

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Dolenec, M., 2016. Fizikalno kemijske karakteristike blata in možnosti končne dispozicije blata iz Centralne čistilne naprave Kranj. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J.): 87 str.

Datum arhiviranja: 29-06-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Dolenec, M., 2016. Fizikalno kemijske karakteristike blata in možnosti končne dispozicije blata iz Centralne čistilne naprave Kranj. M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J.): 87 pp.

Archiving Date: 29-06-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



**PODIPLOMSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
HIDROTEHNIČNA SMER**

Kandidat:

MATJAŽ DOLENEC

**FIZIKALNO KEMIJSKE KARAKTERISTIKE BLATA IN
MOŽNOSTI KONČNE DISPOZICIJE BLATA IZ
CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE KRANJ**

Diplomska naloga št.: 256

**PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF
SEWAGE SLUDGE AND THE FINAL DISPOSAL OF
SEWAGE SLUDGE FROM THE CENTRAL
WASTEWATER TREATMENT PLANT KRANJ**

Graduation thesis No.: 256

Mentor:
izr. prof. dr. Jože Panjan

Predsednik komisije:
prof. dr. Matjaž Četina

Ljubljana, 15. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matjaž Dolenec izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom: »Fizikalno kemijske karakteristike blata in možnosti končne dispozicije blata iz Centralne čistilne naprave Kranj«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 15.6.2016

Matjaž Dolenec

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.32:696.139(497.4)(043)
Avtor:	Matjaž Dolenec, univ. dipl. inž.vod. in kom. inž.
Mentor:	izr. prof. dr. Jože Panjan
Naslov:	Fizikalno kemijske karakteristike blata in možnosti končne dispozicije blata iz Centralne čistilne naprave Kranj
Obseg in oprema:	87 str., 22 pregl., 9 graf., 6 sl.
Ključne besede:	čistilna naprava, odvečno blato, težke kovine, končna dispozicija blata, umetna zemljina, kompostiranje, sežig

IZVLEČEK

Namen magistrskega dela je bilo preučiti fizikalno kemijske karakteristike blata iz Centralne čistilne naprave Kranj in preučiti možne končne dispozicije takšnega blata. Težke kovine so eden glavnih onesnaževalcev, ki so prisotni v blatih čistilnih naprav, njihove koncentracije pa v veliki meri vplivajo na možnosti končnega ravnanja z blatom.

V uvodnem delu je predstavljena zakonodaja na področju ravnanja z blatom v Sloveniji. V nadaljevanju so opisani možni postopki ravnanja z blatom, predstavljene so tudi glavne značilnosti posameznih težkih kovin.

V sklopu eksperimentalnega delasmo od leta 2007 do 2013 spremljali koncentracije težkih kovin in ostalih elementov v blatu na Centralni čistilni napravi Kranj, opravili smo tudi poizkus kompostiranja dehidriranega blata skupaj s sekanci. Na podlagi pridobljenih rezultatov smo v skladu z veljavno zakonodajo preučili možnosti končnega ravnanja z dehidriranim blatom iz centralne čistilne naprave Kranj in predlagali optimalno varianto.

Ugotovili smo, da blato presega dovoljene koncentracije težkih kovin, da bi ga brez obdelave lahko odlagali na kmetijske in ostale površine. Menimo, da je najboljša in ekonomsko smiselna rešitev končne dispozicije blata iz Centralne čistilne naprave Kranj priprava komposta iz stabiliziranega dehidriranega blata z dodajanjem lesnih oziroma ostalih primernih materialov. Takšen kompoziten material bi lahko uporabili za rekultivacijsko plast na odlagališčih ali pa za sanacijo degradiranih področij.

BIBLIOGRAPHIC- DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 628.32:696.139(497.4)(043)
Author: Matjaž Dolenec, univ. dipl. inž.vod. in kom. inž.
Supervisor: Assoc. prof. dr. Jože Panjan, Ph.D.
Title: Physical and Chemical Properties of Sewage Sludge and the Final Disposal of Sewage Sludge from the Central Wastewater Treatment Plant Kranj
Notes: 87 p., 22 tab., 9 graph., 6 fig.
Key words: wastewater treatment plant, sewage sludge, heavy metals, final sludge disposal, artificial material, composting, incineration

ABSTRACT

The aim of the presented study was to examine physical and chemical characteristics of sewage sludge from the central wastewater treatment plant (CWWTP) in Kranj and examine the final sewage sludge disposal. Heavy metals are one of the main pollutants that are present in the sewage sludge. Their concentration is very important for the final sewage sludge disposal.

In the first part, the study presents the Slovenian legislation of sewage sludge. It outlines the possibilities of the final sludge disposal and describes the main characteristic of heavy metals.

During experimental work, there have been monitoring metals in sewage sludge from 2007 to 2013 of the CWWTP Kranj, and we tested composting sewage sludge with wood material. Based on experimental results, there has been examined possibilities of final sewage sludge disposal from CWWTP Kranj and optimal solution has been proposed.

The results showed that the sewage sludge from the CWWTP Kranj contained high concentrations of heavy metals, and was thus unusable on agricultural and non-agricultural area. We considered that the optimal solution of the final sewage sludge disposal from CWWTP Kranj would be composting the sludge with some other material. Such material could be used for remediation of landfills and other degraded area.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi magistrskega dela se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu.

Zahvaljujem se celotni upravi na Centralni čistilni napravi Kranj, kjer mi je bilo omogočeno opravljanje meritev. Posebej se zahvaljujem g. Blažu Bajžlju za vse koristne nasvete pri pisanju magistrskega dela.

Posebna zahvala gre mojim domačim, ki so mi omogočili kar se da prijetna študijska leta.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
1 UVOD	1
2 ZAKONODAJA NA PODROČJU RAVNANJA ZBLATOM V SLOVENIJI	3
2.1 Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšati količine biorazgradljivih odpadkov	3
2.2 IPPC direktiva in IPPC dovoljenje, BAT in BREF	4
2.3 Klasifikacija odpadkov iz čistilnih naprav	5
2.4 Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	6
2.5 Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov	7
2.6 Predelava blata iz čistilnih naprav po veljavni zakonodaji	10
2.7 Uredba o sežiganju odpadkov	15
2.8 Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi	15
3 POSTOPKI OBDELAVE IN UPORABE BLATA IZ ČISTILNIH NAPRAV	17
3.1 Anaerobna stabilizacija blata in pridobivanje bioplina	17
3.2 Aerobna stabilizacija	19
3.3 Sežig in sosežig blata	19
3.4 Sušenje blata in predelava blata v trdno gorivo	21
3.5 Uplinjanje in piroliza	22
3.6 Kompostiranje	23
3.7 Uporaba blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu	24
3.8 Predelava blata v umetno zemljino in izraba bioplina	25
3.9 Ravnanje z blatom iz čistilnih naprav v Sloveniji	26
4 ZNAČILNOSTI TEŽKIH KOVIN IN NJIHOV VPIV NA OKOLJE	27
4.1 Lastnosti izbranih težkih kovin	27
4.1.1 Kadmij (Cd)	27
4.1.2 Krom (Cr)	28
4.1.3 Baker (Cu)	28
4.1.4 Živo srebro (Hg)	28
4.1.5 Nikelj (Ni)	28
4.1.6 Svinec (Pb)	29

4.1.7 Cink (Zn)	29
4.2 Mobilnost in škodljivi vplivi težkih kovin na okolje	29
5 ČIŠČENJE ODPADNE VODE PO POSTOPKU Z AKTIVNIM BLATOM	31
5.1 Mehansko čiščenje	31
5.2 Biološka stopnja čiščenja	32
5.3 Biološko odstranjevanje hranil	33
5.4 Obdelava blata	34
6 MATERIALI IN METODE	35
6.1 Centralna čistilna naprava Kranj	35
6.1.1 Učinek čiščenja in količine nastalega blata na CČN Kranj od leta 2007–2013	40
6.1.2 Količine dehidriranega blata nastalega na CČN Kranj	42
6.2 Vzorčevanje dehidriranega blata	44
6.3. Analizne metode	45
7 REZULTATI IN RAZPRAVA	47
7. 1 Koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu na CČN Kranj	47
7.1.1 Kadmij	51
7.1.2 Krom	52
7.1.3 Baker	53
7.1.4 Živo srebro	54
7.1.5 Nikelj	55
7.1.6 Svinec	56
7.1.7 Cink	57
7.2 Vsebnost ostalih elementov v dehidriranem blatu	59
7.2.1 Vsebnost elementov skupine platina (PGE) v dehidriranem blatu	60
7.2.2 Vsebnost zlata in srebra v dehidriranem blatu na CČN Kranj	61
7.3 Možnost uporabe blata v kmetijske namene	62
7.4 Možnost predelave dehidriranega blata v skladu z zakonodajo in njegova uporaba	63
7.5 Možnost mokrega sežiga blata iz CČN Kranj	68
7.6 Možnost sušenja blata in predelave v trdno gorivo	68
7.7 Prevzem blata s strani pooblaščenega podjetja	69
7.8 Pridobivanje bioplina iz blata	70
7.9 Ravnanje z blatom iz posameznih čistilnih naprav v Sloveniji	70
8 ZAKLJUČEK	72
9 POVZETEK	76
10 SUMMARY	78
VIRI	80
SEZNAM PRILOG	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrste odpadkov iz naprav za čiščenje odpadne vode(Uradni list RS, 103/2011)	6
Preglednica 2: Mejne dovoljene vrednosti težkih kovin pri vnosublata na kmetijske površine (Uradni list RS, 62/2008)	7
Preglednica 3: Največje vrednosti anorganskih parametrov umetno pripravljene zemljine, ki je namenjena rekultivaciji tal na kmetijskih zemljiščih po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov(Uradni list RS, 34/08)	8
Preglednica 4: Največje vrednosti organskih parametrov v umetno pripravljene zemljini, ki je namenjena rekultivaciji tal na kmetijskih zemljiščih po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov(Uradni list RS, 34/08)	8
Preglednica 5: Največje vrednosti anorganskih parametrov umetno pripravljene zemljine, ki je namenjena rekultivaciji tal na nekmetijskih zemljiščih ali nasipavanju zemljišč in zapolnjevanju izkopov po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08)	9
Preglednica 6: Največje vrednosti organskih parametrov in njihove največje vrednosti v izlužku za umetno pripravljeno zemljino, ki je namenjena rekultivaciji tal na nekmetijskih zemljiščih ali nasipavanju zemljišč in zapolnjevanju izkopov po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov(Uradni list RS, 34/08)	9
Preglednica 7: Mejne vrednosti parametrov za uvrstitev komposta v kakovostni razred (Uradni list RS, 99/2013)	11
Preglednica 8: Mejne vrednosti parametrov za uvrstitev digestata v kakovostni razred (Uradni list RS, 99/2013)	12
Preglednica 9: Mejne vrednostiletnega vnosa nevarnih snovi v tla (Uradni list RS, 99/2013)	13
Preglednica 10: Parametri okoljske kakovosti za kompost in pregnito blato (Uradni list RS, 62/2008)	13
Preglednica 11: Klasifikacijski razredi trdnega goriva	16
Preglednica 12: Dotok odpadne vode na CČN Kranj	40
Preglednica 13: Povprečne letne koncentracije težkih kovin v blatu	49
Preglednica 14: Vsebnost težkih kovin v blatu na CČN Kranj v letih od 2007 do 2010	50
Preglednica 15: Vsebnost težkih kovin v blatu na CČN Kranj v letih od 2010 do 2013	51

Preglednica 16: Primerjava koncentracij težkih kovin v dehidriranem blatu iz različnih čistilnih naprav	59
Preglednica 17: Povprečne vrednosti PGE v litosferi in v dehidriranem blatu na CČN Kranj	60
Preglednica 18: Vsebnost zlata in srebra v dehidriranem blatu na CČN Kranj	61
Preglednica 19: Povprečna koncentracija težkih kovin v blatu na CČN Kranj in mejne dovoljene vrednosti težkih kovin pri vnosu blata na kmetijske površine	62
Preglednica 20: Povprečne koncentracije težkih kovin v blatu na CČN Kranj in mejne koncentracije po uredbi	64
Preglednica 21: Koncentracije težkih kovin v kompostiranem blatu s sekanci	66
Preglednica 22: Vsebnost težkih kovin v kompostiranem in dehidriranem blatu v letu 2009	67

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Povprečni letni učinki čiščenja na CČN Kranj od leta 2007 do 2013	41
Grafikon 2: Količine nastalega dehidriranega blata na CČN Kranj	43
Grafikon 3: Koncentracija kadmija v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	52
Grafikon 4: Koncentracija celotnega kroma v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	53
Grafikon 5: Koncentracija bakra v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	54
Grafikon 6: Koncentracija živega srebra v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	55
Grafikon 7: Koncentracija niklja v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	56
Grafikon 8: Koncentracija svinca v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	57
Grafikon 9: Koncentracija cinka v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti	58

KAZALO SLIK

Slika 1: Ravnanje z blatom v Sloveniji v letih od 2000 do 2010	26
Slika 2: Shema CČN Kranj	35
Slika 3: Primarna usedalnika na CČN Kranj	37
Slika 4: Aeracijski bazeni in naknadni usedalniki na CČN Kranj	38
Slika 5: Primarno in sekundarno gnilišče na CČN Kranj	39
Slika 6: Dehidrirano blato, ki nastane na CČN Kranj	44

LIST OF TABLES

Table 1: Type of waste from wastewater treatment process(Uradni list RS, 103/2011)	6
Table 2: Limit values of heavy metals content in sewage sludge for use in the agricultural area (Uradni list RS, 62/2008)	7
Table 3: Maximum values of anorganic parameters in artificial soil for use in agricultural area according to Slovenian legislation(Uradni list RS, 34/08)	8
Table 4: Maximum values of organic parameters in artificial soil for use in agricultural area according to Slovenian legislation(Uradni list RS, 34/08)	8
Table 5: Maximum values of anorganic parameters in artificial soil for use in non-agricultural area according to Slovenian legislation(Uradni list RS, 34/08)	9
Table 6: Maximum values of organic parameters and their maximum values in leachate in artificial soil for use in non-agricultural area according to Slovenian legislation(Uradni list RS, 34/08)	9
Table 7: Limit values of parameters for classification of compost into quality class (Uradni list RS, 99/2013)	11
Table 8: Limit values of parameters for classification of compost into quality (Uradni list RS, 99/2013)	12
Table 9: Limit values of annual hazardous input in the soil (Uradni list RS, 99/2013)	13
Table 10: Environmental quality parameters of compost and digested sludge (Uradni list RS, 62/2008)	13
Table 11: The clasification grades of solid fuels	16
Table 12: The flow of wastewater at theCWWTP Kranj	40
Table 13: Theaverage annual concentration of heavy metals in the sewage sludge	49
Table 14: The concentration of heavy metals in sewage sludge atthe CWWTP Kranj since2007 to 2010	50
Table 15: The concentration of heavy metals in sewage sludge atthe CWWTP Kranj since 2010 to 2013	51
Table 16: A comparison of the concentrations od heavy metals in sewage sludge from varius WWTP	59
Table 17: Average concentrations of PGE elements in lithosphere and in sewage sludge atthe CWWTP Kranj	60
Table 18: The concentrations of silver and gold in sewagesludge at theCWWTP Kranj	61

Table 19: Average concentrations of heavy metals in sewage sludge atthe CWWTP Kranj and limit values of heavy metals content in sewage sludge for use in the agricultural area (Uradni list RS, 62/2008)	62
Table 20: Average concentrations od heavy metals insewage sludge atthe CWWTP Kranj and limit values according to Slovenian legislation	64
Table 21: Concentrations of heavy metals in the composted sludge	66
Table 22: Concentrations fo heavy metals in the composted and sewage sludge in 2009	67

LIST OF GRAPHS

Graph 1: The average annual treatment effect at the CWWTP Kranj since 2007 to 2013	41
Graph 2: Quantities of dehydrated sludge at the CWWTP Kranj	43
Graph 3: The concentration of cadmium in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	52
Graph 4: The concentration of total chromium in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	53
Graph 5: The concentration of copper in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	54
Graph 6: The concentration of mercury in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	55
Graph 7: The concentration of nickel in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	56
Graph 8: The concentration of lead in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	57
Graph 9: The concentration of zinc in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values	58

LIST OF FIGURES

Figure 1: Final disposition of sewage sludge in Slovenia since 2000 to 2010	26
Figure 2: Scheme of the CWWTP Kranj	35
Figure 3: Primary clarifiers at theCWWTP Kranj	37
Figure 4: Aeration tanks and secondary clarifiers at theCWWTP Kranj	38
Figure 5: Primary and secondary digester at theCWWTP Kranj	39
Figure 6: Dehydrated sludge formed at theCWWTP Kranj	44

SEZNAM PRILOG

Priloga A: KEMIJSKE ANALIZE DEHIDRIRANEGA BLATA IZ CČN KRANJ
ZA LETO 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 IN 2013 – ZZZV KRANJ

Priloga B: KEMIJSKE ANALIZE KOMPOSTIRANEGA BLATA S SEKANCI

Priloga C: KEMIJSKE ANALIZE DEHIDRIRANEGA BLATA IZ CČN KRANJ
ZA LETO 2007, 2009 IN 2010 – ACME KANADA

Priloga D: SHEMA CČN KRANJ

KRATICE

Ag	Srebro
As	Arzen
Au	Zlato
BAT	Best available techniques – najboljše razpoložljive tehnike
BPK ₅	Biokemijska potreba po kisiku v petih dneh
BREF	Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah
CČN	Centralna čistilna naprava
Cd	Kadmij
Cr	Krom
Cu	Baker
Hg	Živo srebro
IPPC	Integrated pollution prevention and control – celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja
KPK	Kemijska potreba po kisiku
MDK	Mejne dovoljene koncentracije
Ni	Nikelj
PAH	Policiklični aromatrski ogljikovodiki
Pb	Svinec
PCB	Poliklorirani bifenili
PE	Populacijski ekvivalent
PGE	Platinum group elements – elementi iz skupine platina
pH	Merilo za koncentracijo hidroksidnih ionov
s.s	Suha snov
RS	Republika Slovenija
TOC	Skupni organski ogljik
TOT/S	Celokupno žveplo
Zn	Cink

1 UVOD

Centralna čistilna naprava (CČN) Kranj je namenjena čiščenju komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode mesta Kranj in njegove okolice. Pri čiščenju odpadne vode na čistilnih napravah se uporabljajo kemijski, fizikalni in biološki postopki. Na CČN Kranj se grobi in usedljivi delci odstranjujejo s sedimentacijo in flotacijo, odstranjevanje raztopljenih in koloidnih snovi pa poteka s pomočjo mikroorganizmov.

Med procesom čiščenja odpadne vode na čistilnih napravah kot stranski produkt nastaja blato. Količina in sestava blata zelo nihata glede na način čiščenja in glede na sestavo odpadne vode. Blato vsebuje poleg patogenih mikroorganizmov in organskih onesnažil tudi težke kovine, ki so velik onesnaževalec okolja. Po sprejetju nove zakonodaje v Sloveniji blata iz čistilnih naprav ni več možno neposredno odlagati na odlagališča. Pred odlaganjem je potrebno blato obdelati oziroma stabilizirati s ciljem zadostnega zmanjšanja vsebnosti organskih snovi. Obstajajo tudi različne alternative, kot npr: odlaganje blata na kmetijske površine zemljišča, kompostiranje in sežig blata (Grilc et al., 2006).

Na čistilni napravi Kranj nastaja primarno blato, poživiljeno blato, mehansko – biološko blato in preginito blato. Na CČN Kranj se blato zgošča in stabilizira, in sicer po postopku anaerobne presnove v gniliščih. V primarnem gnilišču se blato razgradi, sekundarno gnilišče pa se uporablja kot usedalnik, v katerem se usedljive snovi ločijo od supernatanta. Po zgoščevanju in stabilizaciji na CČN Kranj uporabljajo še dehidracijo blata, za kar se uporablja centrifuga. Dehidrirano blato prevzema pooblaščen podjetje, ki je registrirano za prevzem in ravnanje z odpadnim blatom.

Ravnanje z blatom čistilne naprave predstavlja 30–50 % obratovalnih stroškov (Grilc et al., 2006). Najprimernejša končna dispozicija blata z okoljskega in ekonomskega vidika je odlaganje na kmetijskih površinah. Predpogoj temu je dovolj veliko kmetijskih površin in primerna kakovost blata (Rismal, 2009). V Sloveniji pogoje odlaganja blata na kmetijske površine zakonsko določata Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008) in Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013). Vsebnost težkih kovin v blatu je v veliki meri odvisna od sestave odpadne vode. Industrijske odpadne vode so potencialno velik vir onesnaženja okolja s težkimi kovinami. Težke kovine se namreč s časom ne razgradijo, strupene so že pri nizkih koncentracijah, poleg tega se lahko akumulirajo v živih organizmih (Arora et al., 2008). Pri višjih koncentracijah so težke kovine zelo strupene in jih štejemo kot velike onesnaževalce okolja (Chehregani et al., 2005).

Tema magistrske naloge je opredeliti možnosti ravnanja z blatom iz CČN Kranj. Od leta 2007–2013 smo odvzeli skupaj 36 vzorcev dehidriranega blata iz CČN Kranj, na katerih smo opravili analize vsebnosti težkih kovin. Na 26 vzorcih dehidriranega blata so bile opravljene podrobnejše geokemične analize, in sicer 7 glavnih, 7 stranskih in 41 slednih prvin. Na nekaterih vzorcih smo opravili tudi analize takoimenovane skupine platina (PGE). Blato iz CČN Kranj smo kompostirali skupaj s sekanci in to blato tudi analizirali.

Na podlagi pridobljenih podatkov smo opredelili možnosti ravnanja z blatom iz CČN Kranj. Preučili smo možnost odlaganja blata na kmetijske površine, možnost kompostiranja blata, da bi pridobili kompozitno zemljino, sežig blata, možnost predelave blata v trdno gorivo, prevzem blata s strani pooblaščenega zastopnika in izgradnjo sušilnice blata. Na podlagi ugotovitev smo podali najbolj primerno končno dispozicijo blata.

2 ZAKONODAJA NA PODROČJU RAVNANJA Z BLATOM V SLOVENIJI

Blato iz čistilnih naprav spada med biološko razgradljive odpadke. Ravnanje z blatom v Sloveniji urejata Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008 – v veljavi samo še 13. člen) in nova Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013). Pred odlaganjem blata je le-tega potrebno ustrezno obdelati. Obdelava biološko razgradljivih odpadkov predstavlja kompostiranje, anaerobna razgradnja, mehansko biološka obdelava ali katerikoli postopek higienizacije teh odpadkov. Upravljalci komunalnih čistilnih naprav morajo vsako leto izdelati poročilo o monitoringu čistilne naprave in pristojnim inštitucijam sporočiti podatke o količini blata ter ravnanju z blatom.

2.1 Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšati količine biorazgradljivih odpadkov

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšati količine biorazgradljivih odpadkov iz leta 2008 (v nadaljevanju operativni program) določa glavne usmeritve glede ravnanja z odpadki v Republiki Sloveniji. Cilj operativnega programa je zastaviti ukrepe za splošno izboljšanje okolja in kakovosti življenja ter varstvo naravnih virov.

Glavna usmeritev ravnanja z odpadki v RS mora biti ločeno zbiranje odpadkov na izvoru in učinkovita obdelava (mehanska, biološka, termična) preostanka odpadkov po ločenem zbiranju in v primeru posameznih tokov odpadkov, odgovornost proizvajalca izdelkov, iz katerih nastanejo odpadki. Kot vodilno načelo zakonodaje na področju preprečevanja nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi se uporablja petstopenjska hierarhija ravnanja z odpadki (5R), ki jo opredeljuje evropska direktiva za urejanje problematike odpadkov (Directive 75/442/EEC). Temeljne značilnosti učinkovitega sistema za ravnanje z odpadki torej predstavlja:

1. preprečevanje nastajanja odpadkov kar zajema kakršnekoli ukrepe, sprejete preden snov, material ali proizvod postane odpadek,
2. ponovna uporaba,
3. recikliranje,
4. drugo predelavo, npr. v energetske namene (»recikliranje energije«) in
5. odstranjevanje odpadkov (odlaganje na trajnih deponijah, če odpadkov ni možno predelati oziroma odstraniti na drug način).

2.2 IPPC direktiva in IPPC dovoljenje, BAT in BREF

Direktiva 96/61/EC oziroma direktiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) je smernica evropske komisije za celovito preprečevanje in nadzor onesnaževanja, ki je posledica industrijske dejavnosti. Namen te direktive je doseči celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja iz naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega in za katere morajo njihovi upravljavci pridobiti okoljevarstveno dovoljenje v skladu z zakonom, ki ureja varstvo okolja. Vrste dejavnosti, ki lahko povzročijo onesnaženje večjega obsega, so navedene v prilogi 1 Uredbe o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega (Uradni list RS, 97/2004, s spremembami). To velja tudi za določene načine ravnanja z odpadnim blatom čistilnih naprav, če objekti za tovrstna ravnanja lahko povzročijo onesnaženje večjega obsega, kot v skladu z uredbo.

Ta direktiva določa ukrepe za preprečevanje, če to ni mogoče pa za zmanjševanje emisij v zrak, vodo in tla pri omenjenih dejavnostih, vključno z ukrepi glede odpadkov, da bi dosegli visoko stopnjo varovanja okolja kot celote. Vse naprave morajo za svoje delovanje pridobiti IPPC dovoljenje. Dovoljenje pomeni del ali celotno pisno odločbo (ali več takih odločb), ki dovoljuje obratovanje celotnega ali dela obrata pod določenimi pogoji, ki zagotavljajo, da ta obrat ustreza zahtevam te direktive. Dovoljenje lahko zajema enega ali več obratov ali delov obratov na istem kraju, ki jih upravlja isti nosilec dejavnosti. IPPC dovoljenja so javno objavljena na spletni strani Agencije RS za okolje.

BAT IN BREF

Najboljše razpoložljive tehnike oziroma najboljše razpoložljive tehnologije (tako imenovane BAT) pomenijo najbolj učinkovito in napredno stopnjo v razvoju dejavnosti in načinov obratovanja, ki kažejo praktično primernost posamezne tehnologije, na podlagi katere se načeloma določa mejna vrednost emisij za preprečevanje, in če to ni izvedljivo, zmanjševanje emisij na splošno, kar vpliva na okolje kot celoto.

Najboljše razpoložljive tehnologije so podvržene stalnim izboljšavam. Kar danes velja za najboljšo razpoložljivo tehnologijo, je lahko že jutri z znanstvenim napredkom in tehnološkimi izboljšavami že preteklost.

Najboljše razpoložljive tehnologije se s proizvodnimi napravami in njihovimi emisijami navezujejo na procesne in proizvodne ukrepe izboljšave. Kot drugo pa so z „najboljšo razpoložljivo tehnologijo“ povezani ukrepi “End-of-pipe“. Praviloma so najboljše razpoložljive tehnologije podvržene naslednjemu vrstnemu redu:

- najprej je treba preprečiti vplive na okolje (na primer z izbiro drugega proizvodnega postopka),

- nato je treba zmanjšati neizogibne emisije snovi in, če je možno, ponovno uporabiti (na primer s povišanjem izkoristka ali z interno predelavo),
- šele ko so izvedeni vsi ti ukrepi, se lahko preostale emisije/odpadke čim manj škodljivo odstrani (Priročnik za določanje in uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT) v postopku dovoljenja, 2006).

Najboljše razpoložljive tehnike za posamezna področja so objavljene v referenčnih dokumentih o najboljših razpoložljivih tehnikah – BREF (BatREference). V BREF-u je podroben opis proizvodnih postopkov:

- opis surovin in priprava le-teh za proizvodnjo in skladiščenje,
- opis tehnoloških in proizvodnih postopkov,
- uporaba dodatnih kemikalij in materialov,
- priročna in končna skladišča in upravljanje z uskladiščenim materialom,
- generiranje/poraba energije,
- zapisane so tudi mejne emisijske vrednosti na določeno tehnologijo oziroma tehnološki postopek.

Na področju ravnanja z odpadki, obstajata dva glavna referenčna dokumenta in sicer:

- o sežiganju odpadkov in posameznih postopkih toplotne obdelave odpadkov,
- o področju obdelave odpadkov, kamor sodijo tudi nekateri načini obdelave odpadnega blata.

2.3 Klasifikacija odpadkov iz čistilnih naprav

V Uredbi o odpadkih (Uradni list RS, 103/2011) so odpadki razdeljeni po klasifikacijskih številkah. V preglednici 1 so navedene vrste odpadkov iz naprav za čiščenje odpadne vode, kamor spada tudi mulj iz komunalnih čistilnih naprav. Mulji iz čistilnih naprav komunalnih odpadnih vod se uvrščajo po klasifikacijskem seznamu odpadkov pod številko 190805.

