognozo vhodnih količin odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov (Poglavji 5.11.1 in 5.12.1) ter prognozo proizvedene energije (Poglavji 5.11.2 in 5.12.3) v evropskem merilu še vedno majhen center.

### **5.12.1 Vhodne količine**

Objekt naj bi bil takih dimenzij, da bi lahko letno sprejel vse nastale količine nepregnitih odpadnih blat KČN Gorenjske regije ter vse primerne in razpoložljive biorazgradljive odpadke Gorenjske regije (Poglavje 5.11.1). To pomeni 6.533 t dehidriranega nepregnitega blata s povprečno vsebnostjo suhe snovi 25 % ter 9.000 t biorazgradljivih odpadkov, katerih vsebnost suhe snovi je zelo različna, povprečno pa znaša okrog 15 % (za odpadke iz predelave hrane) (Bioenergy opportunities in NZ, 2009). Če te količine preračunamo na 3,5 % vsebnosti suhe snovi substrata, ki se vodi v gnilišče (Margetič, 2009), dobimo 46.663 t tekočih blat ter 38.571 t tekočih biorazgradljivih odpadkov, skupno torej 85.234 t za predelavo primerne substrata v enem letu.

### **5.12.2 Izbira postopka in velikost reaktorjev**

Anaerobna obdelava odpadnih blat KČN in biorazgradljivih odpadkov bi lahko potekala v mezofilnem ali termofilnem temperaturnem območju. V kolikor bi za anaerobno obdelavo izbrali termofilni postopek, potrebujemo manjše prostornine gnilišč kot pri mezofilnem postopku. Termofilni postopek je precej hitrejši (v skladu z Arrheniusovim pravilom) od mezofilnega, je pa njegova slabost ta, da je dražji, saj potrebujemo veliko toplote za gretje gnilišč. Odpadno toploto plinskih motorjev bi sicer lahko vodili nazaj v postopek ter jo uporabili za gretje gnilišč (zato je ne bi mogli prodajati), vendar njena količina ne bi zadoščala (Grile, Zupančič, Roš, 2006). V tem primeru bi morali za gretje uporabiti še bioplin, to pa pomeni zmanjšanje njegove količine kot pogonskega sredstva za plinske motorje.

Če je na razpolago dovolj prostora, se glede na navedeno zdi bolj smiselna izbira mezofilnega postopka z večjimi prostorninami gnilišč. Ker proces pri 35°C traja od 20 do 30 dni (Grile, Zupančič, Roš, 2006), bi lahko tak reaktor teoretično izpraznili in ponovno napolnili približno 1-krat mesečno (od 12 do 15 polnitev letno). Če naše letne vhodne količine razporedimo v en reaktor (13 polnitev), bi ta reaktor moral imeti okvirno 6.560 m<sup>3</sup> delovne prostornine. Ob tem predpostavljamo, da ima 1 t substrata, ki vsebuje 3,5 % suhe snovi, prostornino približno 1 m<sup>3</sup>. Zaradi lažjega vodenja procesa anaerobne razgradnje in manjšega tveganja izpada

delovanja in motenj v delovanju ob okvarah imamo ponavadi več gnilišč. V primeru, da bi imeli 4 reaktorje (primarna gnilišča), bi ti morali imeti vsaj 1.640 m<sup>3</sup> delovne prostornine (13 polnitev), da bi lahko obdelali vse letne vhodne količine substrata.

Glede na možnost dovoza biorazgradljivih odpadkov iz drugih regij ter hkratno obdelavo namensko gojenih energetskih rastlin je sistem smiselno zasnovati tako, da obstaja možnost povečanja njegovih kapacitet.

### ***5.12.3 Bioplinski motorji***

Zelo pomembna je tudi izbira bioplinskih motorjev. Tak motor mora biti primerno velik z ozirom na razpoložljivo količino bioplina. Prevelik motor je zelo neekonomičen, saj gre za drago investicijo in vzdrževanje, poleg tega pa ne izkorišča svoje moči. Za motor je najbolj primerno, da deluje neprestano, saj vsako ustavljanje povzroča obrabo notranjih delov. Ta obraba nastane zaradi agresivnosti bioplina (H<sub>2</sub>S), zato motorje projektiramo na najvišji možni čas delovanja. Motorje nato lahko reguliramo tako, da ne izkoriščajo 100 % svojih zmogljivosti, ampak delujejo s tako močjo, da z dnevno količino plina delujejo 24 h/dan (Kapus, 2005).

Na osnovi podatkov o razpoložljivih količinah bioplina (Poglavje 5.11.2), ki bi nastajal v Centru za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije, ter dnevne proizvedene količine električne energije, menimo, da bi bilo najbolje imeti bioplinske motorje s skupno električno močjo 260 kW, ki bi v 24-ih urah proizvedli skupno 6,2 MWh električne energije.

Nazivna moč kogeneracije bi bila tako sledeča:

- **260 kW elektrike,**
- **375 kW toplote.**

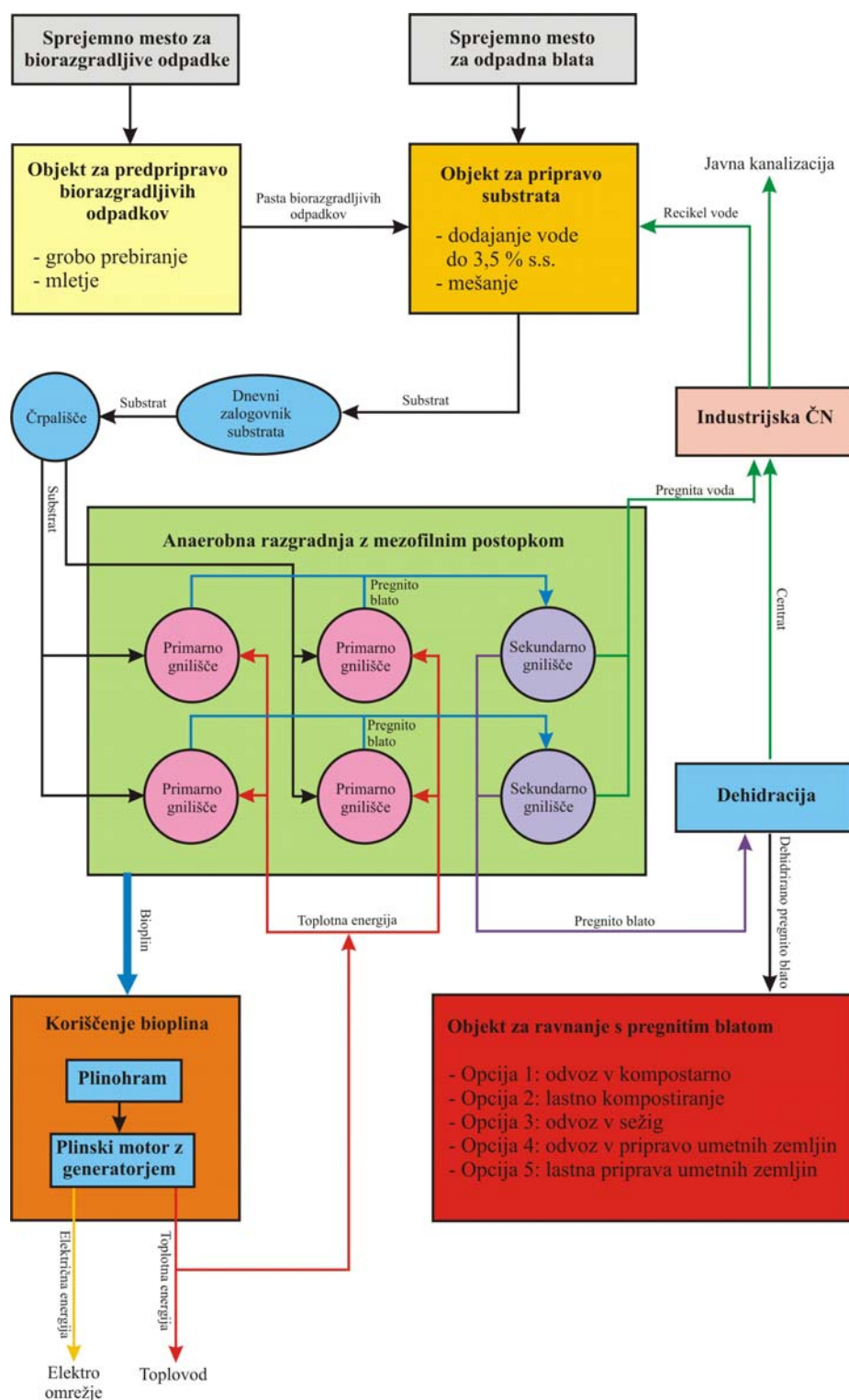
#### **5.12.4 Primerne lokacije in spremljajoča logistika**

Izbira najprimernejše lokacije Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije je pogojena z več dejavniki. To so:

1. Bližina največjega vira nastanka odpadnih blat KČN Gorenjske regije, to je CČN Kranj. Na ta način bi minimizirali transportne stroške za prevoz odpadnih blat do centra.
2. Bližina večjih porabnikov toplote, to so ponavadi večji gospodarski proizvodni subjekti. S tem bi minimizirali toplotne izgube, ki nastajajo ob distribuciji toplotne energije porabnikom.
3. Možnost oddaje proizvedene električne energije v elektrodistribucijsko omrežje. Gre za primerno močno transformatorsko postajo v bližnji okolici centra.
4. Primernost drugih dejavnikov okolja. To pomeni, da ne gre za zaščiteno ali občutljivo območje, stanovanjsko sosesko ipd.. Hkrati je pomembna tudi lahka dostopnost in dobro urejena infrastruktura zaradi večjega števila tovornih vozil, ki bodo dnevno prihajala ter zapuščala obravnavani center.
5. Dovolj uporabnih površin. Za izgradnjo centra bi potrebovali okrog 3 ha uporabnih površin. Če bi v okviru centra zgradili še kompostarno, bi se potreba po uporabnih površinah povečala na 6 ha. Poleg navedenega je zaželeno, da ima center tudi možnost razširitve v prihodnosti, kar pomeni dodatne razpoložljive uporabne površine v bližnji okolici.

Na osnovi navedenega bi Center za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije lahko postavili na določenih lokacijah v Kranju ali njegovi bližnji okolici. Kranj je največje gorenjsko urbano in industrijsko središče, zato bi tu lahko našli primerno lokacijo, ki bi zadoščala vsem navedenim kriterijem. Možnost je več, predlagamo pa zlasti dve: poleg CČN Kranj ter na območju nekdanjega Exoterma na meji z občino Naklo.





Slika 20: Shema Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije

Figure 20: Scheme of the Centre for integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes of Gorenjska region

## **5.13 Rentabilnost naložbe**

Center za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije je zasnovan tako, da bi kot glavni produkt njegovega delovanja nastajal bioplin, kot stranski pa pregnilo blato. Bioplin bi poganjal bioplinске motorje za proizvodnjo uporabne električne in toplotne energije. V gniliščih bi nastajalo pregnilo blato, ki bi ga bilo mogoče kompostirati ter dobiti uporaben kompost.

### ***5.13.1 Prihodki od prodaje električne energije***

Glavni končni produkt centra je električna energija, katero bi center kot kvalificirani proizvajalec električne energije prodajal elektrodistribucijskemu podjetju. Enotne letne cene za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev določa država s sklepom vlade. Trenutno veljavni Sklep o cenah in premijah za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije (2008) za kvalificirano elektrarno na bioplin (iz KČN), velikostnega razreda do vključno 1 MW inštalirane električne moči, določa enotno letno ceno 56,77 EUR/MWh. Če upoštevamo predvideno dnevno proizvodnjo električne energije 6.193,69 kWh/dan, to predstavlja prihodek centra v višini 351,62 EUR/dan oz. **128.340 EUR/leto** (Grafikon 10).

### ***5.13.2 Prihodki od prodaje toplotne energije***

V Centru se dnevno proizvede 9,0 MWh toplotne energije. Nekaj energije bi uporabili za gretje gnilišč ter za izravnavo toplotnih izgub, ki nastajajo zaradi žarčenja. Ob predpostavki, da je temperaturna razlika med vhodnim substratom ter substratom v gnilišču povprečno 20°C, lahko izračunamo (Panjan, 2001), da porabimo 6,315,03 kWh/dan toplotne energije za ogrevanje gnilišč skupne prostornine 6.560 m<sup>3</sup> (npr. 4 primarna gnilišča po 1.640 m<sup>3</sup>). Tako nam ostane še 2.706,60 kWh/dan toplote za prodajo.

V literaturi zasledimo različne podatke o ceni toplotne energije. Če vzamemo srednjo vrednost, znaša cena toplotne energije (Bioplin – Tusar, 2009) 55 EUR/MWh. Prodaja

toplotne energije tako predstavlja prihodek centra v višini 148,86 EUR/dan oz. **54.335 EUR/leto** (Grafikon 10).

### ***5.13.3 Prihodki oz. stroški pregnitega blata***

Prihodke oz. stroške, povezane s preginitim blatom, je težko napovedati, zato jih izpuščamo iz nadaljnjih izračunov. Veliko je odvisno od kvalitete pregnitega blata, zlasti od vsebnosti težkih kovin. Če bo kvaliteta dobra, lahko pričakujemo, da bomo blato zastonj oddajali kompostarnam oz. v pripravo umetnih zemljin ali z njim nekaj malega celo zaslužili, kar bo odvisno od trenutnih razmer na trgu (ravnotežje med ponudbo in povpraševanjem). V primeru slabe kvalitete bo pregnito blato potrebno najprej primerno osušiti (dehidracija) ter nato sežgati (sosežig v industrijskih pečeh), kar bo prineslo določene stroške.

Na Gorenjskem trenutno ni nobene večje kompostarne, ki bi sprejemala pregnito blato. Po navedbah direktorja največje gorenjske kompostarne (imena zaradi varovanja podatkov ne navajamo) se blata KČN drži sloves rizičnih odpadkov, kar v okolici nameravane dograditve kompostarne v ta namen povzroči odpor lokalne skupnosti (sindrom NIMBY), določeni problemi pa se pojavljajo tudi na občinskem nivoju. Kompostarne si zato ne upajo tvegati koraka v to smer, saj se bojijo padca prodaje svojih produktov. Na osnovi navedenega sklepamo, da na Gorenjskem prevzemnika pregnitega blata z namenom njegovega kompostiranja še nekaj časa ne bo. Tako obstaja možnost oddaje pregnitega blata v kako drugo slovensko kompostarno (večji stroški transporta) oz. dograditev kompostarne v okviru Centra (večji investicijski stroški ter večja potreba po uporabnih površinah). Podobne ugotovitve veljajo tudi za pripravo umetnih zemljin.

Center za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije z vključeno kompostarno predstavlja zanimivo opcijo, vendar le ob predpostavkah, da bi bila kvaliteta pregnitega blata primerna za kompostiranje in nadaljnji plasma komposta na trgu ob sprejemljivi ceni komposta. Na osnovi podatkov vira 300series (2009) lahko izračunamo, da bi bili investicijski stroški za kompostarno velikostnega razreda 12 – 15.000 t substrata letno (dehidrirano pregnito blato ter strukturni material) povprečno 500.000 EUR, kar pomeni skoraj 50 % večje investicijske stroške takega centra (poglavje 5.13.4), kot če

kompostarne ne bi bilo. Obenem bi potrebovali ovirno dodatne 3 ha uporabnih površin, to pa je glede na prvotno shemo (Poglavje 5.12.4) kar 100 % več. Rentabilnost naložbe bi bila zelo odvisna od kvalitete komposta ter od njegove prodajne cene, kar je glede na naše razmere (sindrom NIMBY, doseganje dobre kvalitete produkta, možnost prodaje komposta, proizvedenega na osnovi odpadnih blat KČN) še velika neznanka. Na osnovi navedenega menimo, da bi bilo zaenkrat najbolj smotrno zgraditi center do stopnje dehidracije pregnitega blata ter hkrati dopustiti možnost njegove razširitve v prihodnosti, tako glede povečanja kapacitet kot tudi dograditve nadaljnje obdelave dehidriranega pregnitega blata, morda prav na način kompostiranja ali priprave umetnih zemljin. V nadaljevanju tako podajamo predvidene stroške za center do stopnje dehidracije.

#### ***5.13.4 Investicijski in obratovalni stroški***

Investicijski stroški z naraščanjem velikosti bioplinske elektrarne upadajo; za elektrarne do 1 MWe znašajo okvirno 4.500 EUR/kWe (Pregled tehnologij in stroškov ..., 2007). V primeru Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije bi bili investicijski stroški **med 1,1 in 1,2 milijona EUR**, preračunano na osnovi inštalirane električne moči (260 kW).

Sami povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški za bioplinsko elektrarno našega velikostnega razreda znašajo v povprečju 30 EUR/MWh proizvedene električne energije, kar pomeni 185,81 EUR/dan oz. **67.821 EUR/leto** (Grafikon 10). Življenjska doba elektrarn na bioplin znaša povprečno 30 let, amortizacijska doba strojne opreme pa okoli 10 let. Polne obratovalne ure elektrarn na bioplin so odvisne predvsem od proizvodnje samega bioplina. V primeru bioplinskih naprav lahko dosežemo okoli 6000 polnih obratovalnih ur na leto (Pregled tehnologij in stroškov ..., 2007).

#### ***5.13.5 Stroški ravnanja z odpadno vodo***

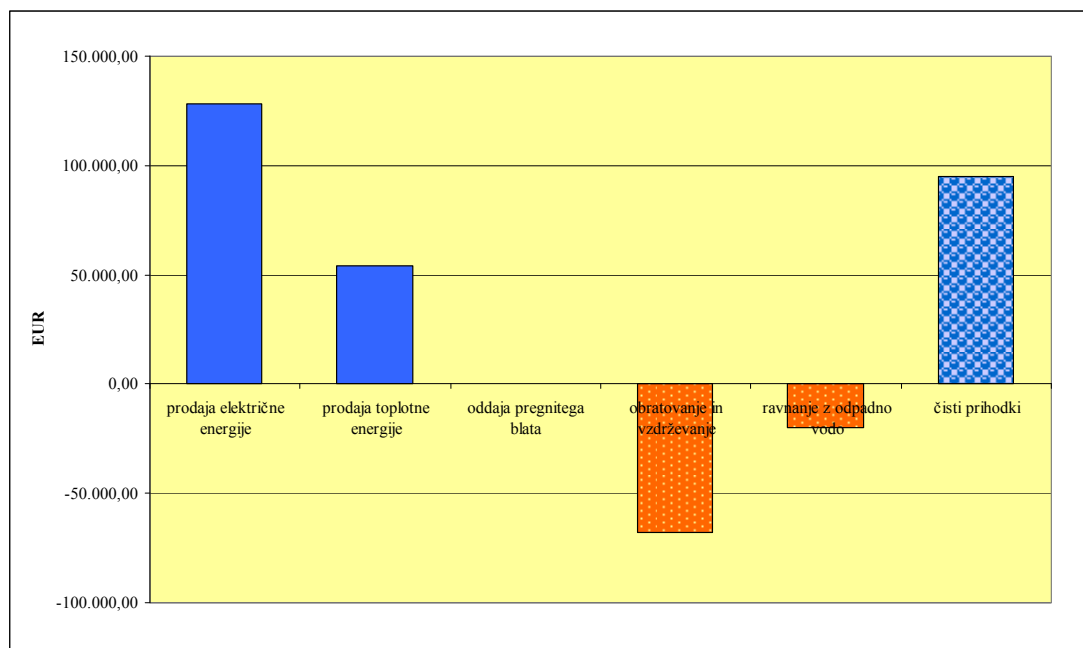
V centru na koncu postopka nastajajo odpadne vode, s katerimi je treba ustrezno ravnati. Gre za odpadne vode iz gnilišč (pregnita voda) ter odpadne vode pri dehidraciji pregnitega blata (centrat). Če upoštevamo letne vhodne količine substrata 85.234 t s 3,5 % suhe snovi

(Poglavje 5.12.1), zmanjšanje vsebnosti vode med digestijo za nekaj % ter nazadnje dehidracijo pregnitega blata do 30 % suhe snovi, lahko izračunamo, da na letnem nivoju v centru nastane okrog 70.000 m<sup>3</sup> odpadnih vod. Te odpadne vode bi bilo treba predhodno očistiti, da bi ustrezale kriterijem za odvajanje v javno kanalizacijo, dokončno pa bi se očistile na CČN Kranj. Potrebno je torej upoštevati stroške delovanja industrijske ČN (ocena 7.000 EUR/leto) ter stroške zaradi odvajanja in čiščenja industrijskih odpadnih vod. Stroški odvajanja in čiščenja za 70.000 m<sup>3</sup> odpadne vode bi po trenutno veljavnem ceniku kranjske komunale (Komunala Kranj, 2009) (odvajanje: 0,2282 EUR/m<sup>3</sup>, čiščenje: 0,3736 EUR/m<sup>3</sup>), znašali preko 42.000 EUR. Na letnem nivoju bi tako skupno lahko pričakovali do 50.000 EUR stroškov zaradi ravnanja z odpadno vodo.