Preglednica 1: Vrste odpadkov iz naprav za čiščenje odpadne vode (Uradni list RS, 103/2011)

Table 1: Type of waste from wastewater treatment process (Uradni list RS, 103/2011)

KLASIFIKACIJSKA ŠTEVILKA	NAZIV ODPADKOV
19	ODPADKI IZ NAPRAV ZA RAVNANJE Z ODPADKI, IZ ČISTILNIH NAPRAV TER PRIPRAVE PITNE VODE IN VODE ZA INDUSTRIJSKO RABO
19 08	Odpadki iz naprav za čiščenje odpadne vode, ki niso navedeni drugje
19 08 01	Ostanki na grabljah in sitih
19 08 02	Odpadki iz peskolovov
19 08 05	Blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda
19 08 06	Nasičene ali izrabljene smole ionskih izmenjevalnikov
19 08 07	Raztopine in mulji iz regeneracije ionskih izmenjevalnikov
19 08 08	Odpadki iz membranskih sistemov, ki vsebujejo nevarne snovi
19 08 09	Masti in oljne mešanice iz ločevanja olj in vode, ki vsebujejo le jedilna olja in masi
19 08 10	Masti in oljne mešanice iz ločevanja olj in vode, ki niso navedene pod 19 08 09
19 08 11	Blato iz biološke obdelave tehnoloških odpadnih voda, ki vsebuje nevarne snovi
19 08 12	Blato iz biološke obdelave tehnoloških odpadnih voda, ki ni navedeno pod 19 08 11
19 08 13	Blato iz druge obdelave tehnoloških odpadnih voda, ki vsebuje nevarne snovi
19 08 14	Blato iz druge obdelave tehnoloških odpadnih voda, ki ni navedeno pod točko 19 09 13

V Uredbi o odpadkih (Uradni list RS, 103/2011) so navedene tudi lastnosti, zaradi katerih odpadke uvrščamo med nevarne odpadke. Blato iz čistilnih naprav je lahko tudi nevaren odpadek, če vrednosti parametrov blata presegajo mejne vrednosti, določene v prilogi 1 te uredbe.

2.4 Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu

Blato iz komunalnih čistilnih naprav oziroma skupnih čistilnih naprav lahko uporabljamo tudi v kmetijstvu, in sicer v skladu z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008). Blato, ki ga uporabljamo v kmetijstvu, mora biti ustrezno obdelano, za kar

je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov po postopku z oznako R3, prav tako pa težke kovine v blatu ne smejo presežati mejne dovoljene vrednosti po Uredbi o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008). Mejne dovoljene vrednosti so prikazane v preglednici 2.

V kmetijstvu se blato uporablja kot gnojilo, ker vsebuje dušik in fosfor, ki sta glavna hranilna elementa rastlin. Velikokrat je uporaba blata v kmetijstvu omejena oziroma nemogoča zaradi prevelike vsebnosti težkih kovin v njem, ki so posledica pritoka industrijskih odpadnih vod na čistilno napravo. Nekoliko manjšo nevarnost predstavlja odlaganje blata na gozdna tla, ki so zaradi vsebnosti huminskih substanc in visoke kationsko izmenjevalne kapacitete zmožne imobilizirati kovine (Toribo in Romanya, 2006). Uporaba blata v kmetijstvu se v Sloveniji v zadnjih letih ne uporablja, kar kažejo tudi podatki Agencije RS za okolje. Vzrok zato je prevelika onesnaženost blata s težkimi kovinami in patogenimi mikroorganizmi.

Preglednica 2: Mejne dovoljene vrednosti težkih kovin pri vnosu blata na kmetijske površine (Uradni list RS, 62/2008)

Table 2: Limit values of heavy metals content in sewage sludge for use in the agricultural area (Uradni list RS, 62/2008)

Element	Uradni list RS MDK [mg/kg]
Cd	1,5
Cr	200
Cu	300
Hg	1,5
Ni	75
Pb	250
Zn	1200

2.5 Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov

V Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08) so navedeni pogoji v zvezi z obremenjevanjem tal z vnašanjem odpadkov in obveznim ravnanjem pri načrtovanju in vnašanju umetno pripravljene zemljine zaradi izboljšanja ekološkega stanja tal. Iz blata je tako možno pridobiti umetno zemljino in takšen material nato uporabiti za rekultivacijo tal, nasipavanje zemljišč ali za zapolnjevanje izkopov. Pogoj je, da so biološko razgradljivi odpadki, ki so dodani umetno pripravljene zemljini, predhodno obdelani in se uvrščajo v 1. ali 2. razred okoljske kakovosti v skladu s predpisom, ki ureja obdelavo biološko razgradljivih odpadkov. Največje vrednosti parametrov umetno

pripravljene zemljine, namenjene rekultivaciji tal, nasipavanju zemljišč in zapolnjevanju izkopov, so podane v preglednicah 3,4,5 in 6.

Preglednica 3: Največje vrednosti anorganskih parametrov umetno pripravljene zemljine, ki je namenjena rekultivaciji tal na kmetijskih zemljiščih po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08)

Table 3: Maximum values of anorganic parameters in artificial soil for use in agricultural area according to Slovenian legislation (Uradni list RS, 34/08)

Parameter	za zemljino vrste A [mg/kg s.s.]	za zemljino vrste B [mg/kg s.s.]
As	20	20
Pb	40	50
Cd	0,5	0,7
Cr	40	40
Cu	30	30
Ni	30	30
Hg	0,2	0,3
Zn	100	100

Umetno pripravljena zemljina vrste A je zemljina, ki vsebuje več kakor 80 prostorninskih odstotkov naravnih srednje težkih ali težkih tal, zemljina vrste B je zemljina, ki vsebuje manj kakor 80 prostorninskih odstotkov srednje težkih ali težkih tal.

Preglednica 4: Največje vrednosti organskih parametrov v umetno pripravljene zemljini, ki je namenjena rekultivaciji tal na kmetijskih zemljiščih po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08)

Table 4: Maximum values of organic parameters in artificial soil for use in agricultural area according to Slovenian legislation (Uradni list RS, 34/08)

Parameter	[mg/kg s.s.]
Vsota ogljikovodikov (Σ CH) celotna vsebnost	20, 50, 100, 200 ¹
PAH – policiklični aromatski ogljikovodiki	2
BTX – celotna vsebnost	0,1
PCB – celotna vsebnost ²	0,1

- 1) vrednost 20 mg/kg s.s. velja za zemljo s $\text{TOC} \leq 0,3\%$
vrednost 50 mg/kg s.s. velja za zemljo z $0,3\% < \text{TOC} \leq 0,5\%$
vrednost 100 mg/kg s.s. velja za zemljo z $0,5\% < \text{TOC} \leq 2,0\%$

vrednost 200 mg/kg s.s. velja za zemljo s TOC > 2,0%

2) vsota PCB 28, 52, 101, 138, 153 in 180

Preglednica 5: Največje vrednosti anorganskih parametrov umetno pripravljene zemljine, ki je namenjena rekultivaciji tal na nekmetijskih zemljiščih ali nasipavanju zemljišč in zapolnjevanju izkopov po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08)

Table 5: Maximum values of anorganic parameters in artificial soil for use in non-agricultural area according to Slovenian legislation(Uradni list RS, 34/08)

Parameter	[mg/kg s.s.]	Izlužek [mg/kg s.s.] L/S = 10 l/kg
As	30	0,3
Pb	100	0,3
Cd	1,1	0,03
Cr	90	0,3
Cu	60 (90 ¹)	0,6
Ni	55	0,6
Hg	0,7	0,01
Zn	300 (450 ¹)	18

1) pri zemljini s pH > 7 velja višja mejna vrednost

Preglednica6: Največje vrednosti organskih parametrov in njihove največje vrednosti v izlužku za umetno pripravljeno zemljino, ki je namenjena rekultivaciji tal na nekmetijskih zemljiščih ali nasipavanju zemljišč in zapolnjevanju izkopov po Uredbi o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08)

Table 6: Maximum values of organic parameters and their maximum values in leachate in artificial soil for use in non-agricultural area according to Slovenian legislation(Uradni list RS, 34/08)

Parameter	[mg/kg s.s.]	izlužek [mg/kg s.s.] L/S = 10 l/kg
Vsota ogljikovodikov (Σ CH) celotna vsebnost	20, 50, 100, 200 ¹	5
PAH – policiklični aromatski ogljikovodiki	2	/
BTX	1	/
PCB ²	0,1	/
AOX kot klor, vsebnost eluata	/	0,3

1) vrednost 20 mg/kg s.s. velja za zemljino vrste A
vrednost 50 mg/kg s.s. velja za zemljo s TOC <= 0,5%
vrednost 100 mg/kg s.s. velja za zemljo z 0,5 % < TOC <= 2%

- vrednost 200 mg/kg s.s. velja za zemljo s TOC > 2%
- 2) vsota PCB 28, 52, 101, 138, 153 in 180
/ ni vrednosti

Za pripravo umetne zemljine zaradi njenega vnosa v tla, je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov po postopku R10, v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki.

2.6 Predelava blata iz čistilnih naprav po veljavni zakonodaji

Blato iz čistilnih naprav se v skladu z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013) lahko predela v kompost ali digestat. Kompost je biološko stabilen, higieniziran, humusu podoben material z več kot 15% organske snovi, ki nastane pri kompostiranju. Digestat oziroma pregnito blato je poltekoč ali tekoč material, ki nastane pri anaerobni razgradnji. Po končani anaerobni razgradnji je digestat potrebno toplotno obdelovati vsaj še eno uro pri temperaturi 70°C. Po končani anaerobni razgradnji je potrebno digestat še kompostirati.

Kompost ali digestat se po obdelavi lahko uporablja za vnos v tla, sanacijo degradiranih območij, rekultivacijo odlagališč odpadkov, če zadostuje parametrom, ki so navedeni v prilogi te uredbe. Kompost in digestat se po uredbi lahko uvrščata v dva razreda, in sicer v 1. ali 2. kakovostni razred.

Predelovalec biološko razgradljivih odpadkov lahko predeluje biološko razgradljive odpadke, če ima okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov.

V preglednici 7 so podane mejne vrednosti parametrov za uvrstitev komposta v kakovostni razred, v preglednici 8 pa mejne vrednosti parametrov za uvrstitev digestata v kakovostni razred.

Preglednica 7: Mejne vrednosti parametrov za uvrstitev komposta v kakovostni razred (Uradni list RS, 99/2013)

Table 7: Limit values of parameters for classification of compost into quality class (Uradni list RS, 99/2013)

Parameter	Enota	Mejne vrednosti za kompost	
		1. kakovostni razred	2. kakovostni razred
Cd	mg/kg s.s.	1,5	3,0
Cr	mg/kg s.s.	100	250
Cu	mg/kg s.s.	100	500
Hg	mg/kg s.s.	1,0	3,0
Ni	mg/kg s.s.	50	100
Pb	mg/kg s.s.	120	200
Zn	mg/kg s.s.	400	1800
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	6,0	6,0
Policiklični bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	0,2	1,0
Organska snov	% mase s.s.	> 15	> 15
Biološka stabilnost (AT ₄)	mg O ₂ /g s.s.	< 15	< 15
Semena in vegetativni reproduktivni deli plevela	št./L	≤ 2,0	≤ 2,0
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2mm	% mase s.s.	< 0,5	< 2,0
Mineralni trdni delci, večji od 5mm	% mase s.s.	< 5,0	< 5,0
<i>Salmonela</i>	št./25g sveže snovi	0	0
<i>Escherichia coli</i>	CFU/1g sveže snovi	1000	1000

Preglednica8: Mejne vrednosti parametrov za uvrstitev digestata v kakovostni razred (Uradni list RS, 99/2013)

Table 8: Limit values of parameters for classification of compost into quality class (Uradni list RS, 99/2013)

Parameter	Enota	1. kakovostni razred		2. kakovostni razred
		Mejne vrednosti za digestat z manj kot 20% suhe snovi	Mejne vrednosti za digestat z več kot 20% suhe snovi	Mejne vrednosti za digestat z več kot 20% suhe snovi
Cd	mg/kg s.s.	2,5	1,5	3,0
Cr	mg/kg s.s.	100	100	250
Cu	mg/kg s.s.	200	200	500
Hg	mg/kg s.s.	1,0	1,0	3,0
Ni	mg/kg s.s.	50	50	100
Pb	mg/kg s.s.	120	120	200
Zn	mg/kg s.s.	400	400	1800
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	6,0	6,0	6,0
Policiklični bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	0,2	0,2	1,0
Organska snov	% mase s.s.	> 15	> 15	> 15
Kratkoverižne maščobne kisline	mg/L	< 300	< 100	< 300
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2mm	% mase s.s.	/	< 2,0	< 2,0
Mineralni trdni delci, večji od 5mm	% mase s.s.	/	< 5,0	< 5,0
Semena in vegetativni reproduktivni deli plevela	št./L	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 2,0
<i>Salmonela</i>	št./25g sveže snovi	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	CFU/1g sveže snovi	1000	1000	1000

/ ni vrednosti

V preglednici 9 so podane mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla v g/ha na leto.

Preglednica9: Mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla (Uradni list RS, 99/2013)

Table 9: Limit values of annual hazardous input in the soil(Uradni list RS, 99/2013)

Nevarna snov	Mejna vrednost letnega vnosa [g*ha⁻¹ leto⁻¹]
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	10
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	700
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	400
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	600
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	3000
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	10
Celotni krom	600

V času izvajanja meritev na CČN Kranj je bila v veljavi stara Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008), ki je veljala do leta 2014. V tej uredbi so bili določeni trije razredi, v katere se lahko uvrsti kompost ali pregnito blato. V preglednici10 so podani parametri okoljske kakovosti in posamezni razredi po stari uredbi. V nadaljevanju pri interpretaciji rezultatov bomo na podlagi dobljenih analiz blato uvrstili v razrede, tako po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008), ki je veljala do leta 2014 (v obdobju analiziranja vzorcev) in tudi po novi Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013). V kolikor se kompost oziroma digestat zaradi preseganja parametrov (preglednica7oziroma8) ne uvršča v nobenega od razredov kakovosti, je uporaba komposta ali digestata skladno z uredbo prepovedana.

Preglednica 10: Parametri okoljske kakovosti za kompost in pregnito blato (Uradni list RS, 62/2008)

Table 10: Environmental quality parameters of compost and digested sludge (Uradni list RS, 62/2008)

Parameter okoljske kakovosti	Kompost ali pregnito blato: 1. razred okoljske kakovosti [mg/kg s.s.]	Kompost ali pregnito blato: 2. razred okoljske kakovosti [mg/kg suhe snovi]	Okoljska kakovost za stabilizirane biološko razgradljive odpadke [mg/kg suhe snovi]
Cd	0,7	1,5	7,0
Cr	80	200	500
Cu	100	300	800
Hg	0,5	1,5	7,0
Ni	50	75	350

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 10

Pb	80	250	500
Zn	200	1200	2500
PCB	0,4	1,0	1,0
PAH	3,0	3,0	6,0
Neželene primesi	(% mase suhe snovi)	(% mase suhe snovi)	(% mase suhe snovi)
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2 mm	< 0,5 %	< 2,0 %	< 7,0 %
Mineralni trdni delci, večji od 5mm	< 5,0 %	< 5,0 %	/

/ ni vrednosti

Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013) določa, da je vnos komposta 1. kakovostnega razreda in digestata 1. kakovostnega razreda dovoljen na vseh zemljiščih ne glede na območje, kjer je zemljišče, razen če s predpisi, ki urejajo vodovarstvena območja, ni določeno drugače.

Uporaba komposta 2. kakovostnega razreda in digestata 2. kakovostnega razreda je dovoljena na nekmetijskih zemljiščih, razen če s predpisi, ki urejajo vodovarstvena območja, ni določeno drugače in gre za:

- gnojenje okrasnih rastlin v vrtnarijah in drevesnicah,
- izboljšavo tal v parkih, na zelenicah ali površinah za šport, rekreacijo ali prosti čas,
- rekultivacijo glinokopov, kamnolomov, degradiranih industrijskih območij ali opuščenih industrijskih površin, če je vodonosnik pod temi površinami prekrit z zveznimi, neprekinjenimi, slabo do zelo slabo prepustnimi krovnimi plastmi,
- rekultivacijo odlagališč odpadkov v skladu s predpisom, ki ureja odlaganje odpadkov na odlagališčih,
- rekultivacijo zemljišč prometne infrastrukture in
- gradnjo biofiltra.

Skladno z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013) blato iz komunalnih čistilnih naprav spada med biološko razgradljive odpadke, ki jih je možno predelati v kompost oziroma digestat.

2.7 Uredba o sežiganju odpadkov

Uredba o sežiganju odpadkov (Uradni list RS, 68/2008 s spremembami) določa ukrepe, obvezna ravnanja, prepovedi in druge pogoje za sosežiganje in sežiganje odpadkov in pogoje ter ukrepe glede obratovanja naprav za sosežig odpadkov in sežigalnic odpadkov z namenom, preprečiti ali omejiti škodljive učinke na okolje, zlasti onesnaževanje z emisijo snovi v zrak, tla, površinsko vodo in podzemno vodo, kolikor je to izvedljivo, posledično tudi na tveganje za zdravje ljudi. Za obratovanje sežigalnice je treba pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov po postopku z oznako R1, če se trdni komunalni odpadki uporabljajo kot običajno ali kot dodatno gorivo z veliko energetsko učinkovitostjo, v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, ali okoljevarstvenimo dovoljenjem za odstranjevanje odpadkov po postopku z oznako D10. Za obratovanje naprave za sosežig je treba pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov po postopku z oznako R1, če se odpadki uporabljajo kot običajno ali kot dodatno gorivo, in za odstranjevanje odpadkov po postopku z oznako D10, če se odpadki toplotno obdelajo za namen odstranjevanja.

2.8 Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi

Blato iz čistilnih naprav sev skladu z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi (Uradni list RS, 96/2014) lahko predeluje v trdno gorivo. Ta uredba je začela veljati 13.1.2015 in določa pogoje za predelavo nenevarnih odpadkov v trdna goriva in pogoje za njihovo uporabo v kurilnih napravah, sežigalnicah in napravah za sosežig. Za predelavo odpadkov v trdno gorivo je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje, v skladu s predpisom, ki ureja odpadke. Uredba navaja, da je v trdno gorivo dovoljeno predelovati samo nenevarne odpadke, kamor spada odpadek s klasifikacijsko številko 19 08 05 (blato iz komunalnih čistilnih naprav). Lastnosti trdnega goriva se ugotavljajo na podlagi standarda SIST EN 15359. V preglednici 11 so podani klasifikacijski razredi trdnega goriva povzeti po standardu SIST EN 15359.

Preglednica 11: Klasifikacijski razredi trdnega goriva

Table 11: The classification grades of solid fuels

Parameter	Statistični izračun povprečja	Enota	1. razred trdnega goriva	2. razred trdnega goriva	3. razred trdnega goriva	4. razred trdnega goriva	5. razred trdnega goriva
Neto kurilna vrednost	aritmetična sredina	MJ/kg	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	$\geq 3,0$
Klor	aritmetična sredina	% [m/m]	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$
Živo srebro	mediana	mg/MJ	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,1$	$\leq 0,5$
Živo srebro	80 percentilna vrednost	mg/MJ	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,0$
Kadmij	aritmetična sredina	mg/kg	$\leq 1,0$	$\leq 4,0$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$
Žveplo	aritmetična sredina	% (m/m)	$\leq 0,2$	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$

Skladno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi (Uradni list RS, 96/2014) se trdno gorivo, pridobljeno iz blata iz čistilnih naprav ne sme uporabljati v mali kurilni napravi, lahko se uporablja v srednjih in velikih kurilnih napravah, razen v primerih, če je v skladu z standardom SIST EN 15359:

- razvrščeno v peti razred glede na neto kurilno vrednost,
- razvrščeno v tretji, četrti ali peti razred, glede na vsebnost klora,
- razvrščeno v drugi, tretji, četrti ali peti razred, glede na vsebnost živega srebra,
- vsebnost kadmija v trdnem gorivu večja od 2 mg/kg v suhi snovi,
- vsebnost žvepla v trdnem gorivu večja kot 0,2% masnega deleža suhe snovi.

3 POSTOPKI OBDELAVE IN UPORABE BLATA IZ ČISTILNIH NAPRAV

Končna dispozicija blata iz čistilnih naprav postaja vse večji problem in hkrati tudi strošek pri čiščenju odpadnih voda (Grilc *et al.*, 2006). Blato je pred nadaljnjim odlaganjem potrebno dodatno obdelati. Na večini čistilnih naprav se odvišno blato najprej zgošča, nato se stabilizira ter stabilizirano uporablja ali odlaga. Stabilizacija blata je postopek, s katerim se blato razgradi do največje možne stopnje, kjer ne prihaja do presnove, razgradnje oziroma gnitja (Panjan, 2001). Za stabilizacijo blata se uporabljajo naslednji postopki:

- anaerobna presnova,
- aerobna presnova in
- termična stabilizacija (sežig).

Najpogostejše uporabljena procesa za stabilizacijo blata sta aerobna in anaerobna stabilizacija. Vse bolj pa se uveljavlja termična stabilizacija, kjer se močno zmanjša vsebnost vode in patogenih mikroorganizmov (Graja *et al.*, 2005), kar posledično pomeni prihranek na stroških odvoza in zagotovitve manjšega tveganja za okolje (Stasta *et al.*, 2006). Po zgoščevanju in stabilizaciji sledi proces odstranjevanja vode iz blata (dehidracija blata). Obstajajo tudi druge tehnologije obdelave blata, kot na primer: kompostiranje blata in priprava umetne zemljine iz blata. Blato se po obdelavi lahko odlaga tudi na kmetijske površine, če zadosti pogojem iz Uredbe o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008).

Izbira posamezne tehnologije obdelave blata je odvisna predvsem od ekonomske upravičenosti ter sestave blata. V nadaljevanju so opisani posamezni možni postopki ravnanja z blatom iz čistilnih naprav, za katere smatramo, da jih je možno oziroma smiselno uporabiti tudi za blato iz CČN Kranj.

3.1 Anaerobna stabilizacija blata in pridobivanje bioplina

Anaerobna stabilizacija blata je najbolj razširjen proces, ki se uporablja na komunalnih čistilnih napravah. Prednost anaerobne stabilizacije v primerjavi z aerobno stabilizacijo je v nižji porabi energije, nižji potrebi po hranilih in možnosti pridobivanja energije iz proizvedenega plina (Stewart *et al.*, 1995). Namen anaerobne razgradnje je zmanjšanje in stabilizacija organskih snovi v blatu. Po razgradnji imajo presnovljene snovi nizko bakterijsko aktivnost, kar pomeni, da se število patogenih bakterij zelo zmanjša, preostanek patogenov pa odmrje po naravni poti (Roš, 2001). Glavna produkta procesa anaerobne stabilizacije sta bioplina in presnovljen substrat (Al Seadi *et al.*, 2010).

Primarno in biološko blato se po zgoščevanju prečrpavata v anaerobna gnilišča, kjer poteka anaerobna presnova. V gnilišču procesi potekajo v odsotnosti kisika in temeljijo na metanogenezi. Produkt take biološke razgradnje so nizkomolekularne organske snovi, kot so mlečna kislina, očetna kislina, aldehidi in ketoni. Te komponente se s pomočjo metanogenih bakterij, pri anaerobnih pogojih, presnovijo v bioplin (Poslovník..., 2005). Med plini, ki nastajajo v gnilišču, prevladujeta metan (CH_4) in ogljikov dioksid (CO_2). Približno 65 % proizvedenega plina je metana, okrog 30 % je ogljikovega dioksida, 5 % pa je ostalih plinov, kot sta vodik in žveplov sulfid (Roš, 2001). Metan se lahko uporablja za ogrevanje gnilišča in objektov čistilne naprave.

V splošnem obstajajo tri temperaturna področja anaerobne razgradnje: razgradnja pri sobni temperaturi, mezofilna razgradnja ($T = 33 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$) in termofilna razgradnja ($T = 50 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$). Pri višji temperaturi razgradnja poteka hitreje. V termofilnem območju je anaerobna razgradnja lahko tudi do 8-krat hitrejša in učinkovitejša od mezofilne razgradnje. Čas razgradnje substrata pri termofilnem procesu je krajši, višja je učinkovitost razgradnje, proizvede se manj blata, prav tako pa odmrejo patogeni mikroorganizmi. Pri tem se porabi več energije za ogrevanje gnilišč. Poizkusi so pokazali, da je vso potrebno energijo za obratovanje procesa možno pridobiti iz bioplina, ki nastane pri anaerobni razgradnji (Zupančič *et al.*, 2005).

Za pretvorbo blata v bioplin so značilni štirje procesi biokemijske anaerobne razgradnje blata (Al Seadi *et al.*, 2010):

- Hidroliza – je prvi korak anaerobne razgradnje, pri kateri se kompleksna organska snov oziroma polimeri (ogljikovi hidrati, lipidi, nukleinske kisline in polimeri) razkrojijo v manjše enostavnejše enote, imenovane mono in oligomeri (glukoza, glicerol, itd.).
- Kislinska geneza – pri tem postopku kvasna (acidogena) bakterija pretvarja proizvode hidrolize v metanogene substrate. Enostavni sladkorji, aminokisline in maščobne kisline razpadejo v acetat, ogljikov dioksid in vodik (70%) ter v hlapne maščobne kisline in alkohole (30%).
- Acetogeneza – pri tem procesu se tisti proizvodi kislinske geneze, ki jih metanogena bakterija ne more direktno pretvoriti v metan, najprej pretvorijo v metanogene substrate. Hlapne maščobne kisline in alkoholi oksidirajo v metanogene substrate (acetat, vodik in ogljikov dioksid), ki jih v nadaljevanju metanogene bakterije lahko učinkovito presnovijo.
- Metanogeneza – proces, pri katerem metanogena bakterija iz vmesnih proizvodov proizvaja metan in ogljikov dioksid. 70% nastalega metana izvira iz acetata, ostalih 30% pa nastane iz pretvorbe vodika in ogljikovega dioksida. Je ključnega pomena v procesu anaerobne razgradnje. Na metanogene močno vplivajo sestava substrata, temperatura in pH (Al Seadi *et al.*, 2010).

Na čistilnih napravah se uporabljajo enostopenjska in dvostopenjska gnilišča. Dvostopenjsko gnilišče sestavljata dva reaktorja: primarno in sekundarno gnilišče. Primarno se segreva in premešava ter uporablja za razgradnjo blata. Pri tem procesu se iz presnovljenih snovi sprosti voda. Sekundarno gnilišče pa se navadno uporablja kot usedalnik, kjer se usedljive snovi ločijo od supernatanta. Večina blata se razkroji v primarnem gnilišču, kjer nastane približno 90% vsega proizvedenega plina (Roš, 2001). V enostopenjskem gnilišču vsi omenjeni procesi potekajo v istem reaktorju. Večina gnilišč ima vgrajeno mešalo, ki homogenizira suspenzijo blata in razbija peno, ki se pojavi na površini. Delovanje mešal prepreči tvorbo mrtvih kotov, pomaga premešati mikroorganizme in blato v gnilišču. Ko se mešanje ustavi, se trdne snovi usedejo, nad njimi pa se nabira supernatant, ki vsebuje vodo, ki se je tvorila med procesom presnove. Supernatant se nato običajno vrača na vtok na čistilno napravo, v nadaljnje čiščenje, saj vsebuje visoko koncentracijo suspendiranih snovi, BPK in amonij. Po stabilizaciji sledi odstranjevanje vode iz blata – dehidracija (Roš, 2001) in nadaljnji postopki, potrebni za končno dispozicijo blata.

Bioplin ima povprečno kurilno vrednost približno $6,5 \text{ kWh/m}^3$ ($23,4 \text{ MJ/m}^3$), kar pomeni, da je kurilna vrednost 1 Nm^3 bioplina ekvivalentna kurilni vrednosti $0,6 \text{ l}$ kurilnega olja oziroma $0,65 \text{ Nm}^3$ zemeljskega plina (IREET, 2007). Z dodajanjem različnih snovi (na primer hidrolitskih encimov) se lahko poveča proizvodnja bioplina (Kolbl et al., 2014). Proizvedeni bioplin se vodi v plinohran, če ga uporabljamo za gorivo, lahko pa direktno na plinske gorilnike – bakle, kjer ga sežgemo (Roš, 2001).

3.2 Aerobna stabilizacija

Pri aerobni stabilizaciji gre za razgrajevanje biomase s pomočjo mikroorganizmov že v prezračevalnem bazenu. Blato se prepihava z zrakom ali s čistim kisikom in heterotrofno združbo mikroorganizmov. Mikrobi razgrajujejo blato v CO_2 in vodo ter mineralizirani ostanek. Hitrost procesa je v veliki meri odvisna od temperature – pri sobni temperaturi so zadrževalni časi več kot 50 dni (Grilc et al., 2006), v termofilnem območju pa je proces lahko bistveno hitrejši – praviloma 20–25 dni. Slabosti aerobne stabilizacije so velika poraba energije za vpihovanje zraka in mešanje, poleg tega gre vsa sproščena toplota od razpada organskih snovi v zrak, zato je potrebno čiščenje izpušnega zraka (biofilter). Prednost aerobne stabilizacije pa je zanesljivost in relativno enostavno postrojenje. Omejujoči dejavniki so: transport kisika do mikroorganizmov, koncentracija mikroorganizmov in prisotnost zaviralcev – težkih kovin (Grilc et al., 2006). Aerobna stabilizacija se navadno uporablja pri srednje velikih čistilnih napravah.

3.3 Sežig in sosežig blata

Mehansko dehidrirano blato se lahko sežge na dva načina (Rismal, 2009):

- s sušenjem pred sežigom posušenega blata in

- z direktnim sežigom mehansko dehidriranega blata, brez sušenja, na lastni ali na skupni zažigalni napravi za druge komunalne odpadke.

Možnost samosežiga blata brez zunanje energije je odvisna od količine organske mase v celotni teži sušine in ostanka vlage v mehansko dehidriranem blatu (Rismal, 2009).