Menimo, da je opisani način ravnanja z odpadno vodo ne le zelo drag, pač pa tudi ekološko težko sprejemljiv, zato predlagamo vračanje očiščene tehnološke vode nazaj na začetek procesa (začetno redčenje substrata). Kljub vsemu bi nekaj odpadnih voda vseeno morali odvajati v javno kanalizacijo, vendar ob takem reciklu stroški ravnanja z odpadno vodo verjetno ne bi presegli **20.000 EUR/leto** (Grafikon 10).

### ***5.13.6 Čisti prihodki in vračilna doba***

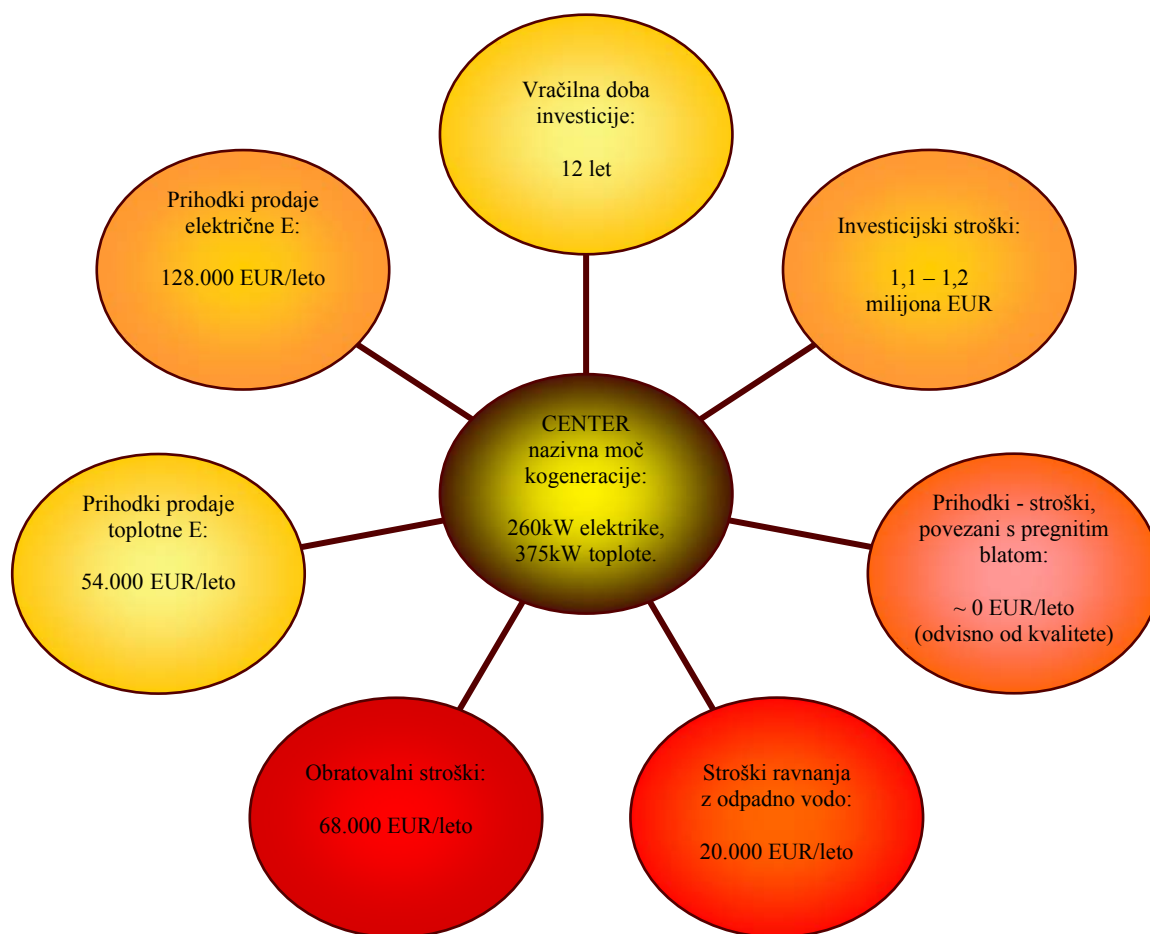
Čiste prihodke Centra dobimo, ko seštejemo prihodke od prodaje električne in toplotne energije ter odštejemo obratovalne stroške in stroške ravnanja z odpadno vodo. V primeru Centra tako znašajo 259,88 EUR/dan oz. **94.854 EUR/leto** (Grafikon 10).



Grafikon 10: Predvideni letni prihodki in stroški Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije

Graph 10: Expected yearly incomes and costs of the Centre for integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes of Gorenjska region

Investicija v bioplinsko elektrarno je visoka, vendar s soproizvodnjo električne in toplotne energije lahko dosežemo visok obseg obratovanja (6000 polnih obratovalnih ur letno). Tako si ob relativno visoki ceni t.i. 'zelene' električne energije zagotovimo razmeroma sprejemljivo vračilno dobo, ki bi v primeru Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije znašala **12 let**. Navedena ocena velja za primer, ko z oddajo pregnetega blata nimamo niti stroškov, niti prihodkov. Če bi s pregnitim blatom lahko nekaj zaslužili, bi se vračilna doba znižala, v kolikor pa bi imeli z njim predvsem stroške, lahko pričakujemo povišanje vračilne dobe. Glavne finančno – ekonomske značilnosti Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije so prikazane na Grafikonu 11.



Grafikon 11: Glavne finančno – ekonomske značilnosti Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije

Graph 11: Major financial – economic characteristics of the Centre for integrated treatment of waste sludges and biodegradable wastes of Gorenjska region

## 6 SKLEPI

1. Ravnanje z odpadnimi blati komunalnih čistilnih naprav na območju Gorenjske regije je zelo različno in dolgoročno gledano (glede na zahteve zakonodaje in sodobne prakse) večinoma neustrezno. Enako velja za biorazgradljive odpadke; na lokalna odlagališča se namreč še vedno odlagajo velike količine odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov, ki zapolnjujejo deponijski prostor ter povzročajo nastajanje toplogrednih plinov in njihovo izhajanje v atmosfero.
2. Komunalna podjetja se pri ravnanju z odpadnimi blati KČN ter z biorazgradljivimi odpadki srečujejo z velikimi problemi, saj so stroški deponiranja visoki, obenem pa prihaja do pritiskov lokalnih skupnosti in zlasti zakonodaje, ki s 15. julijem 2009 dokončno prepoveduje odlaganje odpadnih blat na deponijah. Nastali situaciji navkljub v obravnavanem prostoru trenutno ni nekih realnih možnosti obdelave tovrstnih odpadkov skladno s predpisi, vsaj ne v primernem obsegu.
3. Glede na navedene probleme smo s tem magistrskim delom želeli preveriti naše predpostavke, da v primeru odpadnih blat bioloških čistilnih naprav ter biorazgradljivih odpadkov ne gre zgolj za neogiben odpadek, ki pomeni breme okolju, ampak za snovni in energetski potencial, ki bi se ga dalo koristno uporabiti. Tako bi omogočili delovati komunalnim podjetjem na okolju prijazen način, skladno z zakonodajo, hkrati pa bi s sodobnim ravnanjem z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki proizvedli koristne končne produkte ter prispevali k izboljšanju stanja okolja.
4. Proučene so relevantne strategije EU in RS o ravnanju z biorazgradljivimi odpadki, sedanja in anticipirana zakonodaja ter uveljavljene dobre prakse (IPPC direktiva/BAT/BREF). Na osnovi tako zbranih podatkov smo nato opredelili alternativne sodobne postopke ločene ali integrirane obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov ter jih medsebojno primerjali (SWOT analiza). Po natančni raziskavi trenutnega stanja nastajanja, obdelave in ravnanja z blati KČN ter z biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije, ki je vključevalo terensko delo, izvedbo ankete ter zbiranje podatkov iz različnih pisnih in ustnih virov, smo eksperimentalno



in bilančno preverili tri opcije sodobnega ravnanja s tovrstnimi odpadki. To so: kompostiranje (alternativa A), anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina in kompostiranjem preostanka (alternativa B) ter anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina in sušenjem preostanka (alternativa C). Poskuse smo izvedli z realnimi vzorci odpadnih blat v laboratorijskem merilu. Ugotovitve smo podprli tudi s konkretnimi fizikalno – kemijskimi – biološkimi analizami vhodnih materialov in končnih produktov (blat, komposta, bioplina, pepela). Določili smo še lastnosti in uporabnost produktov po različnih variantah obdelave, preučili pa smo tudi ekonomski vidik različnih metod obdelave odpadnih blat. Na osnovi dobljenih podatkov smo predlagali najbolj primeren koncept integrirane obdelave odpadnih blat ter biorazgradljivih odpadkov za območje Gorenjske regije. Gre za anaerobno razgradnjo s pridobivanjem bioplina in kompostiranjem preostanka oz. za alternativo B.

5. Glede na dobljene literaturne podatke in rezultate poskusov in izračunov smo nato predvideli potrebno velikost (kapacitete) regijskega centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije ter ga umestili na primerno težiščno lokacijo. V ta namen smo aproksimirali vhodne količine tovrstnih odpadkov na obdobje po letu 2017, ko naj bi bile skladno z zakonodajo na območju celotne Slovenije zgrajene še zadnje KČN, MČN ter urejena kanalizacija. Ugotovili smo, da bo tedaj na Gorenjskem letno nastalo preko 6.500 t dehidriranih surovih blat KČN s povprečno vsebnostjo suhe snovi 25 % ter okrog 9.000 t biorazgradljivih odpadkov, ki bi jih bilo mogoče zajeti za skupno obdelavo. V regijskem centru s takimi vhodnimi količinami substratov bi dnevno lahko proizvedli okrog 2625 m<sup>3</sup> bioplina, iz njega pa 6,2 MWh/dan električne energije ter 9,0 MWh/dan toplotne energije. Nazivna moč kogeneracije bi bila tako 260 kW elektrike in 375 kW toplote. Nadaljnje obdelave pregnitega blata s kompostiranjem v tem centru nismo predvideli zaradi dodatne velike porabe prostora (problem ustrezne lokacije) ter bistveno večjih investicijskih stroškov. Kompostiranje bi se predvidoma vršilo v eni ali več kompostarnah, zaželeno čim bližje lokaciji centra zaradi nižjih transportnih stroškov. Nazadnje smo preverili tudi pričakovane investicijske stroške, obratovalne stroške ter prihodke Centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi

odpadki Gorenjske regije ter ugotovili, da bi bila vračilna doba investicije približno 12 let.

6. Na osnovi dobljenih rezultatov raziskave lahko zaključimo, da bi bila izgradnja regijskega centra za integrirano ravnanje z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije zelo smiselna, tako s komunalnega, upravnega, okoljskega, kot tudi z energetskega vidika.
  
7. V tem magistrskem delu so bili prvič zbrani in prikazani podrobni podatki o ravnanju z odpadnimi blati KČN in biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije. Prav tako so z vzorčnimi poskusi in mnogimi analizami prvič preverjene sodobne alternativne rešitve ravnanja in končne oskrbe tovrstnih odpadkov. Z raziskovalnim delom in zbiranjem številnih podatkov smo uspeli potrditi zastavljeno delovno hipotezo, da blato KČN in drugi biorazgradljivi odpadki niso zgolj neogiben odpadek v breme okolju, ampak predstavljajo velik snovni in energetski potencial, ki ga lahko na integriran sodoben način koristno in hkrati ekonomsko upravičeno izrabimo. Poleg tega predlagano ravnanje s tovrstnimi odpadki pomeni tudi korak k čistejšemu okolju in ohranjanju naravnih virov, saj je v skladu z načeli trajnostnega razvoja tudi odraz odgovornega odnosa družbe do okolja.

## 7 POVZETEK

Predloženo magistrsko delo obravnava problematiko ravnanja z blati KČN ter z biorazgradljivimi odpadki Gorenjske regije, ki je sedaj zelo različno in večinoma neustrezno.

Proučene so relevantne strategije EU in RS o ravnanju z biorazgradljivimi odpadki, sedanja in anticipirana zakonodaja ter uveljavljene dobre prakse (IPPC direktiva/BAT/BREF).

Proučene so značilnosti nastajanja in količine odpadnih blat iz komunalnih čistilnih naprav na območju Gorenjske regije. Ugotovljeno je trenutno stanje in trendi glede vrst, količin in lokacij nastajanja blat KČN ter ločeno zbranih biorazgradljivih odpadkov v izbranem prostoru. Proučena je ustreznost obstoječih načinov ravnanja z odpadnimi blati in glavni problemi, s katerimi se srečujejo posamezna komunalna podjetja pri ravnanju z odpadnimi blati ter z biorazgradljivimi odpadki.

Na osnovi zbranih podatkov iz literature so proučeni alternativni sodobni postopki ločene ali integrirane obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov, vzorčno za potrebe Gorenjske regije, ki pa bi lahko bili ustrezni tudi za slovenski prostor. To so predvsem:

- predelava odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov v kompost (gnojilo),
- postopki anaerobne razgradnje za pridobivanje bioplina in komposta (oz. umetno pripravljene zemljine),
- postopki anaerobne razgradnje s pridobivanjem bioplina in sušenjem preostanka z bioplinom za potrebe sežiga ostanka.

Izdelana je SWOT analiza alternativnih rešitev problemov odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov z razčlenitvijo njihovih prednosti in slabosti. Sinteza izsledkov je dala prednostne operativne opcije za vzpostavitev integriranega ravnanja s temi odpadki v izbranem prostoru, upoštevajoč tudi opcijo deloma decentraliziranega načina ravnanja.

Izdelana je podrobnejša analiza ustreznosti treh alternativnih prednostnih rešitev za Gorenjsko regijo (kompostiranje, anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina in kompostiranjem preostanka, anaerobna razgradnja s pridobivanjem bioplina in sušenjem preostanka).

Ugotovitve so podprte s konkretnimi fizikalno – kemijskimi – biološkimi analizami vhodnih materialov in končnih produktov (blat KČN, komposta, bioplina, pepela) ter s poskusi predelave z realnimi vzorci odpadnih blat v laboratorijskem merilu. Določene so lastnosti in uporabnost produktov po različnih variantah obdelave. Informativno je proučen ekonomski vidik različnih metod obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov.

Na osnovi zbranih podatkov in rezultatov analiz ter poskusov je predlagan optimalni model centralizirane integrirane obdelave odpadnih blat in biorazgradljivih odpadkov ter transformacije sedanjega dispergirane sistema (okvirna velikost oz. kapacitete centra obdelave, preliminarna določitev ustrezne lokacije, rentabilnost centra) v Gorenjski regiji.

## 8 SUMMARY

The proposed M. Sc. Thesis discusses problems, concerned with sewage sludges and biodegradable wastes treatment in Gorenjska region, which is now very versatile and in most cases unsuitable.

EU and RS strategies about biodegradable wastes treatment were analysed, as well as actual and anticipated legislation and established good operational practices (IPPC directive /BAT/BREF).

On the base of collected literature data, alternative contemporary options for waste sludges and biodegradable wastes treatment were checked. This options should be acceptable for Gorenjska region, as well for Slovenian area. The main selected options are:

- anaerobic digestion with biogas production and composting in order to produce sellable compost or soil substitute;
- anaerobic digestion with biogas production, combined with drying of residue with biogas in order to produce alternative fuel;
- processing of waste pretreated sludges and biodegradable wastes by composting.

Characteristics of sewage sludges sources and their annual quantities for Gorenjska region were investigated in order to provide data on: actual situation, trends about types, quantities and localities of origination for WWTP sludges and separately collected biodegradable wastes in Gorenjska region. The conformity of actual waste sludges treatment methods was studied and also the major problems, which municipal undertakings are faced with regarding waste sludges and biodegradable wastes treatment.

Alternative options for waste sludges and biodegradable wastes treatment were checked and compared by SWOT analysis, which disclosed their strengths and weaknesses. Synthesis of this results revealed preferential operative options for implementation of sewage sludges and biodegradable wastes integrated treatment in Gorenjska region; partly decentralized method of treatment was also taken into account.

Three different preferential options of sludge-biowaste treatment for Gorenjska region were selected and analysed: composting, anaerobic digestion with biogas acquiring and composting of residue, and anaerobic digestion with biogas production and drying of residue. Findings were correlated with concrete physical – chemical – biological analytical results of input materials and final products (waste sludges, compost, biogas, ash from digested sludge) and also with processing trials with real samples of waste sludges in laboratory scale. Major products characteristics and products applicability of single option were determined. An economic insight was informatively made for single options, too.

The data collected, results of the performed experiments, analyses and calculations, enable selection of the most appropriate model for an integrated, centralized treatment of waste sludges and biodegradable wastes in Gorenjska region. Approximate area or capacity of the central plant was estimated, preliminary of adequate site was determined, return rate of investment was estimated etc.. This model supports transformation of the actual disperse system in Gorenjska region into an regional (integral) one.

## VIRI

### Uporabljeni viri

#### *Pisni viri*

Alibardi, L., Cassetta, E., Manoli, G., Cossu, R. 2007. Biological hydrogen production from organic waste. V: Proceedings Sardinia 2007, Eleventh international waste management and landfill symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1. – 5. October 2007. Padova, Italy, CISA – Environmental Sanitary Engineering Centre: 13 str.

Analiza potenciala komunalnega plina v slovenskem prostoru. Povzetek končnega poročila – 2007. Ljubljana, IREET – Inštitut za raziskave v energetiki, ekologiji in tehnologiji, d.o.o.

Benedičič, M. (ur.). 2008. Kemija. Zbirka: Tematski leksikoni. Tržič, Učila International založba: 441 str.

Chiumenti, A., Chiumenti, R., Diaz, L. F., Savage, G. M., Eggerth, L. L., Goldstein, N. 2005. Composting Systems. V: The Staff of Biocycle (ur.). Modern Composting Technologies. Emmaus, PA 18049, USA. The JG Press, Inc.: str. 43 – 69.

De Bertoldi, M. 2007. High hygienization rate for sewage sludge and biowaste with innovative composting system. V: Proceedings Sardinia 2007, Eleventh international waste management and landfill symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1. – 5. October 2007. Padova, Italy, CISA – Environmental Sanitary Engineering Centre: 8 str.

De Gioannis, G., Massi, E., Moreno, A., Muntoni, A., Polettini, A., Pomi, R. 2007. Hydrogen production through anaerobic digestion of different solid and liquid waste: batch and semi-continuous tests. V: Proceedings Sardinia 2007, Eleventh international waste management and landfill symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1. – 5. October 2007. Padova, Italy, CISA – Environmental Sanitary Engineering Centre: 11 str.

De Gioannis, G., Muntoni, A., Pisanu, A. 2005. Energy recovery from waste through biological hydrogen production. V: Proceedings Sardinia 2005, Tenth international waste

management and landfill symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 3. – 7. October 2005. Padova, Italy, CISA – Environmental Sanitary Engineering Centre: 8 str.

Direktiva sveta 96/61/ES z dne 24. septembra 1996 o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja (IPPC direktiva). UL L 257, 10.10.1996: str. 26.

Droste, R. L. 1997. Sludge processing and land application. V: Robichaud, C., Santor, K. (ur.). Theory and practice of water and wastewater treatment. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. John Wiley & Sons, Inc.: str. 709 – 750.

Environmentally Safe Disposal of the Sewage Sludge from Wastewater Treatment Plants and its Potential Reuse. Slikovno in tekstovno gradivo za predavanje. Inštitut Jožef Stefan Ljubljana. Srečanje KČN SLO na CČN Domžale – Kamnik, 4.11.2008.

European Waste Catalogue and Hazardous Waste List Valid from 1. January 2002. Environmental Protection Agency, Ireland, 2002.

Grilc, V. 2005. Gospodarjenje z odpadki. Študijsko gradivo za interdisciplinarni podiplomski študij varstva okolja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 58 str.

Grilc, V., Zupančič, G. D., Roš, M. 2006. Alternativni načini sodobnega ravnanja z odvečnim blatom iz bioloških čistilnih naprav. V: Vodni dnevi 2006, zbornik referatov. Portorož, 18. – 19. oktober 2006. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str. 99 – 109.