Za sežig blata je blato potrebno dehidrirati do ca. 40% suhe snovi, kar je možno s kombinacijo dehidracije in sušenja (Zupančič in Grilc, 2013). Šele tedaj dobi blato kurilno vrednost in gori brez dodajanja dodatne toplote. Tako dehidrirano blato ima kurilno vrednost do 5 MJ/kg, kar je premalo za sežiganje brez dodatnih goriv. Ponavadi se dodaja lahka frakcija komunalnih odpadkov. Mehansko dehidrirano blato z vsebnostjo suhe snovi nad 20% lahko sežgemo v sežigalnici komunalnih odpadkov (Zupančič in Grilc, 2013). Kurilna vrednost blata je odvisna predvsem od deleža suhe snovi v blatu (Samec in Kokalj, 2001).

Temperatura sežiga poteka običajno pri približno 800 °C. Leteči pepel, ki nastaja pri sežiganju, lahko odložimo kot nenevaren odpadek (Grilc et al., 2006). Filtrski ostanki predstavljajo produkt čiščenja dimnih plinov, vsebujejo povišane vrednosti kovin in soli ter spadajo med nevarne odpadke. Postopek sežiganja blata primarno ni namenjen proizvodnji energije. Če to želimo, potem je potrebno uporabiti še dodatek fosilnega goriva, s čimer izboljšamo učinkovitost sežiga in tudi toplotni izkoristek. Zaradi sežiga blata se popolnoma razkrojijo patogeni mikroorganizmi, ni neprijetnega vonja, zmanjša se tudi količina odpadka za končno oskrbo – v primerjavi z prvotno količino (Guibelin, 2002). Pri sežigu se v okoljelahko sproščajo strupene snovi, ki so odvisne od sestave odpadnega blata. Problem so emisije organskih snovi, dioksinov, strupenih plinov (N₂O in NO_x) in težkih kovin. (Werther in Ogada, 1997). Vendar pa so te emisije pri uporabi sodobnih tehnologij oziroma čistilnih sistemov (filtrov) v sežigalnicah lahko praktično minimalne. Stroški sežiga blata so visoki, prav tako se pri sežigu uničijo koristne snovi v blatu, kot npr. fosfor, ki je omejitveni faktor po količini v svetovnem merilu.

S sežigom mokrega blata ni možno pridobivati toplote. Mokro blato je mogoče oksidirati pri visokem pritisku do 150 barov in pri temperaturi do 300 °C. Moker sežig blata poteka v reaktorju, v katerem mora biti vsaj toliko zraka, kot je potrebno za kritje kemične porabe kisika vsega blata v reaktorju. Segreto blato na 200 °C se dodaja v reaktor pod pritiskom 120 barov. V reaktorju se prične reakcija z zrakom, ki še dodatno segreje blato za približno 80°C, tlak pa se zviša na približno 150 barov. Iz reaktorja odteka mešanica vode, pepela in plinov (Panjan, 2001).

Ponekod izvajajo tudi sežig popolnoma dehidriranega blata (več kot 90% suhe snovi). To je mogoče doseči le s sušenjem mehansko dehidriranega blata, za kar porabimo toploto, enako približno polovici kurilne vrednosti dobljene sušine. Torej je to smiselno le, če imamo na voljo odpadno toploto. Navadno se postopek izvaja z digestijskim plinom (Grilc et al., 2006).

Sosežig blata v industrijskih pečeh in toplarnah na trda goriva zahteva popolno dehidriranost blata – nad 90% suhe snovi, kurilne vrednosti med 10 in 15 MJ/kg. (Zupančič in Grilc, 2013). Smiselno ga je uporabljati samo tam, kjer ni možna uporaba enega od sonaravnih načinov obdelave blata. Pri sežigu mokrega blata govorimo o sežigu zaradi odstranjevanja odpadkov in ne o toplotni izrabi odpadka. Pri sežiganju posušenega blata, ki je predelano v trdno gorivo, govorimo o toplotni izrabi odpadka, ki je višje na hierarhični lestvici ravnanja z odpadki kot sežig zaradi odstranjevanja odpadkov.

3.4 Sušenje blata in predelava blata v trdno gorivo

Sušenje je eden izmed najučinkovitejših postopkov za zmanjšanje vsebnosti vode v blatu. Blato, ki nastane kot stranski produkt čiščenja odpadne vode, običajno vsebuje le 0,25–12% trdne snovi (Werther in Ogada, 1999). Pri postopkih sušenja s pomočjo toplotne energije izpari preostala voda. Pri sušenju blata se vsebnost organskih sestavin ne zniža, močno pa se zmanjša volumen blata, blato pa pridobi na spodnji kurilni vrednosti, ki je običajno minimalna 10 MJ/kg (Mislej et al., 2011). Glavni cilji sušenja blata so (povzeto po Mislej et al., 2013) :

- izločiti vodo iz blata ter na ta način zmanjšati maso in volumen odpadka,
- povečati kalorično vrednost blata,
- stabilizacija in higienizacija blata zaradi popolnega uničenja patogenih mikroorganizmov,
- pridobiti več različnih možnosti uporabe zaradi lažjega rokovanja in skladiščenja,
- omogočiti ekonomičen in varen transport odpadka do mesta končne obdelave.

Možni so različni postopki odstranjevanja vode iz blata, in sicer: centrifugiranje, stiskanje na filtrskih stiskalnicah, vakuumsko filtriranje in sušenje na sušilnih gredah (Panjan, 2005). Takoj po zgoščevanju je v blatu povprečno še 90 % vode. Z mehansko dehidracijo se blato lahko osuši največ do 35% suhe snovi. S sušenjem blata lahko dosežemo vsebnost suhe snovi tudi do 95% (Manzel, 1989). Možno je tudi sušenje v posebnih sušilnih gredah z izkoriščanjem sončne energije in talnim dogrevanjem s pomočjo toplote iz očiščene odpadne vode. Glede na zahteve po zmanjševanju količin biorazgradljivih odpadkov, problematike onesnaženja blata s težkimi kovinami in visoke kurilne vrednosti, ki jo blato ima, obstaja možnost končne dispozicije blata sežig oziroma sosežig blata z ostalimi odpadnimi snovmi (Bajželj, 2008).

Za vzpostavitev procesa sušenja blata so potrebni visoki investicijski stroški, med obratovanjem se pojavljajo visoki obratovalni stroški, visoka poraba energije, zaradi požara in eksplozije je potrebno zagotoviti tudi visok nivo varstva pri delu. Kljub temu izdelek, ki ga pridobimo s sušenjem, omogoča raznovrstno končno obdelavo, širok izbor potencialnih prevzemnikov odpadkov ter zaradi visoke vsebnosti suhe snovi tudi lažjo transportno manipulacijo (Mislej et al., 2013).

Predelava blata v trdno gorivo

Blato iz čistilnih naprav se lahko predeluje v trdno gorivo v skladu z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi (Uradni list RS, 96/2014). Uredba dovoljuje predelavo nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, med katere sodijo tudi blata iz čistilnih naprav.

Pri predelavi blata iz čistilnih naprav v trdno gorivo je potrebno najprej opraviti predobdelavo blata, ki je lahko mehanska (dehidracija) oziroma termična (sušenje). Vsebnost vode v blatu bistveno vpliva na kurilno vrednost blata, ki je ključnega pomena za uporabo kot trdno gorivo. Z zmanjševanjem vsebnosti vode v blatu naprej z dehidracijo in nato ssušenjem blata se zvišuje kurilna vrednost blata, ki je odvisna tudi od količine organskih snovi v posušenem blatu. Dehidrirano blato z vsebnostjo okrog 30% suhe snovi ima zelo nizko kurilno vrednost – le okrog 2 MJ/kg (Kowalik, 1998, cit. po Flaga, 2005), posušeno blato pa lahko doseže kurilno vrednost tudi prek 20 MJ/kg (Grabowaki in Oleskiewicz, 1998, cit. po Flaga, 2005). Blato, ki ima kurilno vrednost nad 10 MJ/kg, je z vidika kurilne vrednosti že primerno za uporabo kot trdno gorivo, skladno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi (Uradni list RS, 96/2014). Kljub visoki kurilni vrednosti posušenega blata pa ni vsako blato primerno za predelavo in uporabo kot gorivo. Blato ne sme vsebovati previsokih koncentracij klora, živega srebra, kadmija in žvepla. Mejne dovoljene koncentracije za posamezne razrede trdnega goriva so podane v preglednici 11.

Blato iz čistilnih naprav, ki ga želimo predelati v trdno gorivo, mora ustrezati kriterijem, ki so določeni skladno s standardom SIST EN 15359 in so navedeni v poglavju 2.8. Posušeno blato se kljub visoki kurilni vrednosti žal še vedno tretira kot odpadek in ne kot gorivo, zato končno ravnanje s posušenim blatom, predelanim v gorivo, še vedno povzroča dodatne stroške upravljavcem čistilnih naprav. Blato, ki ga želimo oddajati kor gorivo posameznim uporabnikom (npr. cementarnam) mora ponavadi poleg zakonodajnih kriterijev izpolnjevati še posebne zahteve, ki jih imajo prevzemniki takšnega blata.

3.5 Uplinjanje in piroliza

Blato iz čistilnih naprav je možno toplotno obdelati s postopkom uplinjanja in pirolize. Razvoj gre v smer procesov s čistim kisikom oziromapo drugi strani brez zraka (ki povzroča velike količine emisij in toplotne izgube), ti postopki potekajo pri nižji temperaturi (500°C-600°C). Uplinjanje blata poteka pri povišani temperaturi (vsaj 900 °C), kjer se trdne organske snovi iz blata z vlago pretvarjajo v plinasto mešanico ogljikovega monoksida in vodika (CO in H₂), ki je odličen energent in surovina za petrokemično industrijo. Pri pirolizi oziroma suhi destilaciji se organske snovi pretvorijo v plinaste, tekoče in trdne produkte, ki jih lahko uporabimo kot energente ali sekundarne surovine. Proces pirolize poteka brez prisotnosti kisikaoziroma zraka (Grilc et al., 2006).

3.6 Kompostiranje

Kompostiranje blata in uporaba komposta za kmetijske namene predstavlja eno najbolj ekonomičnih in snovno najugodnejših postopkov končne dispozicije blata (Fang et al., 1999). Kompostiranje je mikrobnna transformacija in stabilizacija heterogenih organskih substratov pri aerobnih pogojih (De Bertoldi, 2007). Prisotnost težkih kovin v blatu v veliki meri onemogoča uporabo kompostiranega blata za kmetijske namene. Skupna vsebnost težkih kovin v blatu (suha snov) je v povprečju od 0.5 do 2% (Wong in Henry, 1988), v zelo onesnaženem blatu pa tudi do 4 % (Tyagi et al., 1991). Vežanje težkih kovin iz komposta v rastline in nadaljnje akumuliranje težkih kovin predstavljata v prehranjevalni verigi potencialno nevarnost za živali in človeka. Veliko pozornosti je treba posvetiti izboljšanju procesa kompostiranja. Tako se kompostu dodajajo različne snovi, ki pripomorejo k zmanjšanju mobilnosti težkih kovin (Chiang et al., 2001). Zato je potrebno preprečevati onesnaževalcem, da prekomerno obremenjujejo odpadno vodo s težkimi kovinami in posledično na ta način prispevajo k višjim koncentracijam težkih kovin v blatu na čistilnih napravi.

Ob ustrezni vlažnosti materiala, dodatku vira ogljika v obliki lesne biomase in ob ustrezni prezračevnosti se lahko začne proces kompostiranja (Cukljati in Roš, 2009) Pri kompostiranju prihaja do biološke razgradnje organskih komponent pod kontroliranimi pogoji. Rezultat postopka je kompostiran material, s katerim je mogoče nadalje ravnati, ga skladiščiti in/ali uporabiti na terenu, ne da bi škodljivo vplivalo na okolje. Tako pridobljeni kompost je bolj suh in bolj stabilen od dehidriranega, surovega ali predelanega komunalnega mulja, s tem pa bo oddajal tudi manj vonjav in privabljal manj prenašalcev bolezni (podgane). Kompostiranje poteka z mešanjem mulja s sredstvom za zgoščevanje, ki zagotavlja, da je mogoče mešanico prezračevati z pospešenim postopkom aerobne razgradnje. Težava pri tem je, da je za prezračevanje kompostiranega materiala potrebno precej energije in da je treba končni izdelek – kompost odložiti na ustrezno zemljišče. Tak kompost za kmetijske pridelovalce ni zanimiv, saj ima nizko gnojilno vrednost.

Iz mulja se izloči voda, tako da se delež suhe snovi v mulju poveča na približno 35 %, kar omogoča, da postane mulj samonosilen, ko je zložen na kupu ali v skladovnici, kar olajšuje kompostiranje. Nato mu dodamo sredstvo za zgoščevanje, ki še dodatno dehidrira nastalo mešanico. Sredstva za zgoščevanje so lahko žagovina, listje, papir ali trdni odpadki, čeprav se najbolj uporabljajo oblanci. Mešanje poteka v razmerju trije deli oblancev na en del mulja, s tem pa mulj doseže že 55 % suhe snovi. Na ta način dobimo umetno pripravljeno zemljino, ki jo lahko uporabimo za sanacijo raznih degradiranih območij. Tehnologije kompostiranja se razlikujejo od preprostih, odprtih sistemov na prostem (vzdolžni kupi) do bolj nadzorovanih reaktorskih sistemov, kot so prezračevane statične kopice in posode (reaktorji z vertikalnim tokom in nagibni reaktorji) (Mayr in Žugman, 2005).

Temperatura je eden bistvenih dejavnikov dogajanj v kompostnem kupu. Pri kompostiranju se sprošča toplota, zato hkrati poteka tudi higienizacija odpadkov. Na ta način se uničijo vegetativne oblike človeških, živalskih in rastlinskih patogenih mikroorganizmov. Doseženo je minimalno tveganje prenosa bolezni pri nadaljnji obdelavi oziroma uporabi komposta. Končni produkt sestavljajo težje razgradljivi ostanki organske snovi, anorganski ostanek, voda in v njej raztopljeni produkti mikrobne presnove in mrtve ter žive mikrobne celice (Cukljati in Roš, 2009). Optimalno termofilno območje za proces kompostiranja je med 55 in 65 °C (Roš, 2001). Optimalno razmerje med ogljikom in dušikom v kompostni mešanici je 25–35 :1 (Tchobanoglous in Burton, 1991). Pri manjšem začetnem razmerju prihaja do večjih izgub dušika v obliki prostega amonija, kar povzroča neprijeten vonj. Višja razmerja pomenijo pomanjkanje dušika za potrebe celice, nižja je mikrobna rast in s tem se upočasni proces kompostiranja (Larsen in McCartney, 2000).

Porazdelitev težkih kovin in njihova možnost akumuliranja v rastline po kompostiranju je odvisna od same lastnosti kovine in fizikalno-kemijskih karakteristik komposta. Kemijske lastnosti produkta kompostiranja (vsebnost huminskih substanc, količine organskega ogljika in pH vrednost) vplivajo na oblike transformacije in distribucije težkih kovin v kompostu. (Amir et al., 2005). Kot dodatni material pri kompostiranju blata lahko uporabljamo apno. Apno pripomore k zmanjšanju mobilnosti posameznih težkih kovin. Koncentracija apna pri kompostiranju naj bo nižja od 1% (Wong in Selvan, 2006). Dodajanje apna in organskih materialov pripomore k zvišanju pH vrednosti tal, kar posledično pomeni znižanje mobilnosti težkih kovin (Clemente et al., 2006). Blato lahko kompostiramo tudi z lesnimi sekanci. Na ta način dobimo kompoziten material, ki ga lahko uporabimo za rekultivacijsko plast na odlagališčih komunalnih odpadkov oziroma za sanacijo degradiranih območij.

3.7 Uporaba blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu

Blato iz čistilnih naprav je po obdelavi možno odlagati na kmetijske površine, saj predstavlja alternativni vir hranilnih snovi za rast rastlin, prav tako pa učinkovito vpliva na povečanje fizikalnih lastnosti tal (Logan in Harrison, 1995). Kompostirano blato, ki ga odlagamo na kmetijske oz. druge površine predstavlja možnost za vračanje fosforja v naravno okolje. Blato iz čistilnih naprav lahko vsebuje patogene mikroorganizme, težke kovine ter velike količine topnih soli, ki negativno vplivajo na okolje, kar omejuje oziroma preprečuje odlaganje blata na kmetijske površine. Zato v zadnjem obdobju veliko pozornosti posvečamo postopkom, ki znižujejo mobilnost težkih kovin (Samaras et al., 2007).

Težke kovine, ki so prisotne v blatu, imajo sposobnost akumuliranja v rastlinah. Na ta način preidejo v prehranjevalno verigo živali in človeka (Alam et al., 2003). Že manjše koncentracije lahko povzročijo škodljive posledice, ker telo nima dobrih sposobnosti za izločanje težkih kovin. Prekomerna

akumulacija težkih kovin na kmetijskih zemljiščih ne vpliva le na onesnaženje zemlje in zmanjšanje rodovitnosti le-te, ampak tudi na kvaliteto hrane (Mauchuweti et al., 2006).

Blato mora biti pred uporabo v kmetijstvu stabilizirano in higienizirano, da bi preprečili akumulacijo onesnažil, neprijetnih vonjav in patogenih mikroorganizmov (Marttinen et al., 2004). Za ugotavljanje kvalitete in sestave blata uporabljamo kemijske analize. V kolikor blato odlagamo na kmetijske površine, je nujno ugotoviti vsebnost strupenih snovi in potencialen vpliv teh snovi na rastline (Kapanen in Itavaara, 2001).

Zelo koristna končna dispozicija blata iz okoljskega in ekonomskega vidika je odlaganje na kmetijskih površinah. Predpogoj je dovolj veliko kmetijskih površin in primerna kakovost blata (Rismal, 2009).

3.8 Predelava blata v umetno zemljino in izraba bioplina

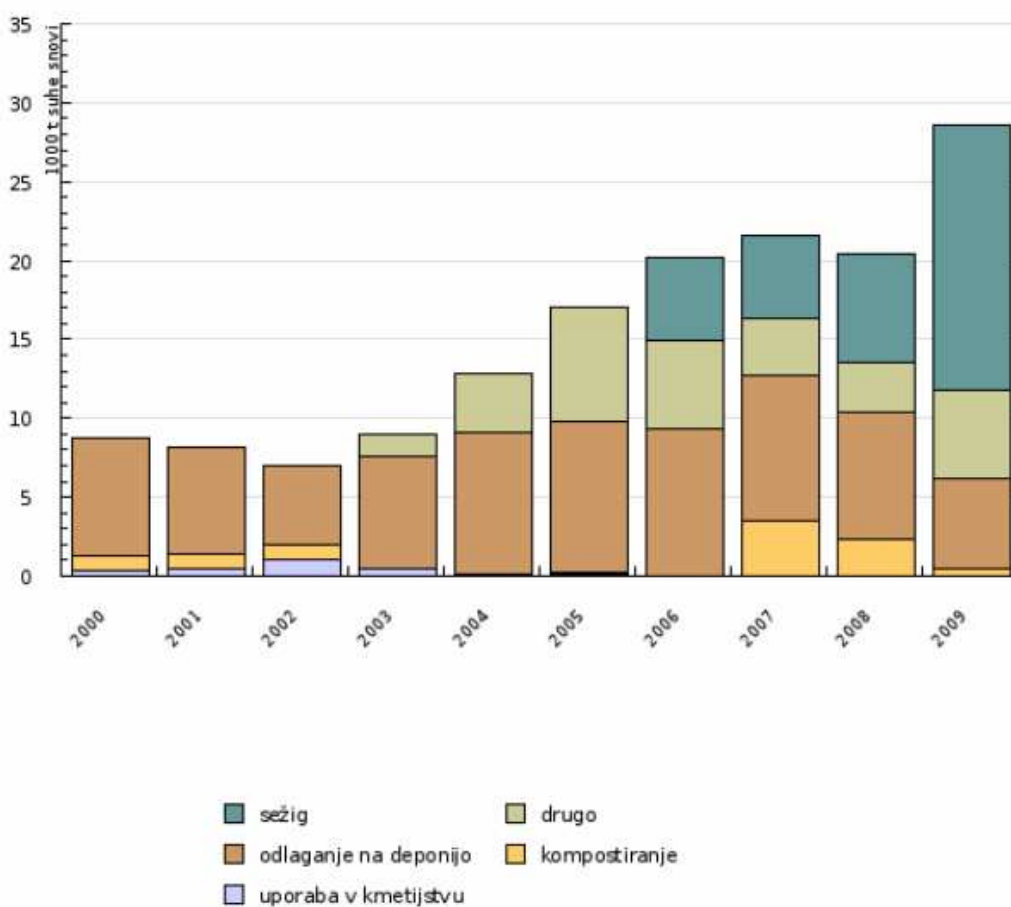
Odvišno blato, ki nastane na čistilnih napravah, je možno predelati v umetne zemljine. Dehidrirano blato je tako le ena izmed komponent v pripravi umetne zemljine. Z mešanjem blata z zemeljskimi izkopi oziroma kakšnimi drugimi materiali pridobimo umetno zemljino, ki je lahko primerna za rekultivacijo tal, nasipavanje zemljišč, zapolnjevanje izkopov in saniranje zaprtih odlagališč odpadkov (prekrivka). Pogoje za obremenjevanje tal z vnašanjem odpadkov z namenom izboljšati ekološko stanje tal določa Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, 34/08), pogoje za predelavo blata v kompost oz. digestat in njegovo nadaljnjo uporabo pa Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013).

Predelava blata v umetno zemljino je skupaj s predhodno anaerobno stabilizacijo blata (proizvodnja bioplina) z ekonomskega in ekološkega vidika lahko zelo dobra rešitev celovitega načina ravnanja z blatom na čistilnih napravah. Pri anaerobni stabilizaciji blata nastaja bioplina, ki se ga lahko porabi za pridobivanje električne energije, ki je potrebna za delovanje čistilne naprave. Stabilizirano blato ima nizko bakterijsko aktivnost, kar pomeni, da vsebuje zelo malo patogenih mikroorganizmov (Roš, 2001), kar je z vidika kasnejše predelave v umetno zemljino pozitivno. Z vnosom umetne zemljine v tla se izboljšajo fizikalne lastnosti tal in poveča se biološka aktivnost (Reynolds et al., 2002). Na ta način prihaja tudi do vračanja hranil (fosforja) nazaj v okolje – kroženje snovi. Predelava blata v umetno zemljino ne povzroča tako visokih stroškov kot nekatere druge končne dispozicije blata (sežig, prevzem s strani pooblaščenih podjetij itd.). Možna je predelava blata v umetno zemljino direktno na lokaciji čistilne naprave, če je na razpolago dovolj velika površina. Ker je umetno zemljino možno uporabiti za več načinov, se v bližini čistilne naprave zagotovo najde lokacija, kjer je uporaba takšne zemljine lahko koristna.

3.9 Ravnanje z blatom iz čistilnih naprav v Sloveniji

Po podatkih Agencije RS za okolje (Zbirka Komunalne in skupne čistilne naprave, 2010) se povečuje količina blata, ki nastane na čistilnih napravah. Vzrok temu je pospešena gradnja novih čistilnih naprav in kanalizacijskih sistemov v zadnjih letih.

Kot je razvidno na sliki 1 se vse več blata uporablja za sežiganje – v letu 2008 se je sežgalo 6,78 tisoč ton blata (suhe snovi), v letu 2009 pa že skoraj 17 tisoč ton blata (suhe snovi). Od leta 2007–2009 se je zmanjšalo kompostiranje blata, uporaba blata v kmetijstvu pa je bila minimalna –v letu 2009 zgolj 10 ton (suhe snovi). Ostalo ravnanje z blatom (izvoz blata, umetna priprava zemljine in drugi postopki predelavi) je v letu 2009 predstavljalo približno 20% vseh končnih dispozicij blat.



Slika 1: Ravnanje z blatom v Sloveniji v letih od 2000 do 2010 (Zbirka Komunalne in skupne čistilne naprave, 2010)

Figure 1: Final disposition of sewage sludge in Slovenia since 2000 to 2010 (Zbirka Komunalne in skupne čistilne naprave, 2010)

4 ZNAČILNOSTI TEŽKIH KOVIN IN NJIHOV VPIV NA OKOLJE

Onesnaženje tal s težkimi kovinami predstavlja nevarnosti za okolje in človeka. V primeru neodgovornega ali celo nelegalnega odlaganja odpadkov, ki vsebujejo težke kovine, lahko pride do ekoloških katastrof, kot je naprimer: kontaminacija vodonosnikov za pitno vodo. Prisotnost težkih kovin v tleh lahko negativno vpliva na rodovitnost zemlje. Blato iz čistilnih naprav vsebuje težke kovine, zato ga je potrebno odlagati na primerne površine. Prav tako ga je pred uporabo potrebno ustrezno obdelati.

V tleh največkrat zasledimo težke kovine, kot so: svinec, cink, baker, nikelj, kadmij, živo srebro in krom. Naravna vsebnost kovin v tleh je odvisna predvsem od matične podlage. V splošnem je njihova vsebnost večja v kamninah vulkanskega izvora. Prek rastlin oziroma prehranjevalne verige vstopajo težke kovine v organizme in lahko postanejo nevarne za njihovo zdravje. V telesa organizmov in tudi ljudi lahko preidejo z vdihavanjem prahu oziroma delcev onesnaženih tal in s pitjem onesnažene vode (Adriano, 2001).

4.1 Lastnosti izbranih težkih kovin

Težke kovine so zdravju škodljive, kljub temu pa so nekatere v majhnih količinah nujno potrebne (esencialne) za rast in razvoj vseh živih organizmov. V nadaljevanju so opisane značilnosti posameznih težkih kovin.

4.1.1 Kadmij(Cd)

Kadmij je neesencialna težka kovina, ki ima izrazito visoko sposobnost zaviranja encimov (Lockwood, 1976). Jeena najnevarnejših težkih kovin, saj je izjemno strupen in bolj mobilen od ostalih elementov (Barcelo in Poschenrieder, 1992). Ima možnost raztapljanja v vodi, zato je zelo razširjen v vodnih ekosistemih (Das et al., 1997). Kadmij je relativno redek element in je že pri nizkih koncentracijah strupen za rastline, živali in ljudi. Naravno je prisoten v tleh, vodi in rastlinah, povišane koncentracije so večinoma posledica človeških dejavnosti. Povprečna koncentracija kadmija v litosferi v naravni obliki je okrog 0,1 mg/kg (Calender, 2005). Koncentracija kadmija v okolju se je bistveno povečala zaradi izgorevanja fosilnih goriv. Kadmij je tudi stranski produkt pri proizvodnji svinca in cinka. Odlaganje odpadkov, pepela, fosfatnih gnojil in blata iz čistilnih naprav povzroča onesnaženje okolja s kadmijem (Adriano, 2001).

Najvišje koncentracije kadmija so v zgornjih plasteh zemlje, kjer se nahaja tudi veliko organskih snovi. Kadmij je zelo strupen, pri nizkem pH lahko preide iz trdne faze v raztopino. Na ta način je dostopen rastlinam, lahko pa se izpira tudi v podtalnico.

4.1.2 Krom (Cr)

Krom se naravno nahaja v atmosferi, vodi in zemlji (Testa, 2005). Koncentracija kroma v litosferi v naravni obliki je približno 69 mg/kg (Li, 2000). Največ kroma porabimo v jeklarski, avtomobilski, elektrotehnični in kemični industriji. Uporablja se tudi za legiranje bata, aluminija niklja in titana. Onesnaževanje površinskih voda s kromom je posledica odplak iz jeklarske, usnjarske, lesne, elektrotehnične in tekstilne industrije (Sueker, 2006). Povečane vsebnosti kroma so zaznali tudi v okolici izgorevanja premoga in na površinah ob prometnicah (Testa, 2005). V naravi se krom nahaja v treh valenčnih oblikah: elementarni Cr^0 , trivalentni Cr^{3+} in šestvalentni Cr^{6+} . Krom je organizmu esencialen element, potreben je za metabolizem ogljikovih hidratov in maščob. V večjih količinah krom deluje alergijsko, strupeno in kancerogeno. Predvsem šestvalentni krom je močan oksidant in bistveno bolj strupen od trivalentnega kroma.

4.1.3 Baker (Cu)

Baker je esencialen element, potreben za zdravje rastlin in živali, ker ima pomembno vlogo v encimskih reakcijah (Udom et al., 2004). Baker je v naravnem okolju prisoten v litosferi, v vodi in v sedimentih. Koncentracija bakra v litosferi je okrog 39 mg/kg (Li, 2000). Sodeluje pri metabolizmu sladkorjev, dušika, nastanku celičnih sten, vpliva na odpornost proti boleznim. Pomanjkanje bakra pri rastlinah povzroči razgradnjo listov in upočasnjeno rast. V preteklosti so onesnaževanje okolja z bakrom povzročale talilnice in livarne, danes pa so glavni onesnaževalci gnojila, pesticidi, blata iz čistilnih naprav ter farne prašičev in piščancev (Calender, 2005).

4.1.4 Živo srebro (Hg)

Živo srebro uporabljamo za izdelavo baterij, termometrov, fluorescentnih svetilnic zobozdravstvu ter farmaciji. Na ta način smo vsakodnevno neposredno v stiku z živim srebrom. Poznan je kot zelo strupen element, ki se koncentrira v vodnih organizmih (ribah) in na ta način preide po prehranjevalni verigi tudi do človeka (Fitzgerald in Lamborg, 2005). Glavni vir onesnaževalca okolja z živim srebrom povzroča izgorevanje fosilnih goriv. Velike posledice za okolje predstavljajo tudi rudniki živega srebra.