Imhoff, K. & K. 1999. Taschenbuch der Stadtentwässerung. 29. verbesserte Auflage. R. Oldenbourg Verlag München: 472 str.

ISO 11734:1994. Water quality – Evaluation of the "ultimate" anaerobic biodegradability of organic compounds in digested sludge – Method by measurement of the biogas production.

Kapus, D. 2005. Pridobivanje električne energije iz bioplina komunalnih odplak. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: 82 f.



Kranert, M., Berkner, I. 2005. Quality assurance for compost and other products made from sewage sludge – status and perspectives. V: Proceedings Sardinia 2005, Tenth international waste management and landfill symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 3. – 7. October 2005. Padova, Italy, CISA – Environmental Sanitary Engineering Centre: 12 str.

Lastnosti in uporabnost kompozitov biološkega blata in pepela. Slikovno in tekstovno gradivo za predavanje. Inštitut za celulozo in papir Ljubljana. Srečanje KČN SLO na CČN Domžale – Kamnik, 4.11.2008.

Lindow, L. 2007. 30 years of experience in the field of biogas production. V: Mednarodni simpozij Bioplin, tehnologija in okolje. Rakičan, Murska Sobota, 29. november 2007. Murska Sobota, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: str. 13 – 16.

Margetič, M. 2009. Interno poročilo o delu Centralne čistilne naprave Kranj v letu 2008. Komunala Kranj, d.o.o., PE Kanalizacija in čistilne naprave. Kranj, februar 2009.

Navickas, K. 2007. Biogas for farming, energy conversion and environment protection. V: Mednarodni simpozij Bioplin, tehnologija in okolje. Rakičan, Murska Sobota, 29. november 2007. Murska Sobota, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: str. 25 – 30.

Nishio, N., Nakashimada, Y. 2007. Recent development of anaerobic digestion processes for energy recovery from wastes. Journal of bioscience and bioengineering, Vol. 103, No. 2: 105 – 112.

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov – novelacija. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, marec 2008.

Panjan, J. 2001. Čiščenje odpadnih voda. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 169 str.

Pregled tehnologij in stroškov proizvodnje električne energije iz OVE ter ocena potrebnih stroškov spodbujanja. Končno poročilo. APE – Agencija za prestrukturiranje energetike, d.o.o., Ljubljana, oktober 2007.

Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries. European Commission, August 2006.

Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005-2012 (ReNPVO). UL RS št. 3-2/2006.

Roš, M., Zupančič, G. D. 2003. Thermophilic anaerobic digestion of waste activated sludge. Acta chimica slovenica, Vol. 50, No. 2 (2003): 359 – 374.

SIST EN 12457-4:2004. Characterisation of waste – Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges – Part 4.

Sklep o cenah in premijah za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije. UL RS št. 2822-65/2008.

Sosnowski, P., Wiczorek, A., Ledakowicz, S. 2003. Anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes. Advances in environmental research 7 (2003): 609 – 616.

Spinosa, L. 2007. Sewage sludge: from waste to resource. V: Vodni dnevi 2007, zbornik referatov. Portorož, 10. – 11. oktober 2007. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str. 1 - 11.

Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, avgust 1996.

Turner, K. R., Pearce, D., Bateman, I. 1994. Environmental economics. An elementary introduction. TJ International Ltd, Padstow, Cornwall: 319 str.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. UL RS št. 1902-47/05, 2463-45/2007.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. UL RS št. 2451-45/2007.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. UL RS št. 4857-98/2007.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za proizvodnjo barvnih kovin. UL RS št. 2459-45/2007.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za proizvodnjo kovinskih izdelkov. UL RS št. 227-6/2007.

Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. UL RS št. 3646-84/2005.

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. UL RS št. 2628-62/2008.

Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov. UL RS št. 1363-34/2008.

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. UL RS št. 1311-32/2006, 4858-98/2007, 2631-62/2008.

Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo. UL RS št. 2419-57/2008.

Uredba o ravnanju z odpadki. UL RS št. 1358-34/2008.

Uredba o sežiganju odpadkov. UL RS št. 2966-68/2008.

Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. UL RS št. 2630-62/2008.

Zapušek, U. 2008. Mulji (blata) iz čistilnih naprav za obdelavo odpadne komunalne vode. *Gospodarjenje z okoljem*, Vol. 17, No. 68: 2 – 8.

Zver, A., Durič, M., Bernik, R. 2007. Predstavitev pilotnega reaktorja za poskuse pri proizvodnji bioplina. V: *Mednarodni simpozij Bioplin, tehnologija in okolje*. Rakičan, Murska Sobota, 29. november 2007. Murska Sobota, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: str. 59 – 64.

### ***Elektronski viri***

- <http://www.lokalnevolitve.si/gorenjska-regija-c-103.php/> (18.2.2008).
- [http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_voda/cistnaprave\\_zav.php?page=0](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/cistnaprave_zav.php?page=0) (19.2.2008).
- <http://www.greencarcongress.com/2008/07/researchers-dev.html> (12.10.2008).
- <http://www.st1.fi/index.php?id=2074> (19.10.2008).
- [http://www1.eere.energy.gov/biomass/abcs\\_biofuels.html#prod](http://www1.eere.energy.gov/biomass/abcs_biofuels.html#prod) (19.10.2008).
- [http://www.pdkprojects.com/pdf/EnviroSpects\\_No\\_4.pdf](http://www.pdkprojects.com/pdf/EnviroSpects_No_4.pdf) (19.10.2008).
- <http://www.bfro.uni-lj.si/zoo/studij/dodipl/mikro/momik/praktikum/vaja10.doc> (14.1.2009).
- <http://www.najblog.com/media/599120081008/-PLINSKAENA%C4%8CBA.pdf>  
(14.1.2009).
- [http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_voda/upload/File/Slike\\_za\\_splet\\_CN\\_2007.jpg](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/upload/File/Slike_za_splet_CN_2007.jpg)  
(31.1.2009).
- [http://www.arso.gov.si/varstvo\\_okolja/odpadki/podatki/predelovalci.pdf](http://www.arso.gov.si/varstvo_okolja/odpadki/podatki/predelovalci.pdf) (1.2.2009).
- <http://www.bsc-kranj.si/O-gorenjski> (23.2.2009).
- <http://www.najdi.si/trident/quickpreview.jsp?q=kurilna+vrednost+metana&hpage=web&qpts=1377&rn=5879765> (27.2.2009).
- [http://www.bioenergy.org.nz/documents/Christchurch\\_Workshop/1\\_Bioenergy\\_Opportunities\\_in\\_NZ\\_paper.pdf](http://www.bioenergy.org.nz/documents/Christchurch_Workshop/1_Bioenergy_Opportunities_in_NZ_paper.pdf) (28.2.2009).
- [http://fk.uni-mb.si/fkweb-datoteke/Biosistemsko\\_inzenirstvo/Bioplan-Tusar.pdf](http://fk.uni-mb.si/fkweb-datoteke/Biosistemsko_inzenirstvo/Bioplan-Tusar.pdf) (4.3.2009).
- <http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/300series/382500-14.pdf> (5.3.2009).
- [http://www.komunala-kranj.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=248](http://www.komunala-kranj.si/index.php?option=com_content&task=view&id=248)  
(25.3.2009).

### **Ostali viri**

#### ***Pisni viri***

Direktiva 2003/87/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 13. oktobra 2003 o vzpostavitvi sistema za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov v Skupnosti in o spremembi Direktive Sveta 96/61/ES. UL L 275, 25.10.2003, str. 32.

Owen W. F., Stuckey D. C., Healy J. B., Young Jr. L. Y., McCarty P. L. 1979. Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity. *Water Research* 13: 485 – 492.

SIST EN ISO 5667-13: 1996. Kakovost vod – Vzorčenje – Navodilo o vzorčenju blat.

SIST EN 14899:2006. Karakterizacija odpadkov – Vzorčenje odpadkov – Okvirno navodilo za pripravo in uporabo načrta vzorčenja.

SIST EN 15002:2006. Karakterizacija odpadkov – Priprava poskusnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca.

SIST EN 12506:2003. Karakterizacija odpadkov – Analiza eluatov.

Zakon o varstvu okolja, uradno prečiščeno besedilo (ZVO-1-UPB-1). UL RS št. 1682-39/2006.

### ***Elektronski viri***

[http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_voda/pages.php?op=print&id=Sez\\_OVD\\_CN](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/pages.php?op=print&id=Sez_OVD_CN)  
(19.2.2008).

<http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/128045.htm> (15.8.2008).

[http://www.sgm.ac.uk/pubs/micro\\_today/pdf/080802.pdf](http://www.sgm.ac.uk/pubs/micro_today/pdf/080802.pdf) (12.10.2008).

<http://www.bw2e.com/> (12.10.2008).

[http://fk.uni-mb.si/fkweb-datoteke/Biosistemsko\\_inzenirstvo/Bioplina-Navickas.pdf](http://fk.uni-mb.si/fkweb-datoteke/Biosistemsko_inzenirstvo/Bioplina-Navickas.pdf)  
(20.10.2008).

[http://www.scu.edu.au/staff\\_pages/mcullen/wt\\_lec7.html](http://www.scu.edu.au/staff_pages/mcullen/wt_lec7.html) (20.11.2008).

[http://www.minet.si/gradivo/egradiva/gospodarjenje\\_z\\_odpadki/HTML/1\\_strokovna\\_terminologija\\_o\\_odpadkih/emisija.html](http://www.minet.si/gradivo/egradiva/gospodarjenje_z_odpadki/HTML/1_strokovna_terminologija_o_odpadkih/emisija.html) (5.1.2009).

[http://www.arso.gov.si/varstvo\\_okolja/odpadki/podatki/kompostiraje.pdf](http://www.arso.gov.si/varstvo_okolja/odpadki/podatki/kompostiraje.pdf) (1.2.2009).