4.1.5 Nikelj (Ni)

Nikelj je element, ki je v manjših količinah prisoten v različnih oblikah v zemeljski skorji. Uporabljamo ga večinoma v kovinski obliki v industriji nerjavečega jekla, za zlitine, v galvanizaciji, za baterije (Ni-Cd). Nikelj spada med neesencialne elemente.

Posledica onesnaževanja okolja z nikljemso izgorevanje fosilnih goriv, sežigalnice odpadkov in industrija nerjavečega jekla (Nriagu, 1980). Glavni porabniki niklja so metalurška industrija in

elektro industrija (izdelava baterij) ter pridelovalna industrija rastlinskih olj (Calender, 2005). Koncentracija niklja v litosferi je okrog 20 mg/kg (Adriano, 1986).

4.1.6 Svinec (Pb)

Svinec ima na ljudi, živali in rastline toksičen vpliv, je neesencialen element. Naravno je prisoten v zelo nizkih količinah. Pojavlja se v dveh oksidacijskih stanjih Pb^{2+} in Pb^{4+} , je slabo mobilen in se slabo topi v vodi. V industriji predstavlja zelo pomemben element, uporabljamo ga v avtomobilski industriji, metalurški industriji, gradbeništvo in tako dalje. Tla v okolici topilnic in metalurške industrije so pogosto onesnažena s svincom in cinkom. Nekatera kmetijska zemljišča so zaradi gnojenja tal z blatom prav tako onesnažena s svincem oziroma cinkom. Zastrupljanje s svincem je eden glavnih zdravstvenih problemov v svetu, posebno nevarna je dolgotrajna izpostavljenost manjšim koncentracijam svinca. Svinec je eden izmed najbolj razširjenih in najnevarnejših kovinskih onesnaževalcev. Zaradi pretežne vezave svinca na trdno fazo tal je svinec večinoma prisoten v vrhnjih slojih tal. V tleh se lahko nahaja v čistih mineralnih oblikah, kot so svinčev sulfid (PbS), svinčev sulfat ($PbSO_4$) ali svinčev karbonat ($PbCO_3$) (Mulliga et al., 2001).

Glavni viri onesnaženja s svincem so metalurška industrija in topilnice. V zrak se sprošča zaradi zgorevanja fosilnih goriv, s svincem so onesnažena tudi območja v bližini cest, kjer še uporabljajo osvinčeno gorivo. V litosferi ga je približno 14 mg/kg (Calender, 2005).

4.1.7 Cink (Zn)

Cink se v naravi nahaja v metamorfnih in magmatskih kamninah, najmanj ga je v peščenjakih. Običajne koncentracije v tleh so med 10 in 300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Adriano 2001). Za organizme je cink nujen element. Nahaja se v številnih encimih, ki sodelujejo v številnih metaboličnih procesih. Je eden najpomembnejših elementov v sledovih. Pomanjkanje cinka lahko povzroči anemijo, neodpornost na infekcije in splošno neodpornost. Večje količine vnesenega cinka pa lahko povzročajo motnjo v reprodukciji (Leštan, 2002). Glavni viri onesnaževanja okolja s cinkom so izgorevanje fosilnih goriv, metalurška industrija in gnojila (Calender, 2005).

4.2 Mobilnost in škodljivi vplivi težkih kovin na okolje

Pri odlaganju kontaminiranega blata na kmetijska oziroma ostala zemljišča prihaja do vnosa strupenih snovi iz blata v zemeljska tla. Težke kovine se sproščajo iz blata in se porazdelijo po celotni odlagalni površini. So nerazgradljive narave in so mobilne za sprejem v rastline, živali in posledično tudi v človeka. Mobilnost težkih kovin je odvisna od več dejavnikov, kot na primer: od zemeljske strukture, pH zemljine, raztapljanja matične kamnine, razpada mineralov (Nouri et al., 2001). Absorbpcija težkih kovin je odvisna tudi od naklona in teksture tal (Zubillaga et al., 2008). Mobilne oblike kovin lahko

preidejo v nižje plasti zemlje in tudi v podtalnico. Mobilnost težkih kovin določamo s postopki zaporednih izluževalnih testov. V teh zaporedoma uporabimo topila, ki selektivno raztapljajo nekatere oblike kovin. Izluževalni testi so v uporabi že več kot 20 let. Lahko so enostopenjski, pri katerih ocenimo le potencialno biološko razpoložljiv delež kovin v tleh, lahko so pa tudi več stopenjski. Večje kot je število stopenj, več informacij dobimo o porazdelitvi in mobilnosti kovin v tleh.

Možnost mobilizacije težkih kovin iz blata lahko zmanjšamo z dodajanjem različnih materialov, ki preprečujejo mobilnost težkih kovin (Clemente et al., 2006). Druga tehnologija temelji na absorpciji težkih kovin s pomočjo rastlin, ki jih kasneje odstranimo. Raziskave so pokazale, da je pH glavni dejavnik, ki najbolj vpliva na mobilnost cinka in mangana in tudi na ostale težke kovine, medtem ko vsebnost organskih snovi nima bistvenega vpliva. Dodajanje apna in organskih materialov pripomore k zvišanju pH vrednosti tal, kar pomeni znižanje mobilnosti težkih kovin. (Clemente et al., 2006).

Večina težkih kovin je ekstremno strupenih, ker so topne v vodi (Arora et al., 2008). Že manjše koncentracije lahko povzročijo posledice na živalih, rastlinah in ljudeh, saj telo nima dobrih možnosti za izločanje težkih kovin. Danes težke kovine najdemo skoraj povsod zaradi prekomerne uporabe v industriji. Prekomerna akumulacija težkih kovin na kmetijskih zemljiščih ne povzroča samo onesnaženja zemlje in zmanjšanje rodovitnosti le te, ampak vpliva tudi na kvaliteto hrane (Mauchuweti et al., 2006).

5 ČIŠČENJE ODPADNE VODE PO POSTOPKU Z AKTIVNIM BLATOM

Postopek z aktivnim blatom je metoda čiščenja odpadne vode s suspendirano biomaso pri aerobnih pogojih. Pri tej metodi imajo glavno vlogo mikroorganizmi, ki z metaboličnimi reakcijami zagotavljajo kvalitetno čiščenje odpadne vode. Odpadna voda po predhodnem čiščenju priteče v aberacijski bazen, kjer so prisotni mikroorganizmi. Mikroorganizmi ob prisotnosti raztopljenega kisika porabljajo hranila, pri tem pa nastaja nova snov: blato oz. biomasa. Blato se od očiščene vode loči z usedanjem v naknadnih usedalnikih. Del blata se vrača v prezračevalne bazene z namenom povečati koncentracijo aktivnega blata. Ko pa koncentracija aktivnega blata doseže optimalno vrednost, je potrebno odvišno blato iz sistema odstraniti. Postopek z aktivnim blatom se uporablja tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo, z vrsto modifikacij vključuje tudi anoksične in anaerobne selektorje, ki lahko odstranjujejo tudi fosforjeve spojine (Roš, 2001).

5.1 Mehansko čiščenje

K mehanskemu čiščenju odpadne vode prištevamo vse predhodne in prvostopenjske postopke čiščenja. Pri tem upoštevamo dva postopka:

- precejanje vode skozi grablje in sita,
- izločanje suspendiranih snovi z usedanjem (sedimentacijo) v peskolovih in usedalnikih ter s plavljenjem na površino (flotacijo) v lovilcih olj in maščob (Panjan, 2001).

Grablje

Odpadna voda, ki po kanalizacijskem sistemu priteče na čistilno napravo, običajno vsebuje razne predmete (steklo, kovine, veje, kamenje, krpe itd.), ki lahko povzročajo mašenje cevi, poškodbe črpalk in podobno. Zato so na vtoku na čistilno napravo nameščene grablje, da preprečijo dotok predmetov na čistilno napravo. Grablje so konstituirane iz jeklenih palic pravokotne ali okrogle oblike. Palice so nagnjene pod kotom 30 do 45 stopinj do vertikale (Roš, 2001). Glede na razmak med palicami ločimo grobe (40–80 mm) in fine grablje (15–25 mm). Poznamo krožne grablje, vodoravne polkrožne grablje in grablje z grebljo (Panjan, 2001).

Peskolov

Namen peskolovov je čim boljše odstranjevanje težko usedljivih snovi (pesek, prod, gramoz, pepel, itd.) in čim manjše odstranjevanje razgradljivih organskih snovi. Te snovi v odpadni vodi ne razpadejo in lahko poškodujejo strojno opremo na čistilnih napravah (Roš, 2001).

Glede na smer odtoka in izvedbo ločimo peskolove z vzdolžnim odtokom, ozračeni peskolov, peskolov s tangencialnim dotokom, peskolov z vertikalnim odtokom in prečni peskolov (Panjan, 2001).

Primarni usedalnik

Primarni usedalniki se uporabljajo kot samostojna naprava za čiščenje in so nameščeni pred prezračevalnimi bazeni. V primarnem usedalniku hitrost vode pade pod 0,3 m/s, zato se težje trdne snovi lahko usedejo (Roš, 2001). V njem se usedajo vse organske in anorganske snovi, ki imajo večjo specifično težo od vode (Poslovnik..., 2005).

Glede na smer toka ločimo:

- usedalnike z vzdolžnim odtokom,
- usedalnike z radialnim odtokom,
- usedalnike z vertikalnim odtokom in
- lamelne usedalnike (Panjan, 2001).

S tem je zaključena mehanska stopnja čiščenja, po kateri naj bi bilo odstranjenih:

- 90–95% trdnih usedljivih snovi,
- 50–55% suspendiranih snovi in
- 20–35% BPK₅ (Roš, 2001).

5.2 Biološka stopnja čiščenja

K biološkimi postopki čiščenja prištevamo vse biološke postopke, s katerimi odstranimo vse biorazgradljive snovi in predvsem ogljikove spojine. Tako kot v naravi, so tudi tu ključni nosilci čiščenja mikroorganizmi. Ti ob prisotnosti kisika razgrajujejo organske snovi, pri tem nastaja nova snov–blato ali biomasa.

Pri aerobnih bioloških postopkih čiščenja ločimo:

- postopke, pri katerih je biomasa razpršena – lebdi v odpadni vodi. Ti postopki obsegajo vse postopke z aktivnim blatom in
- postopke, pri katerih je biomasa pritrjena na podlago, voda pa se preceja in filtrira ali pa se podlaga potaplja v vodo, ki služi le kot medij za hrano. K tem postopkom prištevamo precejalnice, biofiltre, biodiske in talne filtre (Panjan, 2001).

Prezračevalni bazeni

V prezračevalnih bazenih, kamor odpadna voda priteče po primarnem čiščenju, so že razviti kosmi aktivnega blata. Kosem oblikujejo bakterijske populacije, poseljujejo ga organizmi spremljajoče združbe. Notranjost kosma je anoksična, zato tam najdemo fakultativno anaerobne mikroorganizme, medtem ko je zunanost kosma oksidna, poseljujejo jo aerobni mikroorganizmi. Med kosmi se nahaja intersticijska tekočina, v kateri se nahajajo dispergirane bakterije, prosto plavajoči bičkarji, migetalkarji, korenonožci, kotačniki in nekateri drugi mnogoceličarji (Urbanič in Toman, 2003). Zaradi nihanja dotoka in koncentracije mikroorganizmov se le to regulira s povratnim blatom in naknadnega usedalnika od 0–100 % glede na dotok. V prezračevalni bazen se vpihava kisik. Stalno

prezračevanje, premešavanje in recirkulacija ustvarjajo idealno okolje za vrsto nižjih mikroorganizmov, medtem ko zavirajo rast višjih organizmov. V aktivnem blatu ponavadi najdemo bakterije, glive, praživali, kotačnike in gliste. Vsi naštetih organizmi ne obstajajo v vseh sistemih. Vrsta organizmov je odvisna od lastnosti odpadne vode, razmer okolja, načrtovanja postopka in načina vodenja čistilne naprave (Roš, 2001).

Naknadni usedalniki

Iz prezračevalnega bazena odpadna voda gravitacijsko odteče v naknadni usedalnik. V naknadnem usedalniku se suspendirane snovi – blato loči od očiščene vode. Ker vsebuje suspenzija aktivnega blata, ki nastane v sekundarnih usedalnikih, mikroorganizme, ki čistijo odpadno vodo, se del vrača nazaj v prezračevalne bazene. Višek aktivnega blata pa je potrebno odstraniti.

5.3 Biološko odstranjevanje hranil

Odpadna voda, ki priteče na čistilno napravo, vsebuje dušikove in fosforjeve spojine (hranila). Fosfor je v odpadni vodi prisoten kot organski fosfor, polifosfat ali orto-fosfat. Dušik se v odpadni vodi pojavlja kot organski dušik, amonijev dušik, nitritni dušik in nitratni dušik. Pri procesih za odstranjevanje hranil uporabljamo podobne bioreaktorje, kot so prezračevalni bazeni z aktivnim blatom. V te bazene so vgrajene pregrade, ki ustvarijo različne pogoje za delovanje oziroma različne cone (aerobna, anoksična in anaerobna). Učinkovitost odstranjevanja hranil v procesu III stopnje čiščenja dosega vrednost med 80 in 90 % (Panjan, 2001). Postopek z aktivnim blatom se lahko uporablja tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo, z različnimi modifikacijami pa tudi za odstranjevanje fosforjevih spojin (Roš, 2001).

Biološko odstranjevanje dušika iz odpadne vode poteka v dveh različnih stopnjah. Prva stopnja se imenuje nitrifikacija oziroma pretvorba amonijevega dušika v nitrat. Druga stopnja pa denitrifikacija, kjer gre za redukcijo nitrata v plinasti dušik (Henze et al., 1995).

Nitrifikacija je mikrobiološki proces, ki poteka v dveh stopnjah. Prva stopnja (nitritacija) je pretvorba amonijevega dušika (NH_4^+) v nitrit (NO_2^-) z bakterijami iz rodov *Nitrosomonas* in *Nitrosospira*. Pri drugi stopnji, imenovani nitritacija, gre za pretvorbo nitrita v nitrat (NO_3^-). Bakterije, ki oksidirajo nitrite, spadajo v rodova *Nitrobacter* in *Nitrospira* (Gerardi, 2006). *Nitrosomonas* in *Nitrobacter* smatramo kot najpomembnejši bakteriji za oksidacijo amonija oziroma nitrita (Siripong in Rittmann, 2007).

Denitrifikacija je redukcija nitratnega dušika (NO_3^-) v plinasti dušik (N_2). Poteka v anoksičnih pogojih. Denitrifikacijski organizmi ob odsotnosti kisika, kot akceptorja elektronov, namesto kisika uporabijo nitrat. Denitrifikatorji so heterotrofni mikroorganizmi, ki spadajo v različne skupine bakterij, kot so na primer: *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Pseudomonas*. Pri procesu denitrifikacije se poveča alkalnost odpadne vode. Približno 50 % alkalitete, ki se porabi pri procesu nitrifikacije, se vrne skozi proces denitrifikacije (Gerardi, 2006).

5.4 Obdelava blata

Sestava blata, ki nastaja v biološki čistilni napravi, je odvisna od vrste blata, sestave odpadne vode ter od pogojev delovanja biološke stopnje (Roš, 2005). Blato je lahko primarno, sekundarno in mešanica primarnega in sekundarnega blata. Primarno blato nastaja kot stranski produkt mehanskega čiščenja odpadne vode in se useda v primarnem usedalniku. Sekundarno biološko blato pa se izloči po biološki stopnji čiščenja v naknadnih usedalnikih (Arnaiz et al., 2006).

Blato, ki se usede v primarnem usedalniku, se prečrpava v zgoščevalca blata. Ko se blato zgosti, se ga nato prečrpava v anaerobna gnilišča, kjer poteka anaerobna presnova. Podroben opis postopka anaerobne stabilizacije blata je opisan v poglavju 3. Zgoščevanje je najenostavnejši postopek izločanja vode iz blata in s tem povečanja suhe snovi v blatu. Učinek zgoščevanja je odvisen od zadrževalne dobe in hidrostatičnega tlaka. Pri stabiliziranem blatu dosežemo 3–5 %, pri blatu iz primarnih usedalnikov 7–10% in pri blatu iz naprav za poživljanje 6–9 % suhe snovi v zgoščenem blatu (Panjan, 2001).

Po zgoščevanju in stabilizaciji blata sledi proces odstranjevanja vode iz suspendiranih snovi. Za odstranjevanje vode je na voljo več različnih metod (Roš, 2001):

- centrifugiranje,
- stiskanje na tračnih filtrnih stiskalnicah,
- stiskanje s filtrnimi stiskalnicami z okviri in ploščami,
- vakumsko filtriranje in
- sušenje na sušilnih gredah.

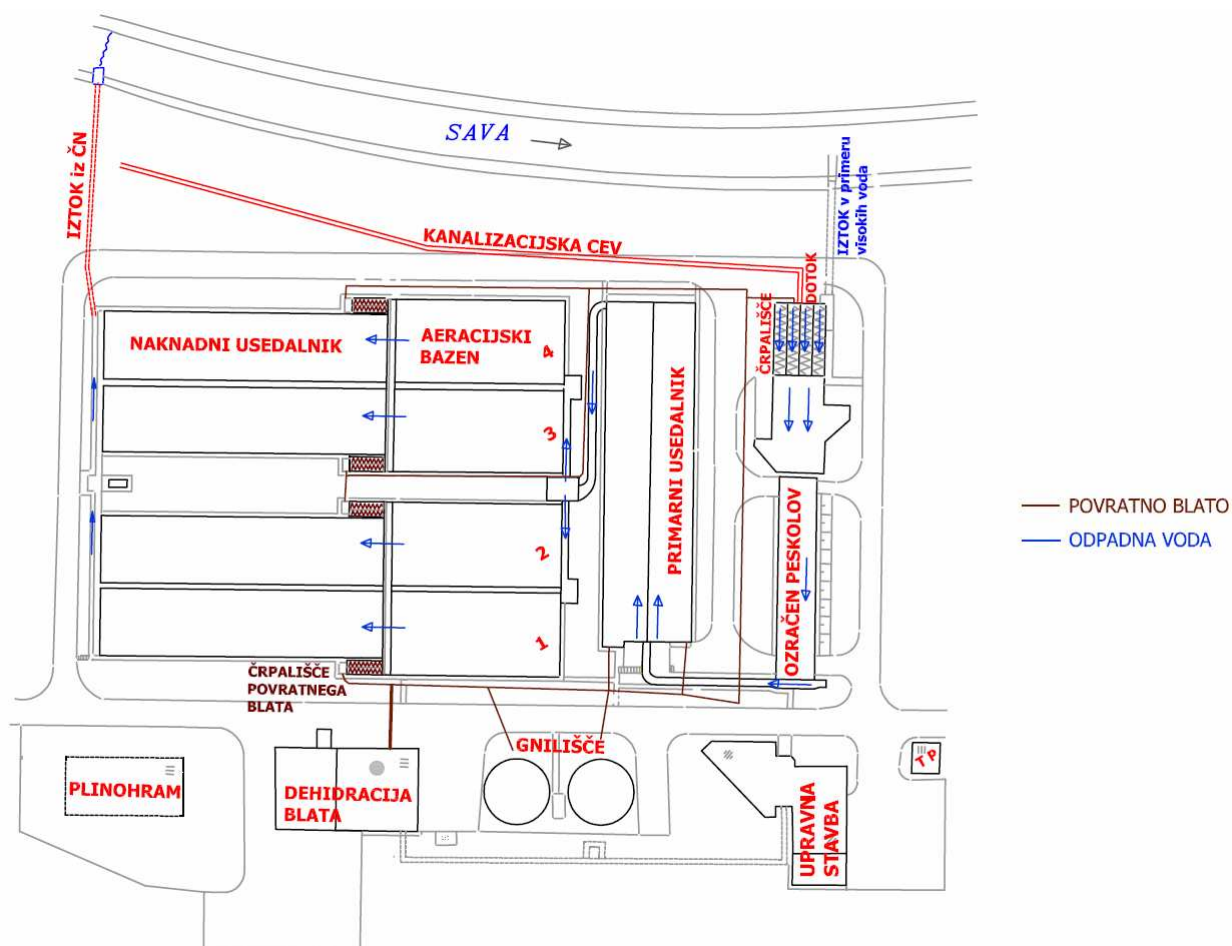
Po odstranjevanju vode iz blata je blato primerno za nadaljnjo obdelavo oziroma za prevzem s strani pooblaščenega prevzemnika blata.

6 MATERIALI IN METODE

6.1 Centralna čistilna naprava Kranj

CČN Kranj (slika 2) je začela obratovati leta 1987. Na čistilni napravi, katere kapaciteta znaša 100 000 PE, potekata mehansko in biološko čiščenje. Grobi in usedljivi delci se odstranjujejo s sedimentacijo in flotacijo, odstranjevanje raztopljenih in koloidnih snovi pa poteka s pomočjo mikroorganizmov.

Konec leta 2015 je bila končana nadgradnja in rekonstrukcija CČN Kranj. V nadaljevanju podajamo opis CČN Kranj pred rekonstrukcijo, na kateri smo opravljali eksperimentalno delo.



Slika 2: Shema CČN Kranj

Figure 2: Scheme of the CWWTP Kranj

Mehansko čiščenje

Mehansko čiščenje na CČN Kranj obsega grobe grablje, črpališče, dvojne fine grablje (rotomat), ozračeni peskolov in maščobnik ter primarni usedalnik.

Sita in grablje

Odpadno vodo, ki priteče na CČN Kranj po kanalizacijski cevi najprej zbere kolektor, ki se zaključi z objektom črpališča, opremljenim z grobimi rešetkami. Rešetke imajo nalogo ustaviti večje predmete, ki bi lahko poškodovali polžne črpalke. Vodo na čistilno napravo dovajajo štiri polžne črpalke, dve s kapaciteto 200 l/s in dve s kapaciteto 400 l/s. V primeru prekomernih visokih vod sta še dve propellerski črpalki (kapacitete 750 l/s), ki odvečno vodo odvajata v reko Savo. Po dvigu s polžnimi črpalkami odpadna voda priteče v kineto širine 3,10 m, ki se nato razdeli v dve kineti široki 1,40 m. V levi in desni kineti sta nameščeni siti Huber rotomat z odprtino rešetk 7 mm. Rotomata se vključujeta na osnovi diference gladin. Siti z rotomatom stiskata odpadke in plavajoče delce, odvzete iz odpadne vode in jih z vgrajenim polžem v cevi potiskata v izmetno odprtino na zgornjem delu rotomata ter oddajata na neskončni trak. Po traku se odpadki transportirajo do zbirnega kontejnerja in odvažajo na odlagališče komunalnih odpadkov (Poslovník..., 2005).

Peskolov

Na CČN Kranj se uporablja ozračeni peskolov, ki deluje tudi kot maščobnik. Volumen ozračenega peskolova znaša 450 m³, zadrževalni čas 7,5 minut v sušnem in 3 minute v deževnem obdobju. V peskolov dva kompresorja vpihavata 800 m³ zraka na uro. Za odvzem maščob in peska je montirano mostno strgalo, ki flotirane maščobe strga po površini, pesek pa s črpalkami pelje prek ciklonskega silosa. Voda se odcedi nazaj v peskolov, pesek pa se pretrese v kontejnerje in redno odvažajo na odlagališče komunalnih odpadkov (Poslovník..., 2005).

Primarni usedalnik

Na CČN Kranj sta zgrajena dva primarna usedalnika (slika 3) z vzdolžnim odtokom. Volumen posameznega usedalnika znaša 1200 m³. Blato, ki se usede na dno primarnega usedalnika, se z mostnim strgalom strga proti vtoku, kjer je dno poglobljeno. Tu se blato usede in koncentrira, nato se prečrpava v zgoščevalnik za blato in nadalje v anaerobno gnilišče. Zadrževalni čas v primarnem usedalniku je približno 1,5 ure (Poslovník..., 2005). Na CČN Kranj je učinek čiščenja po mehanski stopnji čiščenja približno 30 %. Obremenitev odpadne vode po primarnem čiščenju tako znaša ca 140 mg O₂/l (BPK₅) (Poslovník..., 2005).



Slika 3: Primarna usedalnika na CČN Kranj

Figure 3: Primary clarifiers at the CWWTP Kranj

Biološka stopnja čiščenja

Biološko stopnjo čiščenja na CČN Kranj sestavljajo štiri aeracijski bazeni in štiri naknadni usedalniki.

Aeracijski bazeni

Biološka stopnja čiščenja na CČN Kranj poteka v štirih aeracijskih (prezračevalnih) bazenih, kjer je biomasa razpršena. Volumen vsakega izmed bazenov znaša 2000 m^3 . Čas oksidacije se giblje med 4,4 in 6,4 ure na dan. Vsak izmed bazenov ima nameščeni dve turbini, ki omogočata površinsko aeracijo. Vnos kisika ene turbine znaša približno $56 \text{ kg O}_2/\text{h}$. S tem je v bazenih zagotovljena zadostna količina kisika ($1\text{--}3 \text{ mg O}_2/\text{l}$), istočasno je odpadna voda v stalnem gibanju (Poslovnik...,2005).

Naknadni usedalniki

Iz prezračevalnega bazena odpadna voda gravitacijsko odteče v naknadni usedalnik (slika 4). V naknadnem usedalniku se suspendirane snovi – blato loči od očiščene vode. Ker vsebuje suspenzija aktivnega blata, ki nastane v sekundarnih usedalnikih, mikroorganizme, ki čistijo odpadno vodo, se del vrača nazaj v prezračevalne bazene. Višek aktivnega blata (odvišno blato) pa je potrebno odstraniti. Na CČN Kranj so zgrajeni štiri naknadni usedalniki volumna, vsak po 2500 m^3 . Zadrževalni čas v naknadnem usedalniku je približno 6 ur. Blato, ki se zbira na dnu usedalnika, se z mostnim strgalom kontinuirano posnema in s pomočjo polžnih črpalk vrača v prezračevalne bazene. Količina povratnega

blata in učinkovitost zgoščevanja sekundarnih usedalnikov vplivata na količino blata v aeracijskem bazenu (Poslovník...,2005). Priraslo odvečno blato se vrača v črpališče na dotok čistilne naprave. Odvečno blato se izloči v primarnih usedalnikih in se po zgoščevanju prečrpava v anaerobno gnilišče (Bajželj in Pipuš, 2004). Prečiščena voda iz sekundarnih usedalnikov nato odteče v reko Savo. Obremenitev odvodnika po čiščenju znaša povprečno 10 mg BPK₅/l (95% čiščenje) oziroma 20–25 mg BPK₅/l (87,5–90% čiščenje) v konicah (Poslovník..., 2005).



Slika 4: Aeracijski bazeni in naknadni usedalniki na CČN Kranj

Figure 4: Aeration tanks and secondary clarifiers at the CWWTP Kranj

Biološko odstranjevanje hranil na CČN Kranj

Odpadna voda, ki priteče na čistilno napravo Kranj vsebuje dušikove in fosforjeve spojine (hranila). Na CČN Kranj je učinek odstranjevanja organskega onesnaženja visok, manj učinkovito pa je odstranjevanje dušika. Trenutno je v izvedbi posodobitev čistilne naprave, s katero bodo dosegli zahtevane učinke čiščenja. Boljša kvaliteta iztoka iz čistilne naprave, predvsem glede količine hranil, bi predstavljala tudi bistveno manjšo obremenitev za reko Savo. Na CČN Kranj potekata enostopenjska oksidacija ogljika in nitrifikacija v prezračevalnih bazenih. Proces denitrifikacije in proces odstranjevanja fosforjevih spojin na CČN Kranj ne potekata.

Obdelava blata na CČN Kranj

Na CČN Kranj prihaja do mešanja primarnega in sekundarnega blata, saj se del sekundarnega blata iz naknadnega usedalnika vrača nazaj na dotok čistilne naprave. To blato se potem useda v primarnem usedalniku. Iz primarnega usedalnika se blato nadalje prečrpava v gnilišče, kjer se pri anaerobnih pogojih presnovi.

Zgoščevalnik blata

Na CČN Kranj sta v uporabi dva lijakasta zgoščevalnika blata. Blato, ki se usede v primarnem usedalniku se prečrpava v zgoščevalca s kapaciteto 160 m³. Ko se blato zgosti, se ga nadaljnje prečrpava v anaerobna gnilišča, kjer poteka anaerobna presnova. Na CČN Kranj se dnevno iz zgoščevalca v anaerobno gnilišče prečrpa okrog 150 m³ surovega blata (6–9% suhe snovi).

Gnilišča

Za anaerobno presnovo blata se na CČN Kranj uporablja dvostopenjsko gnilišče (slika 5). Sestavljata ga dve gnilišči kapacitete vsako po 1800 m³. Temperatura v gniliščih se giblje od 30–35 °C. Čas gnitja blata je približno 30 dni, dnevna količina nepregnitega blata je 140 m³, pregnitega pa 70 m³ (Poslovnik..., 2005). Prvo gnilišče (primarno gnilišče), ki se segreva, se uporablja za razgradnjo blata, pri kateri se iz presnovljenih snovi sprosti voda. Sekundarno gnilišče pa se uporablja kot usedalnik, v katerem se usedljive snovi ločijo od supernatanta. Med plini, ki nastajajo v gnilišču, prevladujeta metan in ogljikov dioksid. Metan se uporablja za ogrevanje gnilišča in objektov CČN Kranj.



Slika 5: Primarno in sekundarno gnilišče na CČN Kranj

Figure 5: Primary and secondary digester at the CWWTW Kranj

Plinohram

Bioplin, ki se proizvede v gnilišču, se odvaja v skladišče, ki je v obliki dveh gumijastih balonov kapacitete 200 m³. Bioplin stalno izgoreva v agregatih ali v plinskem gorilcu. Na ta način se pridobi električna in toplotna energija, ki služi za ogrevanje gnilišča in poslovnega objekta. Dnevno na CČN Kranj nastane 4500 m³ bioplina z gorilno vrednostjo 25–29 MJ/m³. Dnevna količina proizvedene energije tako znaša 113 000–130 000 MJ (Poslovník..., 2005).

Dehidracija in higienizacija blata

Po zgoščevanju in stabilizaciji blata sledi proces odstranjevanja vode iz suspendiranih snovi. Dnevno na CČN Kranj nastane okrog 8 m³ dehidriranega blata. Za dehidracijo odpadnega blata se uporablja centrifuga. Centrifuga, ki je nadomestila tračno stiskalnico, je začela obratovati v letu 2005. Na CČN Kranj obstaja možnost higienizacije blata. Zgrajen je objekt za higienizacijo blata z negašenim apnom (CaO), ki je enostavna, cenena, ekonomična in zanesljiva metoda za dekontaminacijo blata. Namen higienizacije blata je tako doseči bakteriološko neoporečnost in s tem možnost odlaganja na kmetijske površine. Apno ima pomembno vlogo pri imobilizaciji težkih kovin, hkrati pa pripomore k zmanjšanju vsebnosti patogenih mikroorganizmov. Na CČN Kranj je v dehidriranem blatu prisotno veliko bakra. Raziskave so pokazale, da dodajanje apna nima bistvenega vpliva na imobilizacijo bakra (Wong in Selvan, 2006), zato higienizacija blata na CČN Kranj ne poteka. Apno je primerno kot dodatek pri kompostiranju blata (Wong in Selvan, 2006). V preteklosti so blato iz CČN Kranj odlagali na odlagališče komunalnih odpadkov v Tenetišah. Po sprejetju nove zakonodaje v Sloveniji odlaganje blata na odlagališča ni več mogoče. Trenutno blato iz CČN Kranj prevzema pooblaščen podjetje.

6.1.1 Učinek čiščenja in količine nastalega blata na CČN Kranj od leta 2007–2013

V preglednici 12 so prikazane vrednosti dotoka odpadne vode na CČN Kranj od leta 2007–2013 in količina padavin, izmerjena na meteorološki postaji Brnik.

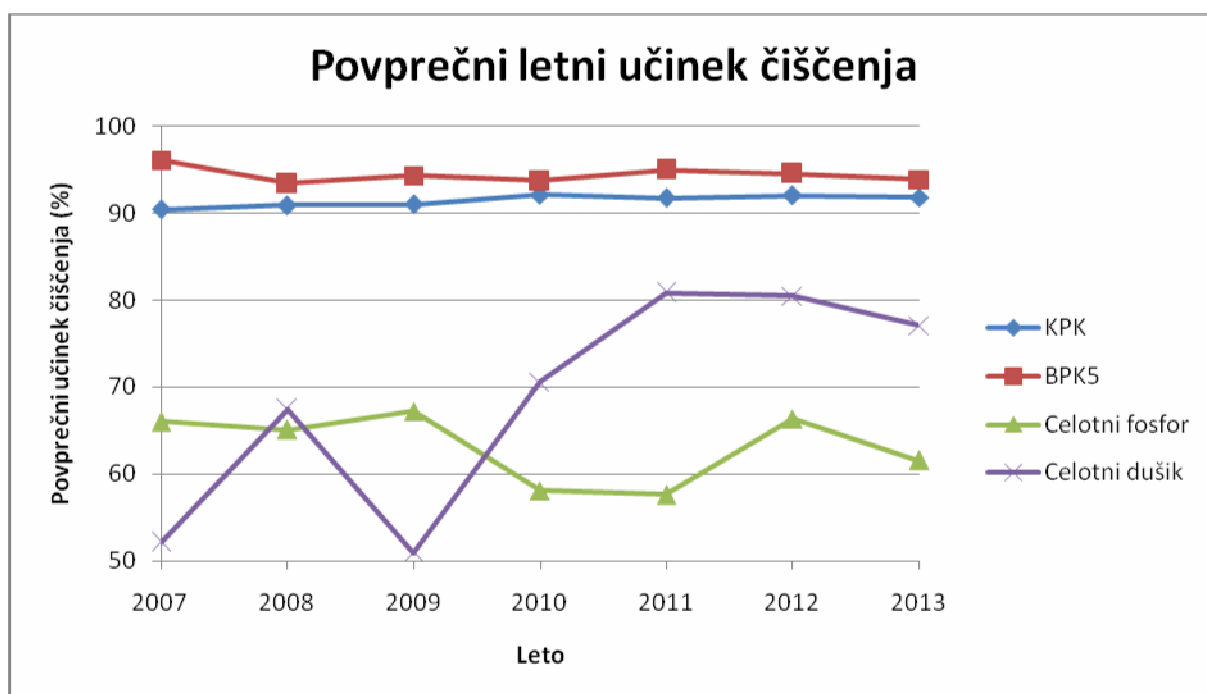
Preglednica 12: Dotok odpadne vode na CČN Kranj

Table 12: The flow of wastewater at the CWWTP Kranj

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Povprečje
DOTOK ODPADNE VODE [m ³ /leto]	5.839.600	6.286.350	5.269.204	5.530.140	4.921.510	5.759.290	5.614.950	5.603.006
KOLIČINA PADAVIN (MP BRNIK) [mm/leto]	1257	1593	1431	1579	987	1298	1372	1360

Največji dotok odpadne vode je izmerjen v letu 2008, in sicer 6.286.350 m³. V tem letu je bil izmerjen tudi največji dotok industrijske odpadne vode v merjenem obdobju. V naslednjih letih se je količina odpadne vode zmanjšala, vzrok temu je v veliki meri manjši dotok industrijskih odpadnih voda. Dotok odpadne vode na CČN Kranj je odvisen tudi od količine padavin, saj so na CČN priključeni tudi stari mešani kanalizacijski sistemi. Najmanjša izmerjena količina odpadne vode je bila v letu 2011. V tem letu je bilo tudi najmanj padavin – glede na podatke, izmerjene na meteorološki postaji Brnik (tabela 12).

Na grafikonu 1 so prikazani povprečni letni učinki čiščenja glede na KPK, BPK₅, celotni fosfor in celotni dušik med leti 2007–2013 na CČN Kranj



Grafikon 1: Povprečni letni učinki čiščenja na CČN Kranj od leta 2007 do 2013

Graph1: The average annual treatment effect at the CWWTP Kranj since 2007 to 2013

Iz rezultatov je razvidno, da je učinek čiščenja na CČN Kranj glede na parametra KPK in BPK₅ več kot 90% v celotnem merjenem obdobju (od leta 2007 – 2013). Občasno so na iztoku izmerjene vrednosti višje, kot so določene v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, 45/2007, 63/09 in 105/2010). Posledica tega je v veliki meri prekomerna obremenitev čistilne naprave, kar povzroči izplavljanje biološkega mulja iz čistilne naprave.

Povprečni učinek čiščenja dušikovih spojin je v merjenem obdobju zelo nihal in sicer od 50,9% (izmerjeno leta 2009) do 80,9% (izmerjeno leta 2011). Tako maksimalne kot tudi povprečne vrednosti celotnega dušika na iztoku so velikokrat višje, kot so določene v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju

odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, 45/2007, 63/09 in 105/2010). Skladno z uredbo je predpisana mejna dovoljena vrednost celotnega dušika na iztoku 10mg/l ali 80% učinek čiščenja (za čistilne naprave kapacitete ≥ 100.000 PE).

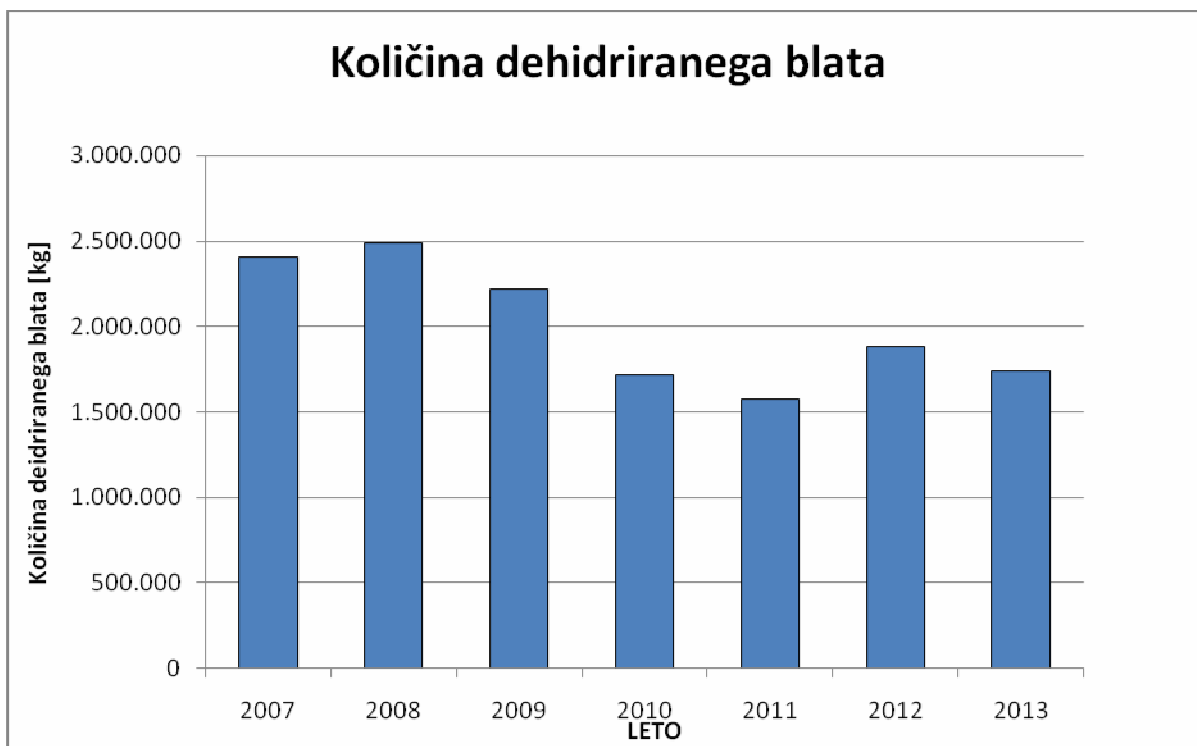
Povprečni učinek čiščenja fosforjevih spojin je bil v merjenem obdobju med 57,6% (izmerjeno leta 2011) in 67,2% (izmerjeno leta 2009). Občasno so na iztoku izmerjene vrednosti višje, kot so določene v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, 45/2007, 63/09 in 105/2010).

Vzrok slabšega učinka čiščenja je povezan s prekomerno obremenitvijo čistilne naprave z biološkim blatom. V aeracijskih bazenih je prišlo do pospešenega razvoja mikroorganizmov. Koncentracija aktivnega blata se je vseskozi povečevala. Tako je prišlo do kroženja biološkega blata v bazenih na ČN. Zaradi velikih količin se blato ni posedlo v primarnem usedalniku, ampak se je pretakalo v aeracijske bazene. Ker površinska prezračevala niso bila zmožna dovajati dovolj kisika, je v aeracijskih bazenih prišlo do pomanjkanja kisika. Zato je prišlo do prekomerne rasti nitastih bakterij, kar je povzročilo napihovanje aktivnega blata. Blato je bilo slabše usedljivo in se je izpiralo iz sistema. Vse to se je odrazilo na slabši kakovosti čiščenja in prekomerni obremenitvi odvodnika.

Lahko rečemo, da je bil učinek čiščenja v merjenem obdobju, glede na parametra KPK in BPK₅, zadovoljiv, slabši pa je učinek čiščenja fosforjevih in dušikovih spojin, kjer čistilna naprava ne dosega zakonskih parametrov za izpust v vode. Učinek čiščenja fosforjevih in dušikovih spojin je slabše, ker na CČN Kranj ne poteka tretja stopnja čiščenja. Po rekonstrukciji CČN Kranj, kjer bo potekala tudi tretja stopnja čiščenja pričakujemo bistveno boljše učinke čiščenja in s tem posledično manjše vplive na okolje.

6.1.2 Količine dehidriranega blatanastalega na CČN Kranj

V nadaljevanju (grafikon 2) so prikazane letne izmerjene količine nastalega dehidriranega blata na CČN Kranj (od leta 2007–2013).



Grafikon2: Količine nastalega dehidriranega blata na CČN Kranj

Graph2: Quantities of dehydrated sludge at theCWWTW Kranj

Največja izmerjena količina dehidriranega blata je bila leta 2008, in sicer 2.493.460 kg, kar pomeni približno 6.831 kg/dan. Najnižja izmerjena količina dehidriranega blata je bila leta 2011 in sicer 1.572.540 kg, kar pomeni, da je v enem dnevu nastalo približno 4.308 kg blata.

Količina dehidriranega blata je v veliki meri odvisna od sestave in količine odpadne vode. Dnevna količina dehidriranega blata lahko zelo niha glede na obremenitev čistilne naprave (dotok odpadne vode), učinkovitost procesov čiščenja v aeracijskem bazenu in od sprejema grezničnih gošč oziroma blata iz drugih čistilnih naprav. Povprečni delež suhe snovi v blatu se giblje med 25 in 30%, povprečna specifična teža blata pa med 800 in 850 kg/m³.

Na podlagi pridobljenih podatkov glede količin nastalega blata in obremenitve čistilne naprave v posameznem letu smo izračunali povprečno produkcijo blata, izraženo v g/PE.dan. Povprečna produkcija blata v merjenem obdobju (od leta 2007–2013) je 61 g/(PE.dan), kar je pod povprečjem za evropske čistilne naprave z aktivnim blatom. Literatura navaja, da v povprečni evropski konvencionalni čistilni napravi z aktivnim blatom nastane približno 80 g/(PE.dan) mešanice primarnega in sekundarnega blata. Primarnega nastane 45g/(PE.dan), sekundarnega pa 30g/(PE.dan) (Novotny, 1989). V ZDA, kjer je poraba vode približno še enkrat večja kot pri nas, pa je produkcija

primarnega blata 54 g/ (PE.dan), sekundarnega pa le 25g/(PE.dan) – skupaj torej 79 g/(PE.dan) (Tchobanoglous et al., 2003).

6.2 Vzorčevanje dehidriranega blata

Dehidrirano blato, ki nastane kot stranski produkt čiščenja odpadne vode, se na CČN Kranj zbira v zabojnikih (slika 6), ki jih nato odvažajo pooblaščen podjetje. Vzorce dehidriranega blata smo odvezemali direktno iz zabojnikov. Vzorci so bili črne barve z značilnim vonjem za blato iz komunalnih čistilnih naprav. Trdnih delcev iz stekla, plastike in kovine večjih od 2 mm je bilo manj kot 2%. V vzorcih ni bilo vidno masti in olj.



Slika 6: Dehidrirano blato, ki nastane na CČN Kranj

Figure 6: Dehydrated sludge formed at the CWWTP Kranj

V letu 2007 smo v mesecu juniju in juliju pridobili 15 vzorcev dehidriranega blata. Vzorčili smo dvakrat tedensko, vzeli smo po en vzorec. Vzorce smo nabirali s PVC splatulami. V letu 2008 smo odvzeli le en vzorec in sicer v mesecu septembru. V letu 2009 smo pridobili tri vzorce dehidriranega blata. V letu 2010 pa smo ponovno vzorčili v mesecu juniju in juliju ter pridobili 12 vzorcev dehidriranega blata. V letu 2011, 2012 in 2013 smo skupaj pridobili še 5 vzorcev dehidriranega blata.

Blato smo nabirali ročno, z lopato in ga pakirali v plastično embalažo. En vzorec blata je tehtal približno 0,5 kilograma. Nadalje smo vzorce blata prenesli v laboratorij, kjer smo ga posušili na 75 °C in nato fino zmleli (pod velikost 63 mikronov). Zmlete vzorce blata smo zapakirali v plastične epruvete in jih poslali na analizo v akreditiran laboratorij. Skupaj smo odvzeli 36 vzorcev blata.

V letu 2009 smo dehidrirano blato kompostirali skupaj s sekanci. Na asfaltni ploščadi na lokaciji CČN Kranj smo oblikovali kompostni kup. Asfaltna ploščadima urejeno odvajanje izcednih vod iz kompostnega kupa na dotok čistilne naprave. Kompostno mešanico z nakladačem smo oblikovali v trapezne kupe visoke 2-3 m. Kompostni kup ene šarže biološko razgradljivih odpadkov je bil dolžine približno 10 m. V kompostnem kupu smo stalno merili temperaturo na štirih točkah. Temperaturo v kompostnem kupu smo merili s paličnim termometrom. Uporabili smo termometer tipa Hanna instruments, ki ima temperaturno tipalo na podaljšku dolžine 1 m, tako da smo lahko izmerili temperaturo v notranjosti kompostnega kupa. Natančnost inštrumenta je po podatkih proizvajalca $\pm 0,4$ °C. Ko začne temperatura naraščati, pričnemo z mešanjem kompostnega kupa. Kompostni kup smo mešali v empirično določenih intervalih, na začetku bolj pogosto (večkrat na dan) kot proti koncu procesa (2–3 krat tedensko).

V povprečju smo kompostni kup mešali dva do trikrat tedensko. Poleg mešanja smo zračnost v kompostnem kupu zagotovili z dodajanjem lesnih sekancev ob začetku kompostiranja. Zračnost v kompostnem kupu se je zagotovila z ustreznim razmerjem sekancev in blata in sicer 60 % sekancev in 40% blata. V času intenzivnih padavin smo za preprečitev nekontroliranega vnosa vode ter ohlajanja kompostnega kupa uporabili paro prepustne prekrivne tkanine. V času kompostiranja smo zagotovili merjenje temperature v kompostnem kupu dolžine 10 m na štirih točkah, v globini 1 m. Za shranjevanje podatkov o izvedenih meritvah smo vodili obratovalni dnevnik.

V obdobju kompostiranja, ko mora biti kompost izpostavljen temperaturi, višji od 55 °C, smo jo merili najmanj enkrat dnevno, v ostalem obdobju kompostiranja pa najmanj trikrat tedensko. Kompostiranje ene šarže biološko razgradljivih odpadkov je potekalo 4 mesece, nato smo po štirih mesecih kompostiranja odvzeli vzorce in jih analizirali. Prostorske kapacitete so bile zadostne, da smo lahko zagotovili ustrezen čas kompostiranja.

Vzorčenje komposta je bilo opravljeno na CČN Kranj. Ročno smo iz kompostnega kupa odvzeli po 10 podvzorcev za kompost, v količini približno 1,5 kg – torej skupaj 15 kg. Volumen kompostnega kupa je bil 20 m³. Kemično analizo vzorcev komposta je opravil Zavod za zdravstveno varstvo Kranj.

6.3 Analizne metode

Kemična sestava vzorcev, ki smo jih odvzeli leta 2007, 2009 in 2010 je bila določena v akreditiranemu laboratoriju (Acme Analytical Laboratories). Težke kovine (Cd, Cr, Pb, Zn, Cu), so bile določene tako, da so 0,5 g vzorca izluževali s 3 ml 2-2-2 HCl-HNO₃-H₂O pri 95°C eno uro, razredčili na 10 ml in analizirali z ICP-MS metodo (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer – masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo). Nikelj je bil določen tako, da so 0,2 g

homogeniziranega vzorca kamnine talili z LiBO₂ in analizirali z metodo ICP-ES (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer – emisijska spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo). Živo srebro so analizirali posebej, po metodi, ki sta jo opisala Hatch in Otto (1968).

Celokupni organski ogljik (TOC - Total Organic Carbon), celokupno žveplo (WRS - Whole Rock Sulphur – TOT/S) in sulfidno žveplo (S-/S - sulfide sulfur) so določili s pomočjo LECO CS-3444 elementnega analizatorja.

Natančnost meritev koncentracij težkih kovin je ± 3 % za glavne prvine in ± 5 % do ± 8 % za stranske in ostale sledne prvine, kar je razvidno iz meritev ponovljenih vzorcev in standarda CCH-1 (apnenec – Université de Liege).

Analize kompostiranega blata in dehidriranega blata v letih 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 in 2013 je opravil Zavod za zdravstveno varstvo Kranj. Vzorčenje je bilo izvedeno z upoštevanjem navodil po standardu SIST EN ISO 5667-13:1998, SIST EN 12579:2001 in SIST EN 14899:2006. Zaradi homogene sestave ni bila potrebna priprava laboratorijskega vzorca. Pripravo testnih vzorcev so izvedli v laboratoriju za sanitarno kemijo na Zavodu za zdravstveno varstvo Kranj. Testni vzorec je bil pripravljen iz laboratorijskega vzorca po standardu SIST EN 13040:2008 –n ODPO25: četrтинjenje vzorca, sušenje na 75°C, mletje v ultracentrifugalnem mlinu ZM 200 Rettsch (Poročilo o vzorčenju... 2013).

7 REZULTATI IN RAZPRAVA

7.1 Koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu na CČN Kranj

V preglednici 13 so podane povprečne letne koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu v letu 2007 (začetek merjenega obdobja), povprečne letne koncentracije v obdobju 2009 in 2010 (ko je bila CČN najbolj obremenjena s težkimi kovinami) in v letu 2013 (zadnje leto merjenega obdobja). V preglednici 14 in 15 so prikazane srednje letne vrednosti in razpon koncentracij težkih kovin (kadmij, krom, baker, živo srebro, nikelj, svinec in cink) v dehidriranem blatu na CČN Kranj od leta 2007–2013. Elementi so podani v mg/kg dehidriranega blata. Grafikoni (3, 4, 5, 6, 7, 8 in 9) za posamezne težke kovine so izrisani iz povprečnih izmerjenih koncentracij težkih kovin v posameznem letu. V preglednici 17 so podani rezultati koncentracij elementov iz skupine platina (t.i. »PGE elements«) v dehidriranem blatu, v preglednici 18 pa koncentracije zlata in srebra v dehidriranem blatu iz CČN Kranj.

Že prve analize težkih kovin v dehidriranem blatu (preglednica 14), odvzete v letu 2007, so pokazale, da blatobrez nadaljnje obdelave ni primerno za odlaganje na kmetijske površine, saj so vsebnosti težkih kovin (kadmij, krom, baker, živo srebro in cink) presegle mejne dovoljene koncentracije za odlaganje na kmetijske površine, določene z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008). V celotnem obdobju samo povprečne letne vrednosti niklja in svinca niso presegle mejnih dovoljenih koncentracij za vnos na kmetijske površine. Kljub temu so bile maksimalne izmerjene koncentracije niklja v letu 2010 na treh vzorcih višje od mejnih, določenih v uredbi. Samo pri svincu so bile vse izmerjene koncentracije nižje od mejnih, določenih v uredbi. Pri bakru smo ugotovili, da so bile vse izmerjene koncentracije na vseh vzorcih nad mejno dovoljeno vrednostjo, določeno v uredbi. Iz rezultatov smo ugotovili, da samo koncentracije svinca v dehidriranem blatu (gledano na vse vzorce) zadostijo pogojem Uredbe o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008). Ugotovili smo, da so onesnaževalci s težkimi kovinami večinoma industrijski obrati, ki so priključeni na kanalizacijski sistem in naprej na čistilno napravo Kranj.

Iz rezultatov je razvidno da je bilo dehidrirano blato iz CČN Kranj najbolj obremenjeno s težkimi kovinami v letih 2009 in 2010. V tem obdobju smo za elemente kadmij, krom, nikelj, svinec in cink izmerili najvišje letne povprečne vrednosti v celotnem merjenem obdobju. Za baker so bile najvišje povprečne letne vrednosti izmerjene v letu 2007, za živo srebro pa leta 2013. Povprečna koncentracija živega srebra je bila v letu 2013 višja zgolj za 0,10 mg/kg kot leta 2009.

Glede na pridobljene analize lahko rečemo, da je bilo dehidrirano blato iz CČN Kranj v celotnem obdobju najmanj obremenjeno v letu 2007. V tem letu smo izmerili tudi najnižje povprečne letne vrednosti cinka, svineca, kadmija in niklja v celotnem merjenem obdobju.

Če primerjavo koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu iz leta 2007 in iz leta 2013 (preglednica 13), lahko ugotovimo, da so izmerjene povprečne letne koncentracije težkih kovin v letu 2013 višje kot v letu 2007 pri naslednji elementih:

- kadmij za 1,38-krat,
- živo srebro za 1,96-krat,
- nikelj za 2,28-krat,
- svinec za 1,31-krat,
- cink za 1,27-krat.

Samo povprečne letne vsebnosti kroma in bakra v dehidriranem blatu so bile nižje v letu 2013 kot v letu 2007 in sicer:

- vsebnost kroma v letu 2013 nižja za 2,7-krat kot leta 2007,
- vsebnost bakra je bila v letu 2013 malenkostno nižja kot leta 2007.

Glede na minimalne izmerjene koncentracije težkih kovin v letu 2007 in 2013 lahko povzamemo, da so bile samo pri kromu minimalne izmerjene koncentracije v letu 2013 nižje kot v letu 2007. Pri vseh ostalih elementih so bile najnižje izmerjene koncentracije v letu 2013 višje kot v letu 2007. Tudi na podlagi maksimalnih izmerjenih koncentracij težkih kovin v letu 2007 in 2013 lahko ugotovimo, da so bile samo pri kromu maksimalne izmerjene koncentracije v letu 2013 nižje kot v letu 2007.

V preglednici 13 so podane povprečne letne koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu v letu 2007 (začetek merjenega obdobja), povprečne letna koncentracije v obdobju 2009 in 2010 (ko je bila CČN Kranj najbolj obremenjena s težkimi kovinami) in v letu 2013 (zadnje leto merjenega obdobja).

Preglednica 13: Povprečne letne koncentracije težkih kovin v blatu

Table 13: The average annual concentration of heavy metals in the sewage sludge

Element	2007 srednja vrednost mg/kg	2009 - 2010 srednja vrednost mg/kg	2013 srednja vrednost mg/kg
Cd (kadmij)	1,41	2,66	1,95
Cr (krom)	167	239	62
Cu (baker)	600	549	594
Hg (živo srebro)	1,59	3,04	3,1
Ni (nikelj)	30	70	68
Pb (svinec)	102	169	134
Zn (cink)	1063	1430	1350

Če primerjamo povprečne letne koncentracije težkih kovin v blatu v letu 2009 oziroma 2010 z letom 2013, ugotovimo, da so se večinoma koncentracije težkih kovin zmanjšale in sicer:

- kadmij za 1,36-krat,
- krom za 3,90-krat,
- nikelj za 1,03-krat,
- svinec za 1,26-krat,
- cink za 1,06-krat.

Malenkostno so se povešale le koncentracije bakra, za 1,08-kratin živega srebra za 1,03-krat.

Ugotovili smo, da je bilo dehidrirano blato iz CČN Kranj v letu 2013 bolj obremenjenos težkimi kovinami kot leta 2007. Menimo, da je vzrok za to tudi manjši sprejem zelo obremenjenih odpadnih blat iz drugih čistilnih naprav v letu 2007 kot v letu 2013.

Kljub temu smo ugotovili, da je bila leta 2013 CČN Kranj manj obremenjena z težkimi kovinami kot leta 2009 oziroma 2010, kar kaže na trend zmanjševanja vsebnosti težkih kovin v dehidriranem blatu. Posledica tega je zagotovo manjši sprejem industrijskih odpadnih voda na CČN Kranj, kar je posledica več dejavnikov, kot npr: zmanjšanje industrijskih obratov, izboljšanje čistilnih procesov oziroma naprav že v samih proizvodnih obratih, manjša in bolj varčna poraba vode v posameznih proizvodnih procesih (izboljšanje proizvodnih tehnologij),tudi zaradi drugačnega obračuna odvajanja odpadnih voda (bistveno povišanje cen za industrijske onesnaževalce). Po podatkih glede dotoka industrijske odpadne vode na CČN Kranj je v letu 2013 na CČN priteklo 20% manj industrijske odpadne vode kot v letu 2010 in kar 50% manj kot leta 2009.

Posledica obremenjenosti blata s težkimi kovinami je zagotovo tudi sprejem odpadnih vod in gošč iz drugih čistilnih naprav. Del tega so predstavljale tudi odpadne vode iz industrijskih obratov, ki so zelo obremenjeni z težkimi kovinami. Na ta način se za CČN Kranj ustvarja določen prihodek, vendar je obremenitev čistilne s tem povečana in blato bistveno slabše kakovosti z vidika vsebnosti težkih kovin.

V preglednici 14 in 15 so prikazane koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu iz CČN Kranj (srednja letna koncentracija in razpon) od leta 2007 do 2013.