[\[kranj.si/index.php?option=com\\\_content&task=view&id=200&Itemid=397\]\(http://www.komunala-kranj.si/index.php?option=com\_content&task=view&id=200&Itemid=397\) \(3.2.2009\).](http://www.komunala-</a></p></div><div data-bbox=)

## **PRILOGE**

**Priloga A: Anketni list, poslan vsem upravljavcem KČN Gorenjske regije**

**ANKETA O ČISTILNI NAPRAVI**

1. Ime in naslov ČN:
2. Velikost ČN:
3. Dejansko število priključenih PE:
4. Upravljavec:
5. Leto izgradnje:
6. Sestava odpadne vode, ki priteka na ČN:
  - a) komunalna
  - b) komunalna in industrijska
    - glavne industrijske panoge: \_\_\_\_\_
    - \_\_\_\_\_
    - \_\_\_\_\_
  - delež industrijske glede na komunalno odpadno vodo: \_\_\_\_\_
  - c) drugo: \_\_\_\_\_
7. Vrsta ČN: a) primarno čiščenje      b) sekundarno čiščenje      c) terciarno čiščenje
8. Tip ČN: a) klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom
  - b) šaržni biološki reaktor
  - c) biodiski
  - d) emšerski usedalnik
  - e) drugo: \_\_\_\_\_
9. Ali je predvidena rekonstrukcija ČN? Če je, kakšna (velikost in tip ČN) in kdaj?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
10. Ali bo upravljavec obravnavane ČN v naslednjih 10. letih dobil v upravljanje manjše novozgrajene ČN (predvidevanja)? Če da, približno kakšno bo skupno število PE teh manjših ČN? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

11. Ali se nastalo blato na ČN obdela (dehidrira) ali se tekoče odvaža drugam?

---

12. Letne količine na ČN dehidriranega blata (za obdobje zadnjih 5 let):

Leto 2003: \_\_\_\_\_

Leto 2004: \_\_\_\_\_

Leto 2005: \_\_\_\_\_

Leto 2006: \_\_\_\_\_

Leto 2007: \_\_\_\_\_

13. Kakšen je odstotek suhe snovi v dehidriranem blatu? \_\_\_\_\_

14. Ali ima ČN gnilišča? Če da, kakšna je njihova velikost in ali ČN v gnilišča sprejema tudi blato z drugih ČN? \_\_\_\_\_

---

15. Način ravnanja z blatom: a) odvoz na drugo ČN (tekoče blato)

b) odvoz na drugo ČN v gnilišča (dehidrirano blato)

c) odlaganje dehidriranega blata na deponiji

d) odlaganje pregnitega blata na deponiji

e) odvoz v sežig

f) kompostiranje

g) drugo: \_\_\_\_\_

16. Mesto ravnanja z blatom (ime in naslov deponije, sežigalnice, kompostarne,...):

---

17. Kakšno je razmerje med anorganskimi in organskimi snovmi v blatu, ki gre v končno oskrbo (deponiranje, sežig,...)? \_\_\_\_\_

18. Posebnosti blata:

a) povečana vsebnost težkih kovin (katerih?): \_\_\_\_\_

b) prisotne specifične snovi iz industrije (katere?): \_\_\_\_\_

c) prisotni določeni patogeni (kateri?): \_\_\_\_\_

d) drugo: \_\_\_\_\_

19. Opombe: \_\_\_\_\_

---

---



## Priloga B: Občine in komunalne čistilne naprave v Gorenjski regiji (statistični del)

Ime občine	Število prebivalcev	Velikost občine (km <sup>2</sup> )	Evidentirane* ČN v občini	Leto izgradnje ČN	Upravitelj ČN	Velikost ČN (PE)	Trenutno število priključenih PE	Tehnologija čiščenja	OVD	Predvidena rekonstrukcija ČN in izgradnja malih ČN (ki bodo v upravljanju obstoječega upravitelja)	Predvidena skupna velikost ČN (v PE) na območju posameznih občin (čez 10 let)
Bled	11.132	ni podatka	Bled	2001	WTE Projektna družba Bled, d.o.o., Ljubljanska 7, 4260 Bled	14.150	ni podatka	terciarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	da	rekonstrukcija ČN ni predvidena, upravitelj bo dobil v upravljanje male ČN (število ni navedeno)	Bled: 14.150+2.000
			Lisice	1997	Infrastruktura Bled d.o.o., Rečiška cesta 2, 4260 Bled; do 1.1.2003, nato WTE Projektna družba Bled, d.o.o., Ljubljanska 7, 4260 Bled	150	ni podatka	sekundarno čiščenje - aktivno blato	ne	v začetku leta 2009 je predvideno zaprtje ČN ter prevezava odpadne vode na javno kanalizacijo s črpališčem	
Bohinj	5.292	333,7	Bohinjska Bistrica	1988	Občina Bohinj - režijski obrat, Triglavska cesta 35, 4264	2.000	1.580	sekundarno čiščenje - biodiski	ne	predvidena je rekonstrukcija ČN do leta 2012	Bohinj: 2.000+150+1000+13.000
			Nemški rovt	1996	Bohinjska Bistrica	150	108	sekundarno čiščenje - aktivno blato	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena	
			Ribčev laz	1987		1.000	ni podatka	sekundarno čiščenje - biodiski	ne	rekonstrukcija dane ČN ni podatka, predvidena pa je gradnja nove ČN s 13.000 PE na Logu (za celotno območje Bohinja)	
Cerklje na Gorenjskem	6.620	78,0	Lipce	2001	Občina Cerklje na Gorenjskem, Trg Davorina Jenka 13, 4207 Cerklje na Gorenjskem	900	1.030	sekundarno čiščenje - precejalnik	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena, upravitelj ne bo dobil v upravljanje novih malih ČN	Cerklje na Gorenjskem: 900+?
Gorenja vas - Poljane	7.046	153,3	Gorenja vas	1999	Občina Gorenja vas - Poljane - režijski obrat, Poljanska cesta 87, 4224 Gorenja vas	1.000	237	sekundarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	ne	leta 2009 je predvidena rekonstrukcija ČN, 3.100 PE, isti tip; upravitelj ne bo dobil v upravljanje novih malih ČN	Gorenja vas - Poljane: 3.100+?
Gorje	ni podatka	ni podatka									Gorje: ni podatka
Jesenice	21.946	75,8	Jesenice	1988	JEKO-IN, javno komunalno podjetje Jesenice, d.o.o., Prihodi	30.000	23.000	sekundarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	da	leta 2009 je predvidena rekonstrukcija ČN (dograditev 3. stopnje čiščenja), število novih malih ČN bo odvisno od novogradenj	Jesenice: 30.000+100
				1999	Jesenice, Cesta maršala Tita 51, 4270 Jesenice	100	54	primarno čiščenje - emšerski usedalnik	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena	
Jezerško	693	68,8									Jezerško: ni podatka
Kranj	52.938	150,9	Kranj (Zarica)	1986	Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o., Ulica Mirka Vadnova 1, 4000 Kranj	100.000	85.000	sekundarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	da	v letu 2010 je predvidena rekonstrukcija ČN, 130.000 PE, biološka ČN s terciarnim čiščenjem in nosilci; upravitelj bo v naslednjih 10. letih dobil v upravljanje več malih ČN v skupni velikosti 13.000 PE	Kranj: 130.000+1.000+13.000
			Golnik	1957, najstarejša ČN v SLO	Bolnišnica Golnik - Klinični oddelek za pljučne bolezni in alergijo, Golnik 36, 4204 Golnik	1.000	1.000	terciarno čiščenje - precejalnik in nato rastlinska greda	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena, upravitelj ne bo dobil v upravljanje novih malih ČN, potekajo dogovori za prevzem ČN v upravljanje s strani Komunale Kranj	
Kranjska Gora	5.392	256,3	Kranjska Gora (Tabre)	2002	Občina Kranjska Gora - režijski obrat, Kolodvorska 1a, 4280 Kranjska Gora	6.300	4.320	terciarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena, predvidena je izgradnja 1 male ČN Belca 100 PE v naslednjih nekaj letih	Kranjska Gora: 6.300+100
			Hotel Špik		HIT Alpinea, d.d., Borovška cesta 99, 4280 Kranjska Gora	700	Število gostov hotela	sekundarno čiščenje - biodiski	ne	izgradnja javne kanalizacije se bo v naslednjih nekaj letih ČN ukinita, odpadna voda bo priključena javni na kanal	
Naklo	5.024	28,3									Naklo: ni podatka
Preddvor	3.190	87,0	Dom starejših občanov Preddvor		Dom starejših občanov Preddvor, Potoče 2, 4205 Preddvor	300	Število oskrbovancev	sekundarno čiščenje	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena, upravitelj ne bo dobil v upravljanje novih malih ČN	Preddvor: 300+?
Radovljica	18.389	118,7	Radovljica	2006	Komunala Radovljica, javno podjetje za komunalno dejavnost, d.o.o., Ljubljanska cesta 27, 4240 Radovljica	17.320	12.500	terciarno čiščenje - saržni biološki reaktor	da	rekonstrukcija ČN ni predvidena, upravitelj bo v naslednjih 10. letih dobil v upravljanje več malih ČN	Radovljica: 17.320+5.000
Šenčur	7.879	43,2	Brnik	1999	Ministrstvo za obrambo SV - 1780 Letališče Brnik, Zgornji Brnik 130k, 4210 Brnik	500	500	terciarno čiščenje - biodiski in trsna greda	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena, verjetno bo prišlo v nekaj letih do ukinitve ČN in priklopa na javni kanal, ki gravitira na CCN Domžale - Kamnik (ko bo kanal zgrajen); enako velja za ČN Aerodrom J. Pučnika	Šenčur: 0
Škofja Loka	22.317	145,0	Škofja Loka	1974	Loška komunala, oskrba z vodo in plinom, d.d., Škofja Loka, Kidričeva cesta 43a, 4220 Škofja Loka	85.000	15.500 prebivalcev, ostalo industrija	sekundarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	da	predvidena je rekonstrukcija ČN, kdaj in kašen tip ČN še ni določeno; predvidena je tudi izgradnja ene ČN velikosti 2.400 PE ter nekaj malih ČN	Škofja Loka: 85.000+2.400+700
Tržič	15.252	155,4						terciarno čiščenje - saržni biološki reaktor	da	v izgradnji je ČN velikosti 14.000 PE	Tržič: 14.000+?
Železniki	6.847	164,8	Železniki	1978	Občina Železniki - režijski obrat, Česnjica 48, 4228 Železniki	2.500	ni podatka	sekundarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	ne	v letu 2012 je predvidena dograditev ČN na 4500 PE	Železniki: 4.500+200+400
			Zali log	1999		200	ni podatka	sekundarno čiščenje - klasična ČN s primarnim in sekundarnim usedalnikom	ne	rekonstrukcija ČN ni predvidena, upravitelj bo dobil v upravljanje nekaj malih ČN (izgradnja), kdaj in število še ni določeno	
Žiri	4.924	49,2	Žiri	1980	Občina Žiri - režijski obrat, Loška cesta 1, 4226 Žiri	5.000	3.600	sekundarno čiščenje	ne	rekonstrukcija ČN do 2012, 6.000 PE, dograditev gnilišča, izgradnja 4 malih ČN med 50 in 200 PE v občini Žiri	Žiri: 6.000+500
Žirovnica	4.204	42,6									Žirovnica: delno priključena na CCN Radovljica+?
<b>18 občin</b>	<b>200.585</b>	<b>2.137</b>	<b>20 ČN</b>			<b>268.270</b>					<b>SKUPAJ: 380.000 (ocena)</b>

### Legenda:

OVD: okoljevarstveno dovoljenje

rdče številke: predvidevanja avtorice, saj ni podatka o velikosti obstoječe ČN po rekonstrukciji

modre številke: predvidevanja avtorice, saj ni točnega podatka o skupni velikosti novih malih ČN

\*Vir: spletna stran ARSO.

Število prebivalcev: podatki za junij 2007 (BSC, 2009).

Velikost občine: podatki za leto 2006 (Lokalne volitve, 2008). Občina Gorje se je leta 2006 odcepila od občine Bled, podatkov o velikostih obeh novih občin nismo uspeli pridobiti, je pa njuna skupna velikost okrog 188 km<sup>2</sup>.

**Priloga C: Komunalne čistilne naprave v Gorenjski regiji in ravnanje z nastalimi blati (tehnološki del)**

Ime ČN	Velikost ČN (PE)	Dehidracija in tip dehidracijske naprave	Letne količine deh. blata (tone) (obdobje 2003 - 2007)	% suhe snovi v deh. blatu	Gnilišča	Način ravnanja z blatom na posamezni ČN	Način končnega ravnanja z blatom	*Dolgoročna ustreznost končnega ravnanja z blatom U - ustrežno, NU - neustrezno, V - vprašljivo	Mesto končnega ravnanja z blatom	
Bled	14.150	da - centrifuga	140, 270, 290, 270, 260	23,5	ne	dehidrirano blato se odvaža na deponijo Mala mežakla	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Lisice	150	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Tabre) na dehidracijo: leto 2007 (prej: ni podatka)	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Bohinjska Bistrica	2.000	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Jesenice) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Nemški rovt	150	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Jesenice) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Ribčev laz	1.000	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Jesenice) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Lipce	900	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Kranj) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Gorenja vas	1.000	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Kranj) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Jesenice	30.000	da - centrifuga	ni podatka (leto 2003), 141, 103, 103, 89	22-23,5	da	pregnito dehidrirano blato se odvaža na deponijo Mala mežakla	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Prihodi	100	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Jesenice) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Kranj (Zarica)	100.000	da - centrifuga	2000, 2000, 2000, 1950, 2411	28	da	pregnito dehidrirano blato se odvaža: na deponiji Velenje in Tenetiše (do 31.10.2007), v sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum (od 2008 naprej)	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Golnik	1.000	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Kranj) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Kranjska Gora (Tabre)	6.300	da - premična centrifuga	ni podatka (leti 2003, 2004), 235, 197, 141	26-27	ne	dehidrirano blato se odvaža na deponijo Mala mežakla	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Hotel Špik	700	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Tabre) na dehidracijo	odlaganje na deponiji	NU	deponija Mala mežakla	
Dom starejših občanov Preddvor	300	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Kranj) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Radovljica	17.320	da - centrifuga	741 (leto 2007)	21	ne	dehidrirano blato je do 30.11.2007 odvažalo podjetje Saubermacher na sežig v Avstrijo, 1 odvoz deh. blata na deponijo Mala mežakla, 1 odvoz deh. blata na deponijo Velenje, od 2008 dalje se dehidrirano blato odvaža v gnilišča na drugi ČN (ČN Šoštanj)	sežig, odlaganje na deponiji	odlaganje - NU, sežig - U	sežigalnica v Avstriji, deponija Velenje, deponija Mala mežakla	
Brnik	500	ne	0	/	delno - spodnja komora emšerja	predviden je odvoz tekočega blata na drugo ČN (Kranj), po podatkih upravljalca se blato v zadnjih letih ni odpeljalo nikamor	ga ni	NU	/	
Škofja Loka	85.000	da - tračna stiskalnica (preša)	914, 663, 604, 320, 376	15-20	da	pregnito dehidrirano blato se odvaža na odlagališče nenevarnih odpadkov Draga (za prekrivko)	odlaganje na deponiji	NU	odlagališče nenevarnih odpadkov Draga - za prekrivko	
Železniki	2.500	ne	0	/	delno neogrevano	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Kranj) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Zali log	200	ne	0	/	ne	tekoče blato se odvaža na drugo ČN (Kranj) v gnilišča in dehidracijo	odlaganje na deponiji, sežig, kompostiranje	odlaganje - NU, sežig in kompostiranje - U	deponiji Tenetiše in Velenje, sežig preko podjetja Ekol Kranj, kompostiranje preko podjetja Mecum	
Žiri	5.000	da - filterska stiskalnica (preša)	filtersko stiskalnico kupili konec leta 2007	0	nad 20 (vzorčni zagon)	ne	tekoče blato se je odvažalo na travnike, dehidrirano pa se bo verjetno na odlagališče nenevarnih odpadkov Draga	odvoz na kmetijske površine, odlaganje na deponiji	odvoz - V, odlaganje - NU	travniki v občini Žiri, odlagališče nenevarnih odpadkov Draga
<b>20 ČN</b>	<b>268.270</b>									

**Opombe:**

\*Merila dolgoročne ustreznosti končnega ravnanja z blati KČN so postavljena na osnovi upoštevanja smernic trajnostnega razvoja in zahtev nove zakonodaje, ki se bodo dokončno uveljavile v prihodnjih nekaj letih. Podatki za ČN Hotel Špik so pridobljeni dne 3.4.2008 na osnovi ustne informacije g. Antona Karo iz podjetja Hit Alpinea d.d. Podatki za ČN Žiri so pridobljeni dne 3.4.2008 na osnovi ustne informacije g. Andreja Poljanška z Občine Žiri. ČČN Kranj je v preteklih letih vse blato vozila na deponijo Tenetiše. V letu 2007 so se pojavili problemi pri odlaganju na deponijo Tenetiše, zato so na ČČN Kranj poiskali nove možnosti ravnanja z odpadnim blatom. Na ČČN Kranj vozijo tekoče blato tudi nekatere male ČN, ki niso zajete v seznamu ČN v Gorenjski regiji. To so: ČN Brdo, ČN Podbrdo Petrovo brdo, ČN dom upokoencev Tržič, ČN Aerodrom Jožeta Pučnika.

**Priloga D: Zbirna preglednica blat komunalnih čistilnih naprav v Gorenjski regiji za leto 2007**

Način končnega ravnanja z blatom	ČN (lastno blato in blato z drugih ČN)	Mesto končnega ravnanja z blatom	Dolgoročna ustreznost rešitve X	Kriterij neustreznosti rešitve X	Količina blata	% s.s.	Surovo blato, Pregnito blato	Količina s.s. skupaj (t)	Neustrezna rešitev količine s.s. (t)	Ustrezna rešitev količine s.s. (t)	Vprašljiva rešitev količine s.s. (t)
polivanje tekočega blata na kmetijske površine	ČN Žiri	travniki v občini Žiri	vprašljivo	prisotnost patogenov in raznih škodljivih snovi	1000 m3 **	2,5	surovo blato	25	0	0	25
shranjevanje blata na lokaciji ČN	ČN Brnik	končnega ravnanja ni	neustrezno	zakonodaja - ni končnega ravnanja	ni podatka	/	surovo blato	8,35	8,35	0	0
odlaganje pregnitega dehidriranega blata na deponiji	ČN Jesenice	deponija Mala mežala	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	89 ton	23	pregnito blato	20,47	20,47	0	0
	ČN Kranj	deponija Tenetiše	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	2206 ton	28	pregnito blato	617,68	617,68	0	0
	ČN Kranj	deponija Velenje	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	72 ton	28	pregnito blato	20,16	20,16	0	0
	ČN Škofja Loka	odlagališče nenevarnih odpadkov Draga	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	376 ton	17,5	pregnito blato	65,8	65,8	0	0
odlaganje nepregnitega dehidriranega blata na deponiji	ČN Bled	deponija Mala mežakla	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	260 ton	23,5	surovo blato	61,1	61,1	0	0
	ČN Tabre	deponija Mala mežakla	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	141 ton	26,5	surovo blato	37,37	37,38	0	0
	ČN Radovljica	deponija Mala mežakla	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	12 ton	21	surovo blato	2,52	2,52	0	0
	ČN Radovljica	deponija Velenje	neustrezno	zakonodaja, trajnostni razvoj	20 ton	21	surovo blato	4,2	4,2	0	0
sežig	ČN Radovljica	sežigalnica* v Avstriji	ustrezno	/	709 ton	21	surovo blato	148,89	0	148,89	0
	ČN Kranj	sežig preko podjetja Ekol - sežigalnica na Madžarskem	ustrezno	/	133 ton	28	pregnito blato	37,24	0	37,24	0
kompostiranje	ČN Kranj	kompostiranje - podjetje Mecum	ustrezno	/	0, dogovori za leto 2008 in naprej	28	pregnito blato	0	0	0	0
					<b>*** 4.018 ton</b>						
								<b>1048,78</b>	<b>837,66</b>	<b>186,13</b>	<b>25</b>
								100%	79,87%	17,75%	2,38%

**Legenda:**

s.s. = suha snov

**Opombe:**

\*Podatkov o imenu in lokaciji sežigalnice podjetje Saubermacher ni želelo posredovati.

\*\*Specifična teža tekočega blata je približno enaka specifični teži vode, zato poenostavitev, da tehta 1 m3 tekočega blata približno 1 tono.

\*\*\*Če seštejemo vse količine brez upoštevanja suhe snovi ter brez upoštevanja 1. vrstice s tekočim blatom in 2. vrstice brez podatka, dobimo vrednost 4.018 ton.

Blato s ČN Brnik (500 PE) se ne odvaža nikamor, dejanske letne količine suhe snovi ne poznamo. Predvidevanja: velikost 500 PE pomeni pol manj blata kot ČN Golnik (1000 PE), kjer je blato tudi delno mineralizirano kot na ČN Brnik. Tako smo vzeli za podatek ČN Brnik polovično količino s.s. s ČN Golnik, to je 8,35 t.