Preglednica 14: Vsebnost težkih kovin v blatu na CČN Kranj v letih od 2007 do 2010

Table 14: The concentration of heavy metals in sewage sludge at the CWWTP Kranj since 2007 to 2010

ELEMENT	2007 (15 vzorcev)		2008 (1 vzorec)		2009 (3 vzorci)		2010 (12 vzorcev)	
	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]
Cd (kadmij)	1,41	1,30–1,80	1,90	-	2,66	2,60–2,70	1,96	1,64–2,1
Cr (krom)	167	137–360	64	-	76	69–82	239	123–356
Cu (baker)	600	500–645	510	-	540	527–564	549	520–569
Hg (živo srebro)	1,59	1,20–2,90	2,2	-	3,04	3,01–3,10	2,57	2,32–2,99
Ni (nikelj)	30	24,5–48	66	-	49	47–54,0	70	42–85
Pb (svinec)	102	90–110	102	-	169	168–170	118	107–127
Zn (cink)	1063	972–1206	1040	-	1431	1361–1567	1241	1179–1320

- ni podatka

Preglednica 15: Vsebnost težkih kovin v blatu na CČN Kranj v letih od 2010 do 2013.

Table 15: The concentration of heavy metals in sewage sludge at the CWWTW Kranj since 2010 to 2013

ELEMENT	2011 (1 vzorec)		2012 (2 vzorca)		2013 (2 vzorca)	
	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]	srednja vrednost [mg/kg]	razpon [mg/kg]
Cd (kadmij)	1,80	-	1,72	1,6–1,85	1,95	1,6–2,3
Cr (krom)	200	-	141	91–190	62	53–70
Cu (baker)	370	-	456	446–466	594	518–670
Hg (živo srebro)	2,5	-	0,06	0,002–0,12	3,14	3.13–3,15
Ni (nikelj)	66	-	67	64–69	68	65–71
Pb (svinec)	150	-	131	127–135	134	131–136
Zn (cink)	1470	-	1325	1270–1380	1350	1300–1400

- ni podatka

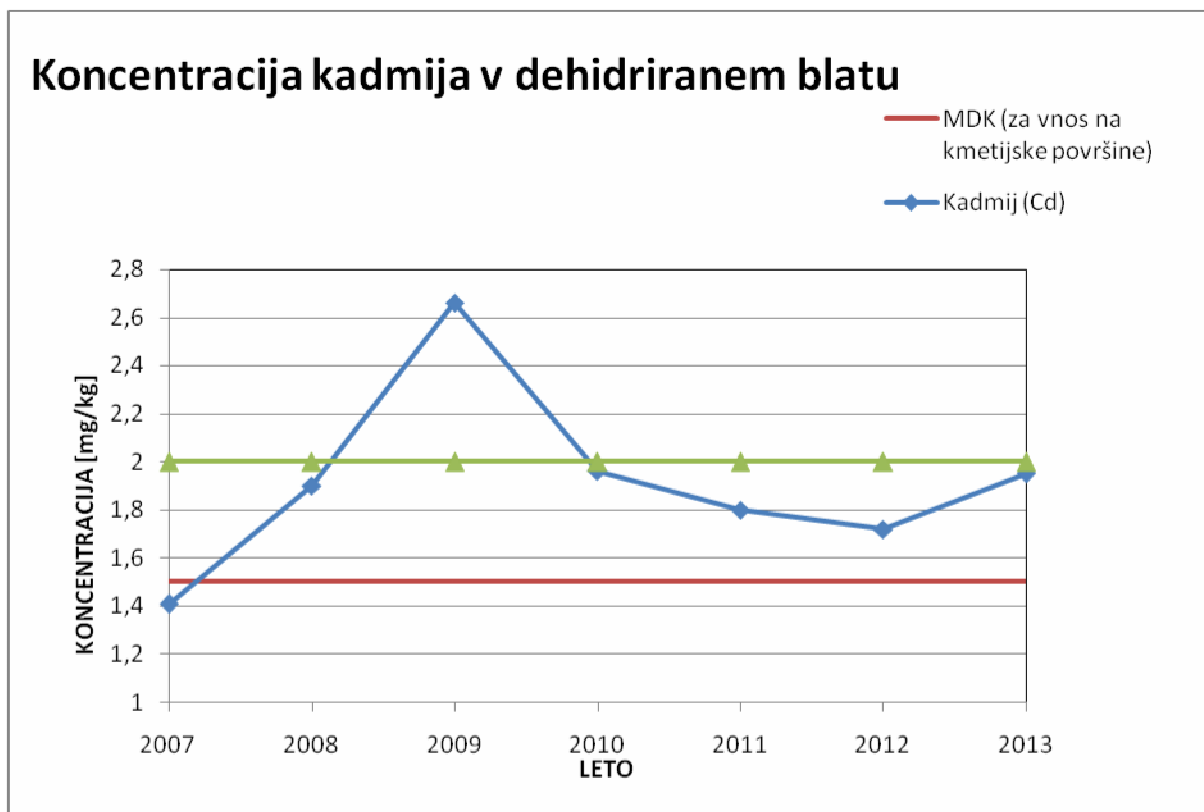
7.1.1 Kadmij

Koncentracija kadmija v dehidriranem blatu je bila najvišja v letu 2009, najvišja izmerjena koncentracija je bila 2,7 mg/kg. Blato je bilo najmanj obremenjeno s kadmijem v letu 2007, kjer je bila povprečna koncentracija 1,4 mg/kg. Nato se je koncentracija kadmija zviševala do leta 2009, ko smo izmerili najvišjo vrednost. 2,7 mg/kg. Od leta 2009 se je koncentracija kadmija v dehidriranem blatu postopno zmanjševala do leta 2012, ko je bila povprečna izmerjena vrednost 1,72 mg/kg. V letu 2013 smo izmerili nekoliko višje vrednosti kot leta 2012, in sicer je bila povprečna izmerjena vrednost 1,95 mg/kg, maksimalna pa 2,3 mg/kg.

V primerjavi z letom 2007 je bilo blato iz CČN Kranj v letu 2013 bolj obremenjeno s kadmijem. Povprečne letne vrednosti kadmija so prikazane na grafikonu 3.

Mejna dovoljena vrednost za kadmij pri vnosu blata na kmetijske površine je 1,5 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). Samo v leta 2007 smo izmerili nižje vrednosti kadmija na enajstih vzorcih. Na vseh preostalih vzorcih pa so bile izmerjene vrednosti višje ali enake 1,5 mg/kg.

Mejna dovoljena koncentracija kadmija v trdnem gorivu ne sme presegati 2 mg/kg (v suhi snovi) za uporabo trdnega goriva v srednjih in velikih kurilnih napravah. Povprečne letne izmerjene koncentracije kadmija so bile samo v letu 2009 višje od 2 mg/kg.



Grafikon3: Koncentracija kadmija v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

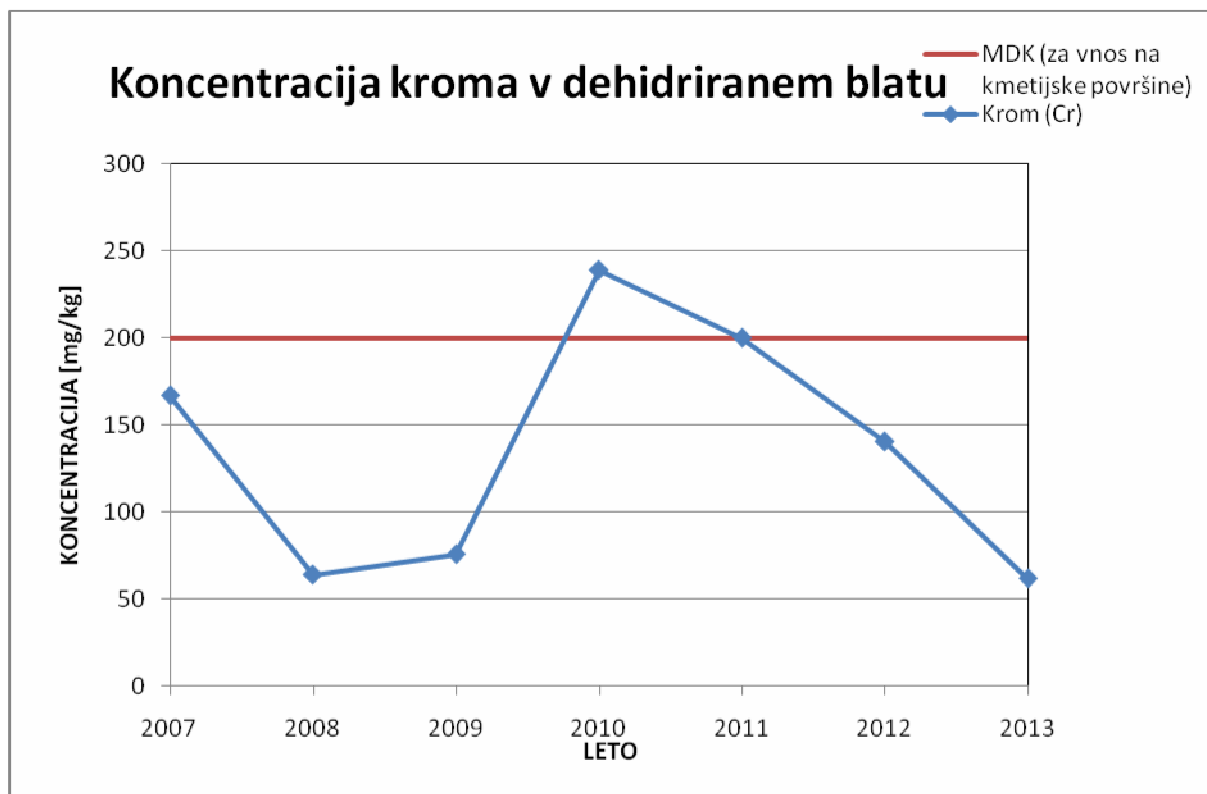
Graph3: The concentration of cadmium in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values

7.1.2 Krom

Iz rezultatov vsebnosti celotnega kroma v dehidriranem blatu smo ugotovili, da je bilo blato iz CČN Kranj najbolj obremenjeno s kromom v letu 2010. Samo v tem letu je povprečna letna izmerjena koncentracija presegla 200 mg/kg. V letu 2007 smo le na enem vzorcu (odvzetem v mesecu novembru) izmerili koncentracijo kroma nad 200 mg/kg, in sicer 360 mg/kg.

V letu 2008 in 2009 se je vsebnost kroma v primerjavi z letom 2007 znižala, v letu 2010 pa je bistveno narasla, največ na 356,2 mg/kg. Tako se je v letu 2010 koncentracija kroma v primerjavi z letom 2009 v povprečju povišala več kot trikrat. Od leta 2010 do leta 2013 pa se je koncentracija kroma v dehidriranem blatu postopoma zniževala in v nobenem vzorcu presegla meje 200 mg/kg. Ob koncu merjenega obdobja je bilo dehidrirano blato manj obremenjeno s kromom kot na začetku merjenega obdobja. Povprečne letne vrednosti kroma so prikazane na grafikonu 4.

Mejna dovoljena vrednost za krom pri vnosu blata na kmetijske površine je 200 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). V letu 2007 smo izmerili višje vrednosti v enem, v letu 2010 pa na šestih vzorcih. Na ostalih vzorcih koncentracija kroma ni presegala mejne dovoljene vrednosti.



Grafikon4: Koncentracija celotnega kroma v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

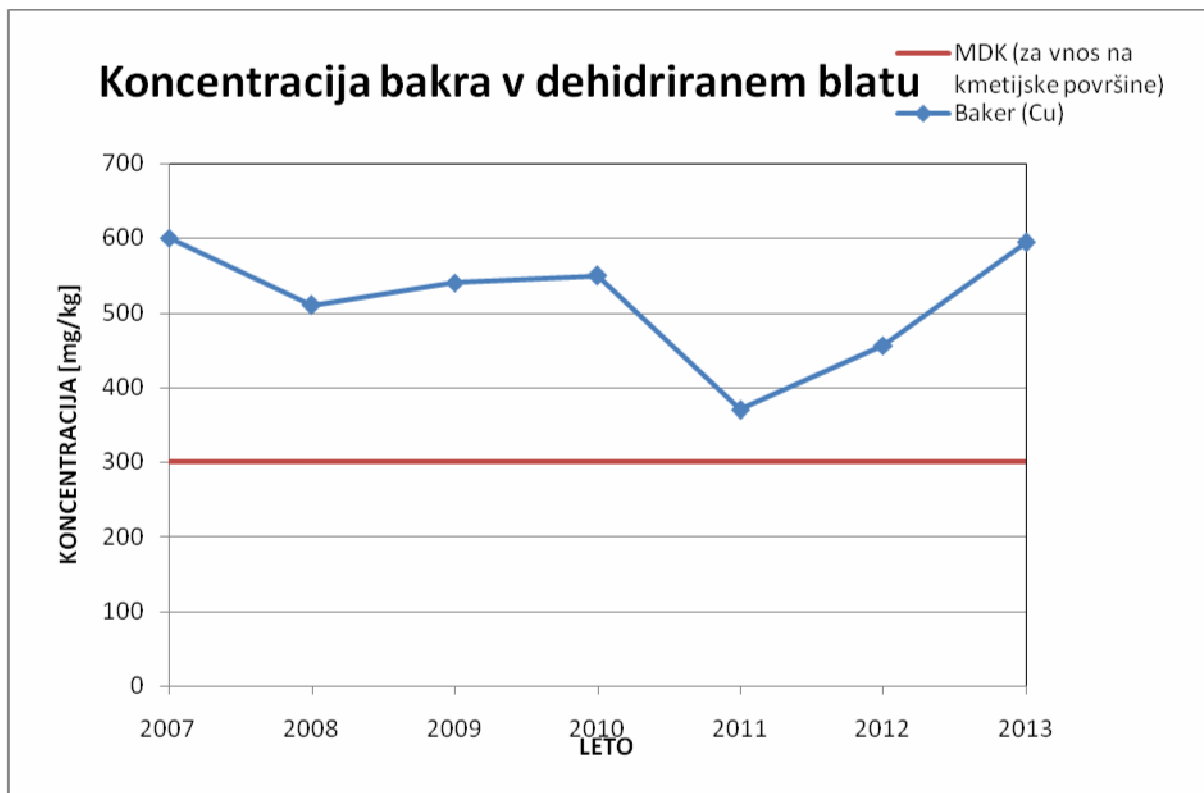
Graph 4: The concentration of total chromium in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values

7.1.3 Baker

V dehidriranem blatu CČN Kranj so v zadnjem desetletju prisotne visoke koncentracije bakra. Vsebnost bakra v dehidriranem blatu je bila v vseh vzorcih višja od 300 mg/kg. Najvišja koncentracija bakra je bila izmerjena v letu 2013, in sicer 670 mg/kg. Druga najvišja koncentracija in najvišja povprečna koncentracija (600,25 mg/kg) je bila izmerjena leta 2007. V letu 2011 je bila izmerjena najnižja koncentracija bakra v merjenem obdobju, to je 370 mg/kg. Ugotovili smo, da se koncentracije bakra od leta 2011 do 2013 ponovno povečujejo, kar še vedno kaže, da je dehidrirano blato zelo obremenjeno z bakrom.

Na CČN Kranj so v preteklosti zgradili objekt za higienizacijo blata z apnom. Namen tega je bilo doseči neoporečnost blata in možnost odlaganja takšnega blata na kmetijska zemljišča. Vendar pa zaradi prevelike vsebnosti bakra higienizacija ne poteka več.

Mejna dovoljena vrednost za baker pri vnosu blata na kmetijske površine je 300 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). Višje koncentracije bakra so na CČN Kranj opazne že nekaj let. Že na začetku vzorčenja leta 2007 smo ugotovili preseganje koncentracije tudi za več kot dvakrat. V vseh vzorcih v merjenem obdobju so bile izmerjene višje koncentracije bakra od 300 mg/kg. Ugotovili smo, da je blato iz CČN Kranj zelo obremenjeno z bakrom. Povprečne letne vrednosti bakra so prikazane na grafikonu 5.



Grafikon5: Koncentracijabakra v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

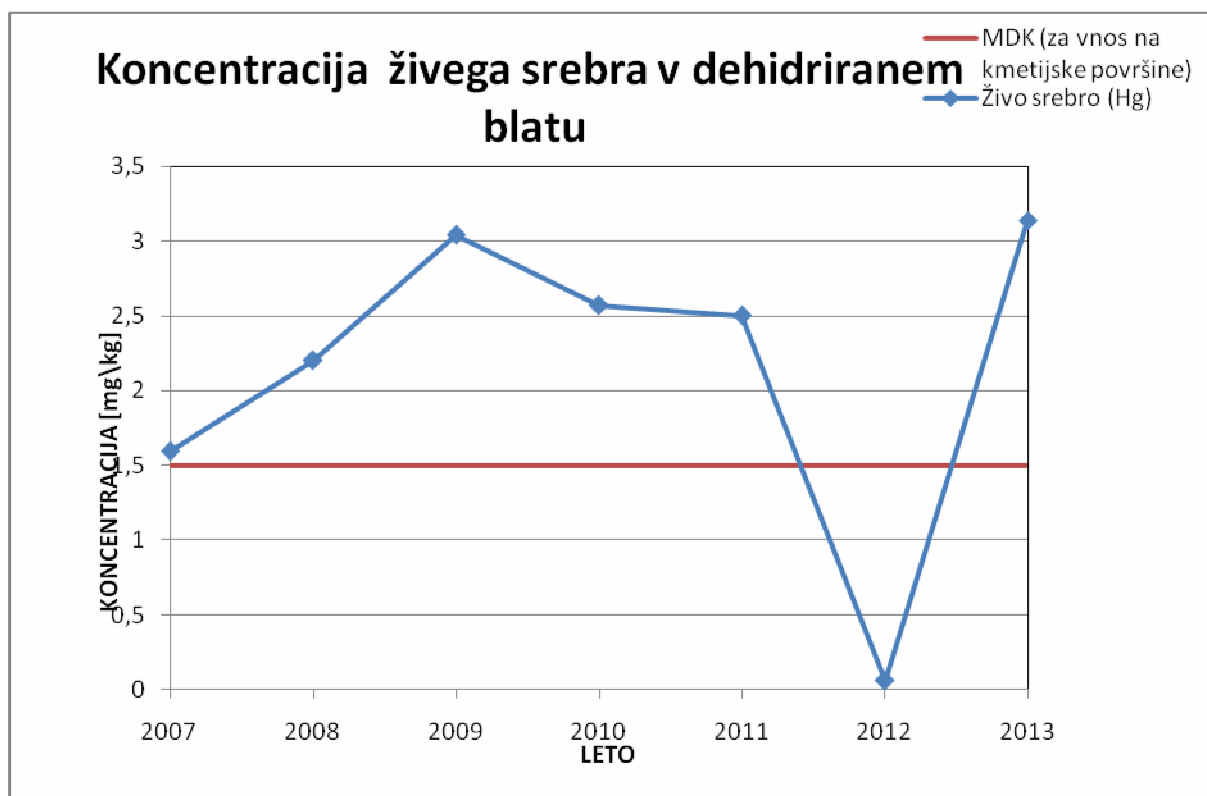
Graph5: The concentration of copper in sewage sludge at theCWWTP Kranj – average annual values

7.1.4 Živo srebro

Najvišjo obremenitev dehidriranega blata z živim srebrom smo izmerili v letu 2013, ko je bila maksimalna koncentracija 3,15 mg/kg. Najnižja koncentracija je bila v letu 2012, ko v dveh vzorcih praktično ni bilo zaznati sledi živega srebra in je bila povprečna izmerjena koncentracija le 0,06 mg/kg. Glede na koncentracijo živega srebra v dehidriranem blatu v ostalih odvzetih vzorcih v merjenem obdobju, dopuščamo v letu 2012 možnost napak pri določitvi vsebnosti živega srebra v dveh vzorcih. Menimo, da je mogoče vzrok temu iskati v premajhni količini odvzetega vzorca, saj se za določevanje Hg uporabljajo drugačni postopki, za katere je potrebno več vzorca kot za analizo ostalih elementov težkih kovin.

Glede na pridobljene rezultate smo ugotovili trend povišanja živega srebra v dehidriranem blatu od leta 2007–2013. Povprečna koncentracija živega srebra v dehidriranem blatu je bila v letu 2013 skoraj še enkrat višja kot leta 2007, v letu 2007 1,59 mg/kg, v letu 2013 pa 3,14 mg/kg. Povprečne letne vrednosti živega srebra so prikazane na grafikonu 6.

Mejna dovoljena vrednost za živo srebro pri vnosu blata na kmetijske površine je 1,5 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). Na večini vzorcev smo ugotovili višje vrednosti živega srebra v blatu od MDK za vnos na kmetijske površine. Samo v letih 2007 in 2012 smo izmerili nižje vrednosti živega srebra od MDK. V letu 2007 smo pri sedmih vzorcih zabeležili nižje vrednosti, povprečna vrednost v tem letu je kljub temu 1,7 mg/kg. V letu 2012 pa smo pri obeh vzorcih izmerili nižje vrednosti. Povprečna vrednost živega srebra v dehidriranem blatu je bila v letih 2009 in 2013 več kot še enkrat višja od MDK za vnos na kmetijske površine.



Grafikon 6: Koncentracija živega srebra v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

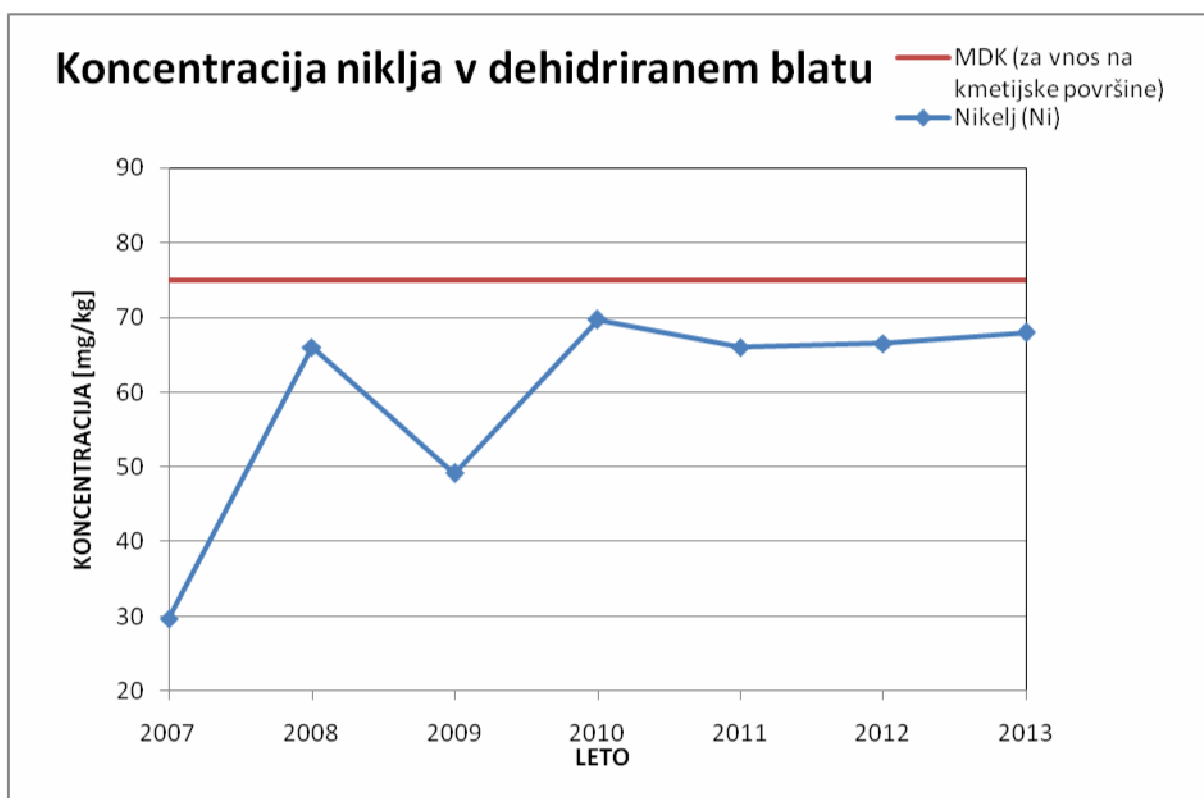
Graph 6: The concentration of mercury in sewage sludge at the CWWTW Kranj – average annual values

7.1.5 Nikelj

Ugotovili smo, da je bilo blato iz CČN Kranj z nikljem najbolj obremenjeno v letu 2010, ko smo tudi izmerili najvišjo koncentracijo niklja, in sicer 85,1 mg/kg. Najnižje koncentracije niklja smo izmerili v

letu 2007, povprečna izmerjena vrednost v tem letu je bila le 29,74 mg/kg. Od leta 2007 dalje smo ugotovili povečanje koncentracij niklja v dehidriranem blatu, največ za 2,34-krat (glede na povprečne izmerjene vrednosti v letu 2007 in 2010). Od leta 2008–2013 se povprečna koncentracija niklja v posameznem letu ni bistveno spreminjala, razpon je bil od 49,1 mg/kg do 69,7 mg/kg.

Mejna dovoljena vrednost za nikelj pri vnosu blata na kmetijske površine je 75 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). Povprečne letne vrednosti niklja v merjenem obdobju niso presegle mejne dovoljene koncentracije za vnos na kmetijske površine. Od leta 2007–2009 v nobenem vzorcu nismo zaznali večje koncentracije niklja od MDK. V letu 2010 pa smo pri štirih vzorcih že ugotovili preseganje MDK za vnos na kmetijske površine. Povprečna izmerjena vrednost v letu 2010 je bila 72 mg/kg, najvišja pa 85 mg/kg. Od leta 2010 dalje ponovno nismo v nobenem vzorcu ugotovili preseganje MDK za vnos na kmetijske površine. Iz rezultatov lahko povzamemo, da je blato iz CČN Kranj relativno malo obremenjeno z nikljem. Povprečne letne vrednosti niklja so prikazane na grafikonu 7.



Grafikon 7: Koncnetracija niklja v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

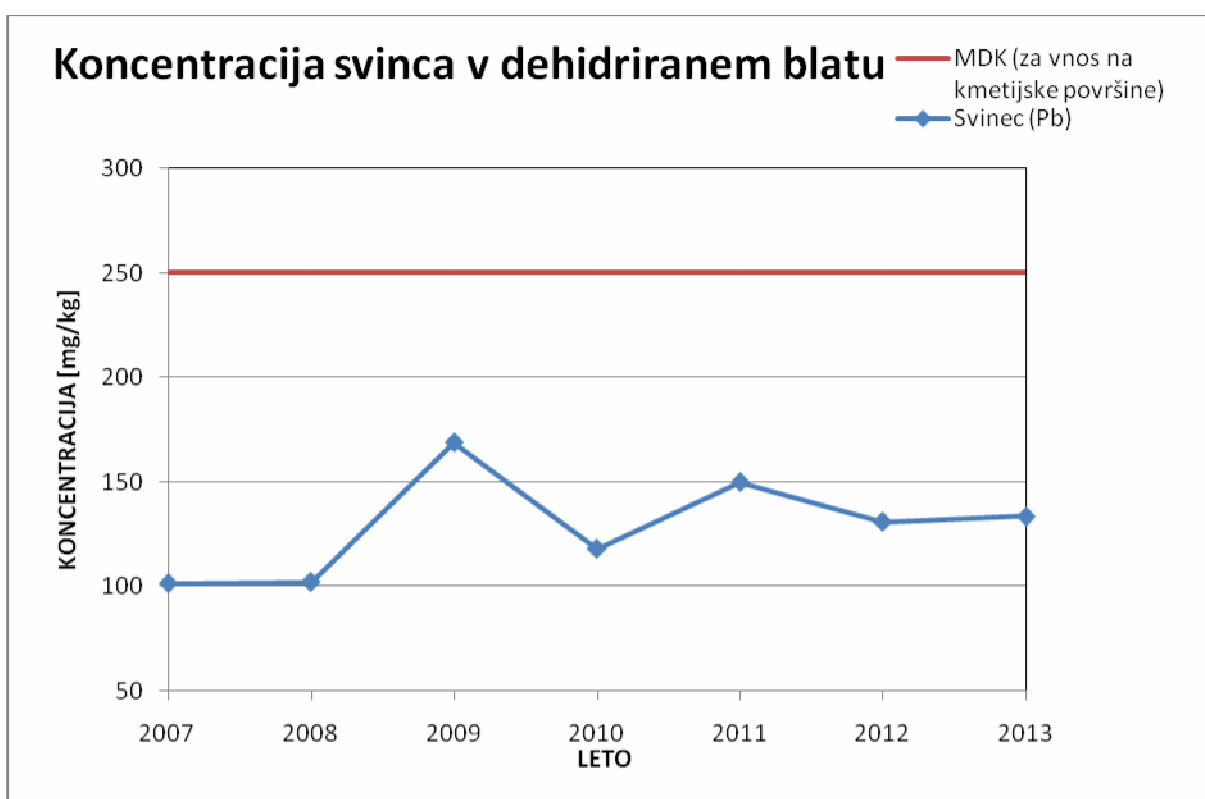
Graph 7: The concentration of nickel in sewage sludge at the CWWTW Kranj – average annual values

7.1.6 Svinec

V blatu na CČN Kranj smo največjo koncentracijo svinca izmerili leta 2009, in sicer 170 mg/kg, v tem letu je bila izmerjena tudi najvišja povprečna letna koncentracija, in sicer 169 mg/kg. Najnižja koncentracija svinca je bila izmerjena leta 2007, povprečna letna koncentracije je bila 101mg/kg,

najnižja izmerjena pa 90,3 mg/kg. Analize so pokazale, da se koncentracije svineca v dehidriranem blatu bistveno niso spreminjale, povprečne letne koncentracije so bile v razponu od 101–169 mg/kg. Iz rezultatov je razvidno, da je blato iz CČN Kranj malo obremenjeno s svincem. Povprečne letne koncentracije svineca so prikazane na grafikonu 8.

Mejna dovoljena vrednost za svinec pri vnosu blata na kmetijske površine je 250 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). Pri nobenem vzorcu nismo ugotovili višje koncentracije svineca od mejne dovoljene koncentracije za vnos na kmetijske površine. Svinec je eden redkih elementov na CČN Kranj, kjer ni presežena mejna dovoljena koncentracija za vnos blata na kmetijske površine. Iz rezultatov smo ugotovili da CČN Kranj ni preobremenjena s svincem, kar je spodbudna novica, glede na to, da je svinec najnevarnejša težka kovina.



Grafikon 8: Koncentracija svineca v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

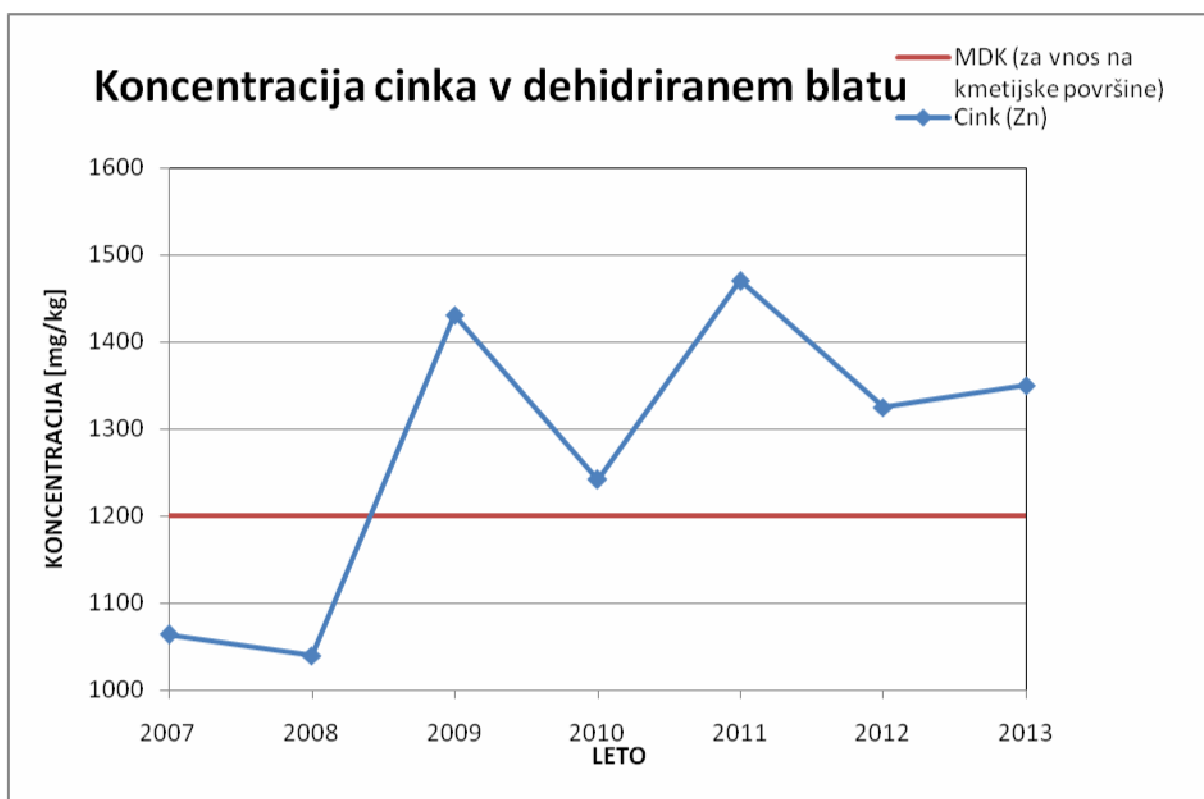
Graph 8: The concentration of lead in sewage sludge at the CČN Kranj – average annual values

7.1.7 Cink

Najvišja koncentracija cinka je bila izmerjena v letu 2009, in sicer 1567 mg/kg, najvišja povprečna letna izmerjena koncentracija cinka pa je bila v letu 2011 (1.470 mg/kg). Najnižja koncentracija cinka je bila izmerjena v letu 2007 (972 mg/kg), najnižja povprečna letna koncentracija pa v letu 2008 (1040 mg/kg). Koncentracija cinka se je nato v letu 2009 bistveno povečala, povprečna letna izmerjena

koncentracija v primerjavi z letom 2008 je bila višja za skoraj 38% (1430 mg/kg). V nadaljnjem merjenem obdobju so se povprečne letne koncentracije cinka gibale med 1241 g/kg in 1470 mg/kg. Blato iz CČN Kranj je bilo tako s cinkom najbolj obremenjeno v letih 2009 in 2011. Povprečne letne vrednosti cinka so prikazane na grafikonu 9.

Mejna dovoljena vrednost za cink pri vnosu blata na kmetijske površine je 1200 mg/kg (Uradni list RS, 62/2008). V letu 2007 in 2008 smo samo na enem vzorcu zabeležili višje koncentracije cinka od MDK za kmetijske površine. V letu 2009 pa so bile koncentracije cinka v vseh vzorcih višje od 1200 mg/kg. V letu 2010 smo v devetih vzorcih ugotovili višje koncentracije cinka od 1200 mg/kg, samo na enem vzorcu je bila koncentracija cinka nižja od 1.200 mg/kg, v letih 2010, 2012 in 2013 pa so bile vse izmerjene koncentracija cinka višje od 1200 mg/kg.



Grafikon 9: Koncentracija cinka v dehidriranem blatu na CČN Kranj – povprečne letne vrednosti

Graph 9: The concentration of zinc in sewage sludge at the CWWTP Kranj – average annual values

Primerjava vsebnosti težkih kovin v dehidriranem blatu iz CČN Kranj z blati iz drugih čistilnih naprav doma in v svetu

V preglednici 16 podajamo primerjavo koncentracij težkih kovin v dehidriranem blatu iz CČN Kranj v letu 2009 z blati iz ostalih čistilnih naprav. Vsebnost težkih kovin v blatu iz CČN Domžale – Kamnik za leto 2009 je povzeta iz Poročila o delu CČN Domžale – Kamnik v letu 2009, za primer čistilne

naprave v Ameriki, Kanadi in Španiji (povzeto po Fuentes et al., 2004) in na Kitajskem (povzeto po Ma et al., 2011).

Preglednica 16: Primerjava koncentracij težkih kovin v dehidriranem blatu iz različnih čistilnih naprav

Table 16: A comparison of the concentrations of heavy metals in sewage sludge from various WWTP

ELEMENT	CČN Kranj	CČN Domžale - Kamnik (Poročilo o delu...,2010)	CČN Amerika Fuentes et.al., 2004	CČN Kanada Fuentes et.al., 2004	CČN Španija Fuentes et.al., 2004)	CČN Kitajska (Ma, et.al., 2011)
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Cd (kadmij)	2,65	1,7	20	10	1,10	7,18
Cr (krom)	69	229	1200	1000	38	222
Cu (baker)	540	676	1500	500	204	533
Hg (živo srebro)	3,04	-	-	-	-	-
Ni (nikelj)	50,6	242	420	100	17	79.1
Pb (svinec)	169	229	300	200	58	115
Zn (cink)	1425	1970	2800	2000	487	1270

- ni podatka

Če primerjamo koncentracije težkih kovin v blatu iz CČN Kranj in CČN Domžale – Kamnik ugotovimo, da je bila v letu 2009 CČN Domžale – Kamnik bolj obremenjena s težkimi kovinami. Samo vsebnosti kadmija v dehidriranem blatu so bile nižje na CČN Domžale – Kamnik, ostale koncentracije težkih kovin so bile višje.

Iz preglednice 16 je razvidno, da so koncentracije težkih kovin v blatih iz čistilnih naprav (Amerika, Kitajska in Kanada) bistveno višje kot na CČN Kranj, medtem ko so koncentracije težkih kovin iz čistilne naprave v Španiji precej nižje od tistih na CČN Kranj.

7.2 Vsebnost ostalih elementov v dehidriranem blatu

Na 26 vzorcih dehidriranega blata so bile opravljene podrobnejše geokemične analize, in sicer 7 glavnih, 7 stranskih in 41 slednih kovin. Poleg težkih kovin, ki so podrobno opisane pod točko 7.1, v nadaljevanju prikazujemo še posamezne rezultate glede vsebnosti kovin v dehidriranem blatu.

7.2.1 Vsebnost elementov skupine platina (PGE) v dehidriranem blatu

V vzorcih v letu 2009 smo opravili tudi analize t.i. »platinum group metals« – skupine platine (Ru – rutenij, Rh – rodij, Pd – paladij, Os – osmij, Ir – iridij, Pt – platina). Literatura navaja, da so platina, paladij in rodij prisotni v cestnem prahu in tleh v okolici prometnic. Povečani so zaradi uvedbe katalizatorjev in se prek avtomobilskih izpuhov sproščajo v okolje (Rauch in Morisson, 2008). To je tudi glavni vir onesnaženja okolja z elementi iz skupine platina. Uporaba platine v industriji, zobozdravstvu in zdravstvu (pri kemoterapiji) je prispevalo k povečanju njene koncentracije v blatu na čistilnih napravah (Harcinovic, 2010). Na čistilno napravo elementi skupine platina lahko dospejo v onesnaženi padavinski vodis cestišč, z odpadnimi vodami iz bolnišnic ter tudi z industrijskimi odpadnimi vodami. V naravnem okolju so prisotne v nizkih koncentracijah. Lottermoser (1994) navaja, da so v blatu iz nemških komunalnih čistilnih naprav prisotne visoke koncentracije zlata (280 do 56.000 µg/kg). Visoke so tudi koncentracije platine, ki se gibljejo med 10 in 1070 µg/kg in paladija, ki so od 38–4700 µg/kg. Nizke pa so koncentracije osmija od 3–51 µg/kg, iridija od 0,6–26,5 µg/kg, rutenija od 2–390 µg/kg in rodija od 2–352 µg/kg. Blata iz čistilnih naprav, ki čistijo tudi industrijsko odpadno vodo imajo višje koncentracije žlahtnih kovin, kot blata iz čistilnih naprav, ki čistijo zgolj komunalne odpadne vode (Lottermoser, 1994). V preglednici 17 so podane povprečne vrednosti teh elementov v litosferi, v blatu iz nemških čistilnih naprav in v blatu iz CČN Kranj.

Preglednica 17: Povprečne vrednosti PGE v litosferi in v dehidriranem blatu na CČN Kranj

Table 17: Average concentrations of PGE elements in lithosphere and in sewage sludge at the CWWT P Kranj

Element	Povprečna vrednost v litosferi (Greenwood in Earnshaw 1989; Hartey 1991) [mg/kg]	Izmerjene koncentracije v blatu iz nemških ČN (Lottermoser, 1994) [mg/kg]	Povprečna koncentracija v dehidriranem blatu CČN Kranj [mg/kg]
Platina (Pt)	0,001 - 0,005	0,01 – 1,07	0,027
Paladij (Pd)	0,015	0,038 – 4,7	0,2
Rodij (Rh)	0,0001	0,002 - 0,352	0,0028
Rutenij (Ru)	0,0001	0,002 – 0,390	0,005
Osmij (Os)	0,005	0,003 – 0,051	0,004
Iridij (Ir)	0,001	0,0006 – 0,026	0,0012

Ugotovili smo, da so v blatu na CČN Kranj elementi skupine platine prisotni v nizkih koncentracijah. Koncentracija osmija in iridija je zelo blizu povprečne vrednosti v litosferi povzeto po literaturi (Greenwood in Earnshaw, 1989 in Hartey 1991). Koncentracije platine, paladija, rodija in rutenija so

višje od povprečnih vrednosti v litosferi, kljub temu pa bistveno nižje kot najvišje izmerjene koncentracije iz blat nemških čistilnih naprav (povzeto po Lottermoser, 1994).

7.2.2 Vsebnost zlata in srebra v dehidriranem blatu na CČN Kranj

Ugotovili smo, da sta v dehidriranem blatu na CČN Kranj prisotna poleg platine tudi zlato in srebro. V preglednici 18 so podane izmerjene koncentracije zlata in srebra v blatu. Predvidevamo, da so koncentracije zlata lahko posledica odvajanja odpadnih voda iz zlatarn ter odvajanja industrijskih odpadnih voda na čistilno napravo.

Preglednica 18: Vsebnost zlata in srebra v dehidriranem blatu na CČN Kranj

Table 18: The concentrations of silver and gold in sewage sludge at the CWWTTP Kranj

OZNAKA VZORCA	Au (zlato) [µg/kg]	Ag (srebro) [mg/kg]
VZ 1 2007	816,4	25
VZ 2 2007	476,1	25,1
VZ 3 2007	463,1	23,9
VZ 4 2007	575,1	23,3
VZ 5 2007	582	24,1
VZ 6 2007	526,2	25,1
VZ 7 2007	594,9	24,9
VZ 8 2007	567	24,3
VZ 9 2007	676,6	24,4
VZ 10 2007	574,5	25,3
VZ 11 2007	604,1	24,5
VZ 12 2007	623,8	25,2
VZ 13 2007	556	25,1
VZ 1 2009	669,1	48,2
VZ 2 2009	2668	47,4
VZ1 2010	607,9	45,3
VZ2 2010	643,5	45,4
VZ3 2010	549,7	43,3
VZ4 2010	661,6	43,3
VZ5 2010	659,4	42,7
VZ6 2010	579,8	39,7
VZ7 2010	626,4	45,4
VZ8 2010	860,9	43,7
VZ9 2010	769	43,8
VZ10 2010	568,4	39,6
VZ11 2010	595,5	44,4
MIN	463,1	23,3
MAX	2668	48,2
POVPREČJE	695,9	34,3

Iz rezultatov je razvidno, da je bila povprečna koncentracija zlata v dehidriranem blatu na CČN Kranj 695,6 µg/kg oziroma 0,695 mg/kg povprečna koncentracija srebra pa 34,32 mg/kg. V povprečju je v dehidriranem blatu koncentracija srebra skoraj za 50-krat višja kot koncentracija zlata.

Glede na izmerjene koncentracije zlata v blatu iz nemških čistilnih naprav (povzeto po Lottermoser, 1994), ki se gibljejo med 280 in 56.000 µg/kg, so koncentracije zlata v blatu iz CČN Kranj nizke.

7.3 Možnost uporabe blata v kmetijske namene

Ugotovili smo, da dehidrirano blato iz CČN Kranj vsebuje preveč težkih kovin, zato ga ni možno predelovati in uporabljati v kmetijske namene. V preglednici 19 so podane povprečne koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu (v celotnem merjenem obdobju) in mejne dovoljene koncentracije težkih kovin za vnos na kmetijske površine v skladu z Uredbo uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008). Vzrok za povečane koncentracije kadmija, bakra, živega srebra, svineca in cinka je v dotoku industrijskih odpadnih voda na CČN Kranj in v sprejemu blata iz drugih čistilnih naprav.

Preglednica 19: Povprečna koncentracija težkih kovin v blatu na CČN Kranj in mejne dovoljene vrednosti težkih kovin pri vnosu blata na kmetijske površine (Uradni list RS, 62/2008)

Table 19: Average concentrations of heavy metals in sewage sludge at the CWWTP Kranj and limit values of heavy metals content in sewage sludge for use in the agricultural area (Uradni list RS, 62/2008)

Element	Uradni list RS MDK[mg/kg]	Povprečna koncentracija v blatu na CČN Kranj v letih 2007 – 2013 [mg/kg]
Cd (kadmij)	1,50	1,91
Cr (krom)	200	135
Cu (baker)	300	517
Hg (živo srebro)	1,50	2,16
Ni (nikelj)	75,0	59,3
Pb (svinec)	250	129
Zn (cink)	1200	1274

Podrobnejše analize in primerjave glede vsebnosti težkih kovin v blatu in mejnimi dovoljenimi koncentracijami za vnos na kmetijske površine so opisane v poglavju 7.1

7.4 Možnost predelave dehidriranega blata v skladu z zakonodajo in njegova uporaba

Blato iz čistilnih naprav je mogoče predelati v skladu z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013). V skladu z uredbo se lahko uporablja tudi za nekmetske namene. Glede na parametre okoljske kakovosti se blato uvrsti v posamezne razrede. Uredba določa dva kakovostna razreda za kompost oziroma digestat.

V času opravljenih analiz je bila v veljavi še stara Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008), ki je prenehala veljati v začetku leta 2015. Stara uredba določa razvrstitev odpadkov v tri razrede okoljske kakovosti glede na vsebnost posameznih elementov (I. razred okoljske kakovosti, II. razred okoljske kakovosti in stabilizirani biološko odpadki). Pri interpretaciji rezultatov bomo blato iz CČN Kranj umestili tudi v posamezne razrede, podane po tej Uredbi.

V preglednici 20 so podane mejne vrednosti za kompost (2. kakovostni razred), v skladu z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata in mejne vrednosti za biološko stabilizirane odpadke po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, ter vsebnosti posameznih elementov v dehidriranem blatu iz CČN Kranj.

Na podlagi analiz smo ugotovili, da blato iz CČN Kranj po stari Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008) uvrščamo med stabilizirane biološke odpadke. Ker blato vsebuje preveč težkih kovin, ga je nemogoče uvrstiti v I. oziroma II. razred okoljske kakovosti.

Glede na novo Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013), kjer veljajo strožji kriteriji, smo ugotovili, da blata ni mogoče uvrstiti v noben kakovostni razred, ker vsebuje prekomerne koncentracije bakra. Povprečne izmerjene vrednosti bakra v obdobju od 2007–2013 minimalno presegajo mejne vrednosti iz uredbe, in sicer le za nekaj več kot 3%. V letu 2011 in v letu 2012 koncentracija bakra v dehidriranem blatu ni presegla mejne dovoljene koncentracije po Uredbi.

Ker se blato, skladno z zahtevami te uredbe, ne uvršča med kompost oziroma digestat I. ali II. kakovostnega razreda, se za ravnanje z blatom upošteva Uredba o odpadkih (Uradni list RS, 103/2011), kjer je blato iz čistilnih naprav uvrščeno pod točko 19 08 05.

Preglednica 20: Povprečne koncentracije težkih kovin v blatu na CČN Kranj in mejne koncentracije po uredbi

Table 20: Average concentrations of heavy metals in sewage sludge at the CWWTP Kranj and limit values according to Slovenian legislation

Parameter	Enota	Mejne vrednosti za kompost - 2. kakovostni razred Uredba (Uradni list RS, 103/2011)	Mejne vrednosti za biološko razgradljive odpadke stara Uredba (Uradni list RS, 62/2008)	Blato iz CČN Kranj – povprečne vrednosti v obdobju 2007-2013
Cd (kadmij)	mg/kg s.s.	3	7	1,91
Cr (krom)	mg/kg s.s.	250	500	135
Cu (baker)	mg/kg s.s.	500	800	517
Hg (živo srebro)	mg/kg s.s.	3	7	2,16
Ni (nikelj)	mg/kg s.s.	100	350	59,3
Pb (svinec)	mg/kg s.s.	200	500	129
Zn (cink)	mg/kg s.s.	1800	2500	1309
PAH	mg/kg s.s.	6	6	3
PCB	mg/kg s.s.	1	1	<0,05
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2mm	% mase s.s.	< 2 %	< 7 %	<0,1 %
Mineralni trdni delci, večji od 5mm	% mase s.s.	<5%	-	<0,1%

- ni podatka

Ugotovili smo, da dehidriranega blata iz CČN Kranj zaradi prevelike vsebnosti bakra trenutno ni možno uvrstiti v noben kakovostni razred skladno z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013), kar pomeni da je uporaba blata iz CČN Kranj kot kompost ali digestat skladno z uredbo prepovedana. Samega dehidriranega blata tako ni možno predelovati v kompost oziroma digestat ter tak material odlagati na kmetijske in nekmetijske površine oziroma kot rekultivacija tal. Lahko pa dehidriranemu blatu dodajamo drug

material z namenom pripraviti kompozitni materiala in tak material uporabiti za sanacijo degradiranih področij, če ustreza kriterijem zahtevanih v uredbah.

Možnost kompostiranja blata CČN Kranj z lesnimi sekanci in priprava komposta

V letu 2009 se je zaprlo odlagališče komunalnih odpadkov Tenetiše v upravljanju Komunale Kranj. Za dokončno sanacijo odlagališča Tenetiše bi bilo potrebno odpadke prekriti z membranskimi folijami in nato izvesti še prekritje z ustreznim materialom. Pojavila se je ideja, da bi prekritje odlagališča lahko izvedli z materialom, ki bi ga pridobili iz dehidriranega blata iz CČN Kranj in iz sekancev. To bi bila z ekonomskega vidika najbolj ugodna varianta, saj ne bi bilo potrebno plačati odvoza dehidriranega blata iz čistilne naprav, prav tako pa ne bi bilo potrebno kupiti ustreznega materiala za prekritje odlagališča. Tak material bi enostavno pridelali na čistilni napravi. Prav tako bi bila z ekološkega vidika to ustrezna rešitev, če bi tak material zadostil pogojem iz Uredbe o odlagališčih odpadkov (Uradni list RS, 10/2014). Skladno z uredbo lahko za rekultivacijsko plast uporabimo kompost ali digestat 1. ali 2. kakovostnega razreda, v skladu s predpisom, ki ureja predelavo biološko razgradljivih odpadkov in uporabo komposta ali digestata. Za rekultivacijsko plast lahko uporabimo tudi zemljinu, če z oceno njene kakovosti dokažemo izpolnjevanje pogojev za vnos v skladu s predpisom, ki ureja obremenjevanje tal z vnašanjem odpadkov.

Pri kompostiranju je potrebno zagotoviti tudi higienizacijo skladno z veljavnimi predpisi. Ker dehidrirano blato vsebuje različne škodljive snovi, ga brez nadaljnje obdelave ni mogoče uporabiti za rekultivacijsko plast na odlagališčih. Ugotovili smo, da dehidrirano blato zaradi prevelike vsebnosti bakra ne ustreza 1. oziroma 2. kakovostnemu razredu, skladno z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013).

Tako smo dehidrirano blato kompostirali skupaj z lesnimi sekanci z namenom pridobiti ustrezni kompozitni materiala. Želeli smo ugotoviti, ali je možno takšno blato uporabiti za rekultivacijo degradiranih območij oziroma prekrivno plast na odlagališču komunalnih odpadkov v Tenetišah. V preglednici 21 so prikazane izmerjene koncentracije težkih kovin v kompostiranem blatu s sekanci in mejne dovoljene vrednosti za kompost in za biološko razgradljive odpadke.

Preglednica 21: Koncentracije težkih kovin v kompostiranem blatu s sekanci

Table 21: Concentrations of heavy metals in the composted sludge

Parameter	Enota	Kompostirano blato s sekanci	Mejne vrednosti za kompost z več kot 20% suhe snovi - 2. kakovostni razred	Mejne vrednosti za biološko razgradljive odpadke (stara Uredba)
Cd (kadmij)	mg/kg s.s.	2,0	3,0	7,0
Cr (krom)	mg/kg s.s.	95	250	500
Cu (baker)	mg/kg s.s.	480	500	800
Hg (živo srebro)	mg/kg s.s.	2,3	3,0	7,0
Ni (nikelj)	mg/kg s.s.	57	100	350
Pb (svinec)	mg/kg s.s.	512	200	500
Zn (cink)	mg/kg s.s.	1430	1800	2500
PAH	mg/kg s.s.	0,80	6,0	6,0
PCB	mg/kg s.s.	0,2	1,0	1,0
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2mm	% mase s.s.	0,8	< 2 %	< 7 %
Mineralni trdni delci, večji od 5mm	% mase s.s.	1,1	< 5%	

Glede na pridobljene rezultate smo ugotovili, da so v kompostiranem blatu glede na mejne vrednosti za kompost (2. kakovostni razred po uredbi) prekoračene le koncentracije svinca. Zaradi previsokih koncentracij svinca takšnega materiala ni možno uporabljati kot kompost 2. kakovostnega razreda, skladno z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013).

Po stari Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008) bi kompostiran material lahko uvrstili med biološko razgradljive odpadke.

V preglednici 22 so podane koncentracije težkih kovin v kompostiranem in dehidriranem blatu na CČN Kranj.

Preglednica22: Vsebnost težkih kovin v kompostiranem in dehidriranem blatu v letu 2009

Table 22: Concentrations of heavy metals in the composted and sewage sludge in 2009

Parameter	Kompostirano blato s sekanci [mg/kg s.s.]	Dehidrirano blato [mg/kg s.s.]
Cd (kadmij)	2,0	3,7
Cr (krom)	95	76
Cu (baker)	480	528
Hg (živo srebro)	2,3	3,0
Ni (nikelj)	57	49
Pb (svinec)	512	169
Zn (cink)	1430	1364

Glede primerjave koncentracij težkih kovin v kompostiranem blatu in v dehidriranem blatu smo glede vsebnosti svinca ugotovili bistvene razlike. Po naših analizah ga je bilo v dehidriranem blatu trikrat manj kot v kompostiranem blatu. Sklepamo lahko, da je bilo veliko svinca v lesnih sekancih zato so se višje vrednosti pojavile v kompostiranem materialu.

V kompostiranem blatu smo ugotovili nižje koncentracije kadmija in živega srebra kot v dehidriranem blatu. Koncentracija kadmija se je zmanjšala za 46%, koncentracija živega srebra pa za 24 %. Rezultati kažejo, da posamezne koncentracije niso presežene do te mere, da bi lahko brez nadaljnjih raziskav trdili, da kompostirano blato ni mogoče uporabiti za rekultivacijsko plast.

Po našem mnenju bi bilo glede kompostiranja blata iz CČN Kranj z dodajanjem posameznih materialovsmiselno opraviti še nadaljnje raziskave. Predlagamo, da se podaljša čas kompostiranja blata. Za kompostiranje pa poleg sekancev lahko uporabimo tudi druge mešanice substratov. Potrebno je biti pazljiv glede izbire materiala za kompostiranje. V sekancih, ki smo jih izbrali na CČN Kranj, smo ugotovili zelo visoke koncentracije svinca.Zaradi tega je mejna dovoljena koncentracija svinca prekoračena. Zato je potrebno izbrati drugačne sekance oziroma kakšen drug material. Menimo, da bi na tak način lahko iz blata pridobili primeren kompostiran material, ki bi lahko uporabili za kompost 2. kakovostnega razreda, skladno z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013). V nadaljnjih raziskavah bomo ugotovili tudi vzrok prekomerne koncentracije bakra v dehidriranem blatu.

7.5 Možnost mokrega sežiga blata iz CČN Kranj

Direkten sežig mehansko dehidriranega blata na CČN Kranj trenutno ni mogoč, saj obstoječa centrifuga blata ne osuši dovolj. Za direkten sežig blata je potrebno dovajati dodatno toploto, ker je treba blato dehidrirati do cca. 40% suhe snovi (Zupančič in Grilc, 2013). Dodatno toploto bi bilo teoretično možno pridobiti iz bioplina, ki nastane na deponiji komunalnih odpadkov v Tenetišah. Tako bi lahko to blato direktno dehidrirali na deponiji komunalnih odpadkov. Bioplin, ki nastane v gnilišču na CČN Kranj se ves porabi za energijo na čistilni napravi. V kolikor bi želeli blato iz CČN Kranj direktno sežigati, bi bilo potrebno dehidrirano blato osušiti z dodajanjem toplote. Tudi sosežig dehidriranega blata v industrijskih pečeh oziroma toplarnah ni možen brez nadaljnje dehidracije oziroma sušenja blata.

Obstaja možnost, da bi dehidrirano blato oddajali v sežigalnico za sosežig z ostalimi komunalnimi odpadki. Takšno rešitev imajo v Celju, kjer dehidrirano blato iz čistilne naprave Celje skupaj z lahko frakcijo komunalnih odpadkov sežigajo v sežigalnici (toplarni) Celje. V toplarni Celje skladno z okoljevarstvenim dovoljenjem letno lahko sežgejo le do 5.000 ton blat iz komunalnih čistilnih naprav. V Sloveniji zaenkrat še nimamo dovolj kapacitet za sežig odvečnega blata iz čistilnih naprav. Eden izmed ciljev operativnega programa ravnanja z odpadki je tudi zagotoviti zadostne kapacitete za termično obdelavo odpadkov, ko bo možno letno obdelati tudi 70.000 ton blata iz čistilnih naprav. Smatramo, da takšna končna dispozicija blata ni primerna, saj gre za sežiganje z namenom odstranjevanja odpadkov, kar je najnižje na hierarhični lestvici ravnanja z odpadki. Sežig naj bo sicer zadnja možnost odstranjevanja blata iz komunalnih čistilnih naprav, saj je blato zelo koristna surovina, ki vsebuje fosfor, le ta pa je po količini omejitveni faktor v svetovnem merilu in je zato vračanje blata v naravno okolje najkoristnejše.