Za pregnito blato smo opredelili tisto blato, ki se obdeluje v pravih gniliščih (mezofilno območje). Če seštejemo količine s.s. ločeno za surovo in pregnito blato, dobimo naslednje podatke: surovo blato: 287,43 t (27,41 %), pregnito blato: 761,35 t (72,59 %).

Priloga E: Nastajanje odpadkov, primernih za proizvodnjo bioplina, v Gorenjski regiji v letu 2006 (vir podatkov: KI, april 2008)

Klasifikacijska št. odpadka	Opis odpadka	Pošta	Skupaj količina (kg)	Primarni odpadki (kg)	Sekundarni odpadki (kg)	Iz_ZS (kg)	Interna predelava (kg)	Interno odstranjevanje (kg)	Začasno skladiščenje (kg)	Zbiralcu odpadkov (kg)	Predelovalcu odpadkov (kg)	Na odlagališče (kg)	Odstranjevalcu odpadkov (kg)
020103	odpadna rastlinska tkiva	4202 Naklo	7800	7800			7800						
020103		4209 Žabnica	1580000	510000		1070000	1580000						
020106	živalski iztrebki, urin in gnoj	4207 Cerklje na Gor.	790000	790000			790000						
020106		4208 Šenčur	1115000	1115000			1115000						
020106		4209 Žabnica	1551000	1551000			1551000						
020106		4248 Lesce	9193360	9178000		15360	7933360		1260000				
020106		4264 Boh. Bistrica	52000	52000							52000		
020202	odpadna živalska tkiva	4000 Kranj	95405	95405									95405
020202		4207 Cerklje na Gor.	1470	1470						1470			
020202		4207 Cerklje na Gor.	2060	2060						2060			
020202		4212 Visoko	51579	51579									51579
020202		4220 Škofja Loka	1980500	1980500									1980500
020202		4220 Škofja Loka	9480	9480									9480
020202		4264 Boh. Bistrica	155694	155694							155694		
020202		4294 Križe	1260	1260									1260
020203	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (predelava mesa, rib)	4248 Lesce	17777	17777						17777			
020204	mulji iz čiščenja odpadne vode (predelava mesa, rib)	4212 Visoko	990	990						990			
020304	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (predelava sadja, vrtnin, žitaric,...)	4000 Kranj	9500	9500						9500			
020304		4209 Žabnica	1000	1000								1000	
020305	mulji iz čiščenja odpadne vode (predelava sadja, vrtnin, žitaric,...)	4000 Kranj	27780	27780						27780			
020305		4248 Lesce	32000	32000						32000			
020501	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (proizvodnja mlečnih izdelkov)	4220 Škofja Loka	1100	1100								1100	
020601	snovi, neprimerne za uporabo, predelavo (pekarnarstvo in slaščičarne)	4000 Kranj	81254	81254						81254			
020601		4226 Žiri	960	960							960		
020601		4248 Lesce	144930	144930						144930			
160306	organski odpadki, ki ne vsebujejo nevarnih snovi (neuspešne serije)	4000 Kranj	848	848						848			
160306		4290 Trzin	500	500						500			
190809	jedilna olja in masti (čiščenje odpadne vode)	4210 Brnik aerodrom	5900		5900					5900			
190809		4248 Lesce	1000		1000					1000			
190809		4270 Jesenice	55520		55520			55520					
190809		4280 Kranjska Gora	9800		9800					9800			
200108	organski kuhinjski odpadki	4000 Kranj	5000	5000						5000			
200108		4000 Kranj	100000	100000						100000			
200108		4000 Kranj	1535	1535									
200108		4000 Kranj	2500	2500									
200108		4000 Kranj	6930	6930						6930			
200108		4207 Cerklje na Gor.	120	120							120		
200108		4210 Brnik aerodrom	27340	27340						27340			
200108		4220 Škofja Loka	2600	2600									
200108		4220 Škofja Loka	10400	10400									
200108		4223 Poljane nad Šk.	800	800									
200108		4226 Žiri	10200	10200						10200			
200108		4226 Žiri	9	9						9			
200108		4228 Železniki	3200	3200									
200108		4240 Radovljica	5000	5000									
200108		4240 Radovljica	17198	17198									
200108		4248 Lesce	2207	2207									
200108		4260 Bled	14755	14755									
200108		4260 Bled	9200	9200									
200108		4260 Bled	1050	1050									
200108		4260 Bled	1828	1828									
200108		4264 Boh. Bistrica	1257	1257									
200108		4270 Jesenice	100	100								100	
200108		4270 Jesenice	1000	1000									
200108		4270 Jesenice	50284	50284						50284			
200108		4270 Jesenice	6000	6000						6000			
200108		4290 Trzin	5065	5065						5065			
200125	jedilno olje in maščobe	4000 Kranj	90	90						90			
200125		4000 Kranj	288	288						288			
200125		4000 Kranj	1542	1542						1542			
200125		4000 Kranj	280	280						280			
200125		4000 Kranj	300	300						300			
200125		4000 Kranj	205	205						205			
200125		4000 Kranj	210	210						210			
200125		4207 Cerklje na Gor.	650	650						650			
200125		4210 Brnik aerodrom	1690	1690						1690			
200125		4220 Škofja Loka	1100	1100						1100			
200125		4220 Škofja Loka	356	356									
200125		4223 Poljane nad Šk.	60	60									
200125		4226 Žiri	400	400						400			
200125		4226 Žiri	420	420							420		
200125		4228 Železniki	200	200						200			
200125		4240 Radovljica	240	240									
200125		4240 Radovljica	365	365									
200125		4248 Lesce	980	980									
200125		4248 Lesce	70	70									
200125		4248 Lesce	800	800									
200125		4248 Lesce	1315	1315									
200125		4260 Bled	323	323									
200125		4260 Bled	550	550									
200125		4260 Bled	600	600									
200125		4260 Bled	190	190							50		
200125		4264 Boh. Bistrica	4550	4550						4550			
200125		4270 Jesenice	600	600									
200125		4270 Jesenice	280	280									
200125		4280 Kranjska Gora	3235	3235						3235			
200125		4281 Mojstrana	200	200									
200125		4290 Trzin	515	515									
200201	odpadki, primerni za kompostiranje (vrtovi in parki, pokopališča)	4260 Bled	500	500						500			
200302	odpadki z živilskih trgov	4000 Kranj	1000	1000						1000			
SKUPAJ (kg)			17287149	16129569	72220	1085360	12977160	55520	1260000	644801	209244	2200	2138224
SKUPAJ (t)			17.287 t	16.130 t	72 t	1.085 t	12.977 t	56 t	1.260 t	645 t	209 t	2 t	2.138 t

Legenda:

ZS = začasno skladiščenje

Iz\_ZS = iz začasnega skladiščenja

črne številke: primerno za proizvodnjo bioplina

modre številke: prej potrebna toplotna obdelava odpadka (sterilizacija - patogeni)

Priloga F: Rezultati kemijskih analiz vzorcev blata KČN Gorenjske regije, odvzetih v obdobju od 2006 do 2008

Parameter	Enota	Pregnito blato									Surovo blato							
		ČN 1				ČN 2		ČN 3			ČN 4		ČN 5		ČN 6			ČN 7
		16.5.2007	4.10.2007	30.11.2007	9.9.2008	29.5.2007	19.9.2007	24.7.2007	1.8.2007	5.12.2007	6.7.2007	9.9.2008	5.9.2007	9.9.2008	14.3.2007	5.9.2007	8.11.2007	2.8.2006
pH	-	7,49		7,8		7,56	12,3	7,43	7,13	8,19			7,55		6,77	6,51	6,43	5,3
Suha snov	%	22,63	21,2	29,73	30,5	24,02	26,89	49,2	3,43	17,98	23,3	22,89	24,06	23,46	2,65	2,21	1,81	11,7
Žarozguba	% mase s.s.	64,93		50,38	59,23	63,75	50,6	57,17	57,48	57,32		62,14	63,6	63,1	73,31	75,09	77,69	83,96
RASTLINSKA HRANILA																		
Celotni dušik	mg/kg s.s.	51425		32646	38853	39310	30700	29633	59329	40069		47031	48282	51504	64608	63947	62417	29413
Rastl. dostopen kalij (kot K <sub>2</sub> O)	mg/kg s.s.	9954		1100		841	410	1280	4280	1100			3200		7300	11000	10700	340
Rastl. dostopen fosfor (kot P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	mg/kg s.s.	9342		1678		12793	924	1246	3368	4895			1941		2550	13250	7885	1685
NEVARNE SNOVI																		
Kadmij	mg/kg s.s.	1,4		1,8	2	1,5	1,1	1,6	1,8	1,9	1,4	2,5	1,3	1,6	<2	1,1	1,3	0,26
Baker	mg/kg s.s.	586		500	503	301	210	9800	10400	9900	325	430	231	243	200	198	190	116
Nikelj	mg/kg s.s.	33		48	67	57	35	105	101	190	24	34	22	26	22	32	25	26,3
Svinec	mg/kg s.s.	101		110	105	152	110	251	266	260	128	210	128	148	72	82	77	91,6
Cink	mg/kg s.s.	1260	0,35 v izlužku	1050	1100	1230	850	950	1060	1200	959	15900	862	950	900	1110	1050	755
Živo srebro	mg/kg s.s.	1,2		2,9	<0,04	3,3	2,7	3,3	3,4	3,9	1,5	3,32	1,3	1,07	1,9	1,1	2,2	1,3
Krom - celotni	mg/kg s.s.	152		360	68	113	78	122	149	240	29	1080	40	46	24	31	27	31,2
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX	mg Cl/kg s.s.	<0,9				<0,8		<0,4	0,07	<1,1			<0,8		<0,8			
PAH	mg/kg s.s.	4,07			3	2,05		2,43	3,59	2,95			0,85			2,02		
PCB	mg/kg s.s.	<0,05			<0,2	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05			<0,2			<0,05		
Kloridi v izlužku	mg Cl/kg s.s.		49															
Fluoridi v izlužku	mg F/kg s.s.		<1															
Sulfati v izlužku	mg SO <sub>4</sub> /kg s.s.		2930															
Celotni raztop. org. ogljik - DOC v izlužku	mg C/kg s.s.		1170															
TOC	% C mase s.s.			26,2	38,3							36,6		40,1				

Opomba:

rdede številke: vrednosti parametrov, ki po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (2008) ne ustrezajo niti okoljski kakovosti za stabilizirane biološko razgradljive odpadke

Imena KČN zaradi varovanja podatkov niso navedena.