7.6 Možnost sušenja blata in predelave v trdno gorivo

Glede na kurilno vrednost blata iz CČN Kranj lahko blato uvrstimo v 4. razred trdnega goriva kar pomeni, da se lahko predela v trdno gorivo in uporablja v kurilnih napravah, skladno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo in njegovi uporabi (Uradni list RS, 96/2014). Kurilna vrednost digestata (vzetega iz sekundarnega gnilišča na CČN Kranj v letu 2009) je znašala 12.300 kJ/kg.s.s, suha snov digestata je bila sestavljena iz 54,4 % organske in 45,6 % anorganske snovi (Šalej, 2009). Težave predstavljajo koncentracije kadmija, saj so občasno presegale kriterije določene v Uredbi. Uredba prepoveduje uporabo trdnega goriva v srednji in veliki kurilni napravi, če je vsebnost kadmija nad 2mg/kg. Kljub temu smo v zadnjih letih ugotovili zniževanje koncentracij kadmija v dehidriranem blatu. Tako v letih od 2011 do 2013 nismo izmerili višjih koncentracij kadmija od 2 mg/kg. Za predelavo blata v trdno gorivo je potrebno dehidrirano blato še dodatno posušiti. Sosežig

blata v industrijskih pečeh in toplarnah zahteva popolno dehidriranost blata z vsebnostjo več kot 90% suhe snovi in kurilno vrednost od 10 – 15 MJ/kg (Zupančič in Grilc, 2013).

Ena izmed možnosti končne dispozicije blata iz CČN Kranj je izgradnja sušilnih gred. Konec leta 2015 je bila izvedena posodobitev in rekonstrukcija CČN Kranj, kjer pa izgradnja sušilnih gred ni bila predvidena, obstajajo pa prostorske možnosti za kasnejšo dograditev. S sušilnimi gredami bi se blatolahko posušilo do 90% suhe snovi, vendar bi bilo za celoletno obratovanje potrebno dodatno dodajati toploto. Tako sušeno blato bi potem oddajali kot energent v cementarno. Ocenjena vrednost izgradnje sušilnih gred po idejnem projektu je 3.500.000€. Takšna investicija bi sicer dolgoročno lahko rešila problematiko ravnanja z blatom na CČN Kranj, vendar so investicijski stroški zelo visoki. Nadalje bi bilo potrebno upoštevati še predvidene obratovalne stroške in opredeliti način odstranjevanja oziroma porabe osušenega blata. Strošek prevzema in končne obdelave blata znaša okrog 50 €/tono blata. Potrebno je narediti še dodatne analize glede kurilne vrednosti takšnega blata, vsebnosti posameznih parametrov v njem (vsebnost klora, žvepla in drugih) ter tudi analizo pepela, ki nastane pri sežigu posušenega blata.

Na podlagi pridobljenih podatkov predvidevamo, da bi se tako posušeno blato iz CČN Kranj lahko uporabljalo kot trdno gorivo v skladu z zakonodajo. Možnost je oddaja takšnega blata kot energent v cementarno, s tem pa so povezani še dodatni stroški. Če želimo blato oddajati v cementarno kot sosežig mora biti predpisane kakovosti, ki pa je poleg zakonodajnih predpisov odvisen tudi od zahtev prevzemnika blata kot goriva (cementarna).

Prav tako je potrebno analizirati še odpadni pepel, ki nastane pri sežigu blata. Analize pepela pri sežiganju posušenega digestata iz gnilišča CČN Kranj so bile opravljene v letu 2009 (Šalej, 2009). Rezultati so pokazali, da pepel sicer ni nevaren odpadke, kljub temu pa ga ni mogoče odlagati na odlagališča za nenevarne odpadke, saj so koncentracije kroma, molibdena in sulfatov presegle mejne vrednosti, določene v Uredbi o ravnanju z odpadki (Šalej, 2009). V kolikor bi blatu dodajali še druga goriva, npr. biorazgradljive odpadke (sosežig odpadkov) bi mogoče lahko razpolagali s pepelom, ki bi bil primeren za odlaganje na odlagališču za nenevarne odpadke (Šalej, 2009).

7.7 Prevzem blata s strani pooblaščenega podjetja

Trenutno blato iz CČN Kranj sprejema za to pooblaščenno podjetje. Cena odvoza je približno 70 €/tono blata. Strošek odvoza v letu 2013 je tako po naših ocenah znašal okrog 120.000 €. Takšna rešitev končne dispozicije blata za CČN Kranj ni primerna.

Trenutno kvaliteta dehidriranega blata ni bistvenega pomena, zato se lahko poveča sprejem blat iz drugih čistilnih naprav in na ta način se ustvarja določen prihodek za čistilne naprave.

Taka končna dispozicija blata zagotovo ni dolgoročna rešitev. Glede na to, da se bodo predpisi na področju varstva okolja vseskozi zaostrovali, prav tako bo zagotovo vzpostavljen večji nadzor nad ravnanjem s takim blatom, bodo tudi cene, ki jih ponujajo pooblaščen ponudniki za odvoz, v prihodnosti narasle. Bistvenega pomena bo tudi kakovost blata, predvsem z vidika vsebnosti težkih kovin. Bolj bo blato obremenjeno, manj bo možnosti končne dispozicije blata in višje bodo cene prevzema takega blata. Blato, ki ga prevzame pooblaščen podjetje v skladu z Uredbo o ravnanju z odpadki (Uradni list RS, št. 34/2008) ne sme biti razvrščeno med nevarne odpadke (Priloga 1 pod oznako H1 in H15). Če dehidrirano blato vsebuje preveč težkih kovin oziroma ostalih snovi, ki so navedene pod oznako H15, ga pooblaščen predstavnik ne sme prevzeti.

Podjetja, ki se ukvarjajo s prevzemom blata, tako blato ponavadi termično obdelajo in ga nato oddajajo kot energent bodisi v cementarne oziroma sežigalnice, nekateri blato odvažajo tudi v tujino.

7.8 Pridobivanje bioplina iz blata

Na CČN Kranj poteka anaerobna stabilizacija blata v dvostopenjskem gnilišču v mezofilnih pogojih. Večina blata se razkroji v primarnem gnilišču, kjer nastane približno 90 % vsega proizvedenega bioplina. Bioplin se lahko uporablja za pridobivanje električne in toplotne energije ali biogoriva. Možna bi bila izraba bioplina tudi za potrebe morebitne sušilnice blata. Na CČN je bilo v letu 2013 iz bioplina proizvedeno 67.303 kW električne energije (Poročilo o delu CČN Kranj, 2014).

Pri anaerobni stabilizaciji se znatno zmanjšajo količine preostanka za končno oskrbo, prav tako proces pripomorek visoki redukciji patogenov (Šalej, 2009). Anaerobna stabilizacija in pridobivanje bioplina ter nadaljnja uporaba bioplina se nam zdita za CČN Kranj smiselni in uporabni. Ostanek blata bi bilo najbolj smiselno uporabiti za kompostiranje in uporabo na kmetijskih površinah, ker pa blato iz CČN Kranj vsebuje preveč težkih kovin, takšna končna dispozicija preostanka blata zaenkrat ni mogoča. Smiselna pa je uporaba za predelavo takšnega blata v umetno zemljino.

7.9 Ravnanje z blatom iz posameznih čistilnih naprav v Sloveniji

Lastniki oziroma upravljavci čistilnih naprav v Sloveniji se na podlagi zakonskih predpisov sami odločajo, kakšna bo končna dispozicija blata iz njihovih čistilnih naprav. V Sloveniji veliko blata iz čistilnih naprav predajo pooblaščenim zbirateljem odpadkov, ki ta blata nato z različnimi postopki predelajo oziroma obdelajo in oddajajo v uporabo. Takšno končno dispozicijo blata imajo naprimer na CČN Kranj, na CČN Domžale – Kamnik (Načrt gospodarjenja z odpadki in načrt gospodarjenja z

blatom, 2012), na CČN Škofja Loka (Poročilo o obratovalnem monitoringu za leto 2014) na CČN Trzin še na nekaterih drugih čistilnih napravah.

Na CČN Celje dehidrirano blato oddajajo v toplarno, kjer se sežiga z ostalimi komunalnimi odpadki za pridobivanje toplote (Rismal, 2009), na CČN Ljubljana pa je zgrajena sušilnica blata, kjer se blato posuši nad 90% suhe snovi (Mislej et. al, 2011) in nato oddaja kot energent v cementarno.

Menimo, da so take rešitve končne dispozicije blata neustrezne, saj je blato iz komunalnih čistilnih naprav zelo koristna surovina, ki vsebuje fosfor, le ta pa je omejitveni faktor po količini v svetovnem merilu in je zato vračanje blata v naravno okolje najbolj koristno.

8 ZAKLJUČEK

Končna dispozicija blata iz čistilnih naprav postaja vse večji problem in hkrati tudi strošek pri čiščenju odpadne vode. Ravnanje z blatom čistilne naprave predstavlja 30–50% obratovalnih stroškov naprave (Grilc et al., 2006). Pregledali smo možne načine končne dispozicije blata iz CČN Kranj in predlagali najbolj optimalno, ki je podana na osnovi vzorčevanj blata od leta 2007–2013.

Ugotovili smo, da je bilo blato iz CČN Kranj najmanj obremenjeno s težkimi kovinami v letu 2007, najbolj pa v letu 2009 in 2010. V tem obdobju smo izmerili maksimalne povprečne koncentracije kadmija, kroma, niklja, svineca in cinka. Dehidrirano blato je bilo sicer v letu 2013 bolj obremenjeno s težkimi kovinami kot leta 2007. Menimo, da je vzrok za to manjši sprejem obremenjenih odpadnih blat iz drugih čistilnih naprav v letu 2007. Kljub temu lahko rečemo, da je bila leta 2013 CČN Kranj manj obremenjena s težkimi kovinami kot leta 2009 in 2010, kar kaže na zmanjševanje koncentracij težkih kovin v dehidriranem blatu. Posledica tega je zagotovo manjši sprejem industrijskih odpadnih voda na CČN Kranj, kar je posledica več dejavnikov, kot npr: zmanjšanje števila industrijskih obratov, izboljšanje čistilnih procesov oziroma naprav že v samih proizvodnih obratih, manjša in bolj varčna poraba vode v posameznih proizvodnih procesih (izboljšanje proizvodnih tehnologij), tudi zaradi drugačnega obračuna odvajanja odpadnih voda (bistveno povišanje cen za industrijske onesnaževalce). Glede na trenutno stanje tudi v prihodnje lahko pričakujemo upadanje koncentracij težkih kovin v dehidriranem blatu na CČN Kranj, kar posledično pomeni boljšo kakovost blata in več možnih končnih ravnanj z njim. Potrebno je spremljati kakovost in sestavo industrijske odpadne vode, ki je priključena na CČN Kranj, če le ta ustreza parametrom, ki so določeni za priključevanje na kanalizacijski sistem.

Ugotovili smo, da dehidriranega blata brez nadaljnje obdelave ni mogoče odlagati na kmetijske površine, saj vsebnosti težkih kovin presegajo mejne dovoljene koncentracije za odlaganje na kmetijske površine, določene z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, 62/2008). V celotnem vzorčevalnem obdobju samo vsebnosti svineca v nobenem vzorcu niso presegle mejne dovoljene koncentracije za odlaganje na kmetijske površine. Odlaganje stabiliziranega in higieniziranega blata na kmetijske površine kot gnojila je zagotovo najprimernejša in ekonomsko najugodnejša končna dispozicija blata. Blato iz CČN Kranj vsebuje prevelike koncentracije težkih kovin za tako končno dispozicijo blata. Če bi želeli bistveno zmanjšati koncentracije težkih kovin v blatu, bi bilo potrebno najprej ugotoviti koncentracije težkih kovin v odpadni vodi že na samih kanalizacijskih priključkih. V nadaljevanju pa bi bilotrebno zmanjšati koncentracije težkih kovin v odpadni vodi bodisi z uporabo boljših tehnoloških procesov oziroma z nameščanjem čistilnih naprav na koncu proizvodnega procesa (pred izpustom v kanalizacijsko omrežje).

Blata iz CČN Kranj ni možno direktno uporabiti za sežig, saj obstoječa centrifuga blata ne osuši dovolj. Blato se osuši največ do 30% suhe snovi. Prav tako na CČN Kranj poteka anaerobna stabilizacija blata, kar je neugodnejše za direkten sežig, saj tako blato vsebuje manj organskih snovi (Rismal, 2009). Za direkten sežig blata bi bilo potrebno dehidriranemu blatu dodajati toploto in ga dehidrirati vsaj na 40% suhe snovi, kar pomeni dodatne stroške.

Obstaja možnost, da bi dehidrirano blato dodajali kot sosežig z ostalimi komunalnimi odpadki, vendar pa zaenkrat v Sloveniji še ni dovolj kapacitet za sežiganje dehidriranih blat iz čistilnih naprav. Cene za sežig odpadkov se gibljejo okrog 90 €/tono odpadka. To bi za CČN Kranj pomenilo letnih stroškov okrog 155.000 €, brez transportnih in manipulativnih stroškov. Smatramo, da naj bo sežig zadnja možnost odstranjevanja blat iz komunalnih čistilnih naprav, saj je blato zelo koristna surovina, ki vsebuje fosfor, le ta pa je omejitveni faktor po količini v svetovnem merilu in je zato vračanje blata nazaj v naravno okolje najbolj koristno. Takšno ravnanje z dehidriranim blato je v smislu odstranjevanja odpadkov po evropski direktivi najnižje na hierarhični lestvici, zato menimo, da takšna rešitev za CČN Kranj ni primerna.

Prav tako se nam zdi vprašljiva predelava blata v trdno gorivo, saj blato vsebuje visoke koncentracije kadmija, ki so glede na veljavno zakonodajo občasno prekoračene. V prvi fazi bi bilo potrebno ugotoviti dejanski vzrok onesnaženja odpadne vode s kadmijem in poizkušati omejiti oz. zmanjšati onesnaženje že na izvoru, in sicer pred iztokom v kanalizacijski sistem. Na ta način bi dosegli boljšo kakovost dehidriranega blata in s tem tudi možnost predelave le te-ga v trdno gorivo. Vendar pa bi za takšno rešitev morali zgraditi še sušilnice blata. Kot dolgoročna rešitev je sicer možna postavitve sušilnih gred za sušenje blata. Blato bi se lahko posušilo do 90% suhe snovi, vendar bi bilo za celoletno obratovanje potrebno dodatno dodajati toploto. Tako sušeno blato bi potem oddajali kot energent v cementarno. Strošek ravnanja s posušanim blatom se giblje okrog 50 €/tono blata. Pri sušenju se volumen blata bistveno zmanjša, kar je v skladu z operativnim programom ravnanja z odpadki iz vidika zmanjšanja odpadkov na licu mesta, zviša pa se kurilna vrednost blata. Kljub temu pa glede na visoke investicijske stroške in nadaljnje operativne stroške, ter stroške odvoza in prevzema sušenega blata menimo, da takšna rešitev ni najbolj primerna. Za lažjo odločitev je potrebno izvesti še dodatne analize stroškov in koristi ter analize vseh parametrov v blatu, ki imajo lahko negativen vpliv pri sežiganju (vsebnost klora, žvepla, kurilna vrednost in drugo). Če bi se v prihodnosti na CČN Kranj odločili za investicijo v sušilne grede, bi se letni strošek ravnanja z blatom znižal glede na trenutno končno dispozicijo blata. Žal pa se še vedno posušeno blato tretira kot odpadek in ne kot gorivo, kar pomeni dodatne stroške oddajanja takega blata v kurilne naprave. Menimo, da bi bila zaenkrat investicija v sušilne grede ekonomsko neupravičena, saj smatramo, da je bolj smiselno poiskati rešitve s katerimi bi lahko dehidrirano blato predelovali bodisi v kompost bodisi v umetne zemljine.

Trenutno blato iz CČN Kranj sprejema pooblaščen podjetje. Cena odvoza blata je okrog 70€/tono blata. Strošek odvoza blata v letu 2013 je po naših ocenah znašal okrog 120.000 €. Menimo, da takšna rešitev končne dispozicije blata za CČN Kranj dolgoročno ni primerna. Glede na to, da se bodo predpisi na področju varstva okolja vseskozi zaostrovali, prav tako bo zagotovo vzpostavljen še večji nadzor nad ravnanjem s takšnim blatom. Zagotovo bodo tudi cene ki jih ponujajo pooblaščen ponudniki za odvoz blata, v prihodnosti narasle. Bistvenega pomena bo sama kakovost blata, predvsem zaradi vsebnosti težkih kovin. Bolj bo blato obremenjeno, manj bo možnosti končne dispozicije in višje bodo cene prevzema takšnega blata. Posamezna podjetja blata iz nekaterih čistilnih naprav zaradi prevelike vsebnosti težkih kovin ne smejo več sprejemati.

Na podlagi analiz smo ugotovili, da blato iz CČN Kranj po Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, 62/2008), ki ni več v veljavi, lahko razvrstimo med stabilizirane biološke odpadke. Ker blato vsebuje previsoke koncentracije težkih kovin, ga je nemogoče uvrstiti v I. oziroma II. razred okoljske kakovosti. Glede na novo Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, 99/2013), kjer veljajo strožji kriteriji, smo ugotovili, da blata ni mogoče uvrstiti v noben kakovostni razred, ker vsebuje prekomerne koncentracije bakra. Povprečne izmerjene vrednosti bakra v obdobju od 2007–2013 minimalno presegajo mejne vrednosti iz uredbe, in sicer le za nekaj več kot 3%. V letu 2011 in v letu 2012 koncentracija bakra v dehidriranem blatu ni presegla mejne dovoljene koncentracije po uredbi. Ker se blato skladno z zahtevami te uredbe ne uvršča med kompost oziroma digestat I. ali II. kakovostnega razreda, ga ni možno uporabljati za vnos na degradirana območja oziroma za sanacijo odlagališč. Glede nato, da so mejne dovoljene vrednosti bakra le malenkostno prekoračene, bi bilo smiselno izvesti nadaljnje raziskave na tem področju, ugotoviti natančne vzroke onesnaževanja z bakrom ter skupaj z povzročiteljem poizkušati poiskati rešitev za znižanje koncentracije bakra v odpadni vodi.

Možnost končne dispozicije blata je kompostiranje blata z drugimi lesnimi oziroma zemeljskimi materiali in na ta način pridobiti ustrezen material za odlaganje na nekmetijska zemljišča. Blato smo kompostirali skupaj z lesnimi sekanci, da bi pridobili kompozitni material, ki bi ga lahko uporabljali za sanacijo degradiranih področij oziroma prekrivanje odlagališč. Tako pridobljenega komposta ni bilo mogoče uvrstiti med kompost oziroma digestat I. ali II. kakovostnega razreda, in sicer zaradi prevelikih koncentracij svinca, s katerim pa so bili po našem prepričanju onesnaženi lesni sekanci. Menimo, da bi s kakšnimi drugimi materiali in ob daljšem času kompostiranja lahko dobili takšen material, ki bi ga lahko uporabili za sanacijo degradiranih območij oziroma za prekrivanje odlagališč odpadkov ali sanacijo peskokopov. Kompostarna bi bila lahko postavljena bodisi na lokaciji trenutne čistilne naprave ali pa na kakšni drugi lokaciji (na zaprtem odlagališču Tenetiše). Žal so na CČN Kranj prekinili z dodatnimi raziskavami na tem področju in na nek način začasno opustili možnost uporabo tega blata za uporabo v nekmetijske namene. Po našem mnenju je smiselno opraviti dodatne raziskave

tudi zato, ker smo v zadnjih letih večinoma ugotovili nižje koncentracije težkih kovin v dehidriranem blatu v primerjavi z letom 2009, ko se je blato kompostiralo skupaj s sekanci.

Smatramo, da je najboljša in ekonomsko smiselna rešitev končne dispozicije blata iz CČN Kranj predelava v umetne zemljine s predhodnim pridobivanjem bioplina iz blata (anaerobna stabilizacija). Umetna zemljina, pridelana skompostiranjem stabiliziranega dehidriranega blata z dodajanjem lesnihoziroma ostalih primernih materialov, bi se lahko uporabila za rekultivacijsko plast na odlagališčih oziroma za sanacijo degradiranih območij. Smatramo, da je potrebno narediti še dodatne raziskave na tem področju z namenom pridobitve ustreznega kompostiranega materiala.

Predlagamo, da se najprej ugotovijo natančni vzroki onesnaženja blata s težkimi kovinami ter, da se z različnimi metodami oziroma ukrepi poizkuša doseči, da se v kanalizacijo odvajajo samo tiste odpadne vode, ki dosegajo kriterije za izpust v javno kanalizacijo. To lahko dosežemo tudi z nameščanjem čistilnih naprav pred iztok v kanalizacijske sisteme. Predlagamo, da se spremlja kakovost sprejetega blata (predvsem z vidika težkih kovin in strupenih snovi) na čistilno napravo iz dovoza iz drugih čistilnih naprav oziroma obratov.

Menimo, da bi na ta način lahko izboljšali kakovost dehidriranega blata, ki bi ga potem lahko uporabili za predelavo v umetne zemljine oziroma kompost. Blato iz komunalnih čistilnih naprav moramo torej opredeliti kot surovino za vračanje fosforja nazaj v okolje (kroženje snovi) in ne kot odpadek, ki povzroča visoke stroške končne dispozicije.

9 POVZETEK

Namen magistrskega dela je bilo preučiti fizikalno kemijske karakteristike blata iz CČN Kranj in opredeliti možne končne dispozicije takšnega blata. Med procesom čiščenja odpadne vode na čistilnih napravah kot stranski produkt nastaja blato. Količina in sestava blata zelo nihata glede na način čiščenja in glede na sestavo odpadne vode. Težke kovine so eden glavnih onesnaževalcev, ki so prisotni v blatu čistilnih naprav, njihove koncentracije pa v veliki meri vplivajo na možnosti končnega ravnanja z blatom. Ravnanje z blatom čistilne naprave predstavlja 30–50 % obratovalnih stroškov (Grilc et al., 2006). Največ težkih kovin je v industrijskih odpadnih vodah, nekaj jih na čistilno napravo pride tudi z padavinskimi vodami.

V uvodnem delu je predstavljena zakonodaja na področju ravnanja z blatom v Sloveniji. V nadaljevanju so opisani možni postopki ravnanja z blatom, predstavljene so tudi glavne značilnosti posameznih težkih kovin. Obstajajo različne možnosti končne dispozicije blata, kot npr: kompostiranje, sežig oziroma sosežig z ostalimi komunalnimi odpadki, predelava blata v trdna goriva, sušenje, pridelava umetne zemljine, odlaganje na kmetijske površine itd. V zadnjem obdobju, ko neobdelanega blata ni več mogoče odlagati na odlagališča, blata iz čistilnih naprav velikokrat sprejemajo pooblaščen podjetja, ki to blato obdelajo oziroma predelajo. Cena takega ravnanja je odvisna od sestave oziroma kakovosti odpadnega blata, giblje pa se okrog 70 €/tono blata.

V sklopu eksperimentalnega dela smo od leta 2007 do 2013 spremljali koncentracije težkih kovin in ostalih elementov v blatu na CČN Kranj, opravili smo tudi poizkus kompostiranja dehidriranega blata skupaj z sekanci. Na podlagi pridobljenih rezultatov smo v skladu z veljavno zakonodajo preučili možnosti končnega ravnanja z dehidriranim blatom iz centralne čistilne naprave Kranj in predlagali optimalno varianto. Preučene so možnosti odlaganja na kmetijske površine, sežig oziroma sosežig blata, kompostiranje blata z ostalim materialom in priprava umetne zemljine iz blata.

Ugotovili smo, da blato vsebuje preveč bakra, da bi ga brez obdelave lahko odlagali na kmetijske in ostale površine. Ugotovili smo, da je bilo dehidrirano blato v letu 2013 manj obremenjeno s težkimi kovinami kot pred leti, kar je posledica manjšega dotoka industrijskih odpadnih voda in izboljšanje tehnoloških in lastnih čistilnih procesov že v samih proizvodnih obratih. Menimo, da je najboljša in ekonomsko smiselna rešitev končne dispozicije blata iz CČN Kranj priprava komposta iz stabiliziranega dehidriranega blata z dodajanjem lesnih oziroma ostalih primernih materialov. Tak kompozitni material bi lahko uporabili za rekultivacijsko plast na odlagališčih ali pa za sanacijo degradiranih področij (peskokopov).

Predlagamo, da izvedemo dodatne raziskave na tem področju tudi zato, ker je blato danes manj obremenjeno z težkimi kovinami kot v letu 2009, ko smo izvajali poizkuse kompostiranja blata z lesnimi sekanci. V tem delu raziskav bomo poiskali vzroke prekoračitve vsebnosti bakra. Ko ugotovimo vzroke prekoračitve koncentracij bakra in jih zmanjšamo bomo lahko blato sonaravno vračali v okolje (kroženje snovi).

10 SUMMARY

The basic aim of the present study was to examine physical and chemical characteristics of the sewage sludge from the central wastewater treatment plant in Kranj and examine the final sewage sludge disposal.

During the treatment process in the wastewater treatment plant the sewage sludge forms. The amount and composition of the sewage sludge depends on the treatment process and the structure of the wastewater. Heavy metals are one of the main pollutants which are present in the sewage sludge. Their concentrations are very important for the final sewage sludge disposal. The final sludge disposal represents 30 – 50% of all operating costs. Most of heavy metals are present in industrial wastewater, but some of them are also presented in wastewater treatment plant because of the flow of wastewater from roadways.

In the first part of the study the Slovenian legislation on sewage sludge is presented. The possible final sludge disposal is suggested, and the main characteristics of heavy metals are described. There are various possibilities of sewage sludge disposal such as composting, incineration, recovery to solid fuel, drying, recovery to artificial material, use in the agricultural area and more. In the last years when the sewage sludge cannot be disposed in a landfill an authorized company can accept it. The price for that kind of disposal depends on the quality of the sewage sludge and ranges from about 70 EURO per ton.

During experimental work we were monitoring heavy metals in the sewage sludge from 2007 – 2013 of the CWWTP Kranj, and we made a test composting the sewage sludge with wood material. Based on experimental results we examined possibilities of the final sewage sludge disposal from CWWTP Kranj and proposed an optimal solution. We examined possibilities for using the sewage sludge on the agricultural area, for incineration of the sewage sludge, for composting the sludge with another material and for the preparation of an artificial material from the sewage sludge.

We discovered that the sewage sludge from CWWTP Kranj contained too much copper and was thus unsuitable for use on agricultural and non-agricultural area. We discovered that the concentration of heavy metals in 2013 was lower than a few years ago, since the inflow of industrial wastewater into the treatment plant was the lowest and the production process had improved. We considered that the optimal solution for final sewage sludge disposal from CWWTP Kranj was composting the sludge with some other material. Such material could be used for rehabilitation of landfills and other degraded area.

We propose to carry out additional research for composting the sludge, since today is less polluted with heavy metals than in 2009, when we compomsted sludge with wood material.

In this part of the study, the causes of excessive copper contents will be determined. Based on the causes determined, the copper contents will be diminished and the sludge could be rehabilitated to the environment.

VIRI

Adriano, D.C. 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. New York, Springer: 705str.

Adriano, D.C. 2001. Trace element in terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd ed. New York, Springer – Verlag: 867 str.

Alam, M.G.M., Snow, E.T. in Tanak, A. 2003. Arsenic nad heavy metal contamination of vegetables grown in Santa village. Science of the total Environment 308:83-96.

Al Seadi T., Rutz, D., Prassl, H. Köttner, M, Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R. In Grmek, M. 2010. Priročnik o bioplinu: 144 str.

http://www.big-east.eu/downloads/fr-reports/ANNEX%203-22_WP4_D4.2_Handbook-Slovenia.pdf
(Pridobljeno 15.9.2015)

Amir, S., Hafidi, M., Merlina, G. in Revel, J.C. 2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. Chemosphere 59: 801–810.

Arnaiz, C., Gutierrez, J.C. in Lebató, J. 2006. Biomass stabilization in the anaerobic digestion of wastewater sludges. Bioresource Technology 97: 1179 – 1184.

Arora, M., Kiram, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B. in Mittal, N. 2008. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. Food Chemistry 111:811 – 815.

Bajželj, B. in Pipuš, G. 2004. Posodobitev Centralne čistilne naprave Kranj. Strokovni seminar, Vodni dnevi 2004: 86–95.

Bajželj, B. 2008. Načrt ravnanja z blatom. JP Komunala Kranj: 13str.

Barcelo, J. in Poschenrieder, C. 1992. Respuestat de las plantas a la contaminacion por metales pesados. Simposium Nacional sobre Nutricion Minera de las plantas: 45– 61.

Callender, E. 2005. Heavy metals in the Environment – Historical Trends. Environmental Geochemistry. Vol 9: 67- 107.

Chiang, K.-Y., Yoi, S.-D., Lin, H.N. in Wang, K.S., 2001. Stabilization of heavy metals in sewage sludge composting process. Water Science & Technology 44: 95–100.

Chehregani, A., Malayeri, B. in Golmohammadi, R., 2005. Effect of heavy metals on the developmental stages of ovules and embryonic sac in *Euphorbia cheirandenia*. Pak. J. Biol. Sci. 8: 622–625.

Clemente, R., Almela, C. in Bernal, M.P. 2006. A remediation strategy based on active phytoremediation followed by natural attenuation in a soil contaminated by pyrite waste. *Environmental Pollution* 143:397–406.

Cukljati, N. in Roš, M. 2009. Blato čistilnih naprav: breme ali izziv? *Vodni dnevi 2009*:12 str.

Das, P., Samantaray, S. in Rout, G.R. 1997. Studies on cadmium toxicity in plants: A review. *Environmental Pollution*. Vol. 98, No. 1:29 -36.

De Bertoldi, M. 2007. High hygienization rate for sewage sludge and biowaste with innovative composting system. *Proceedings Sardinia 2007. Eleventh international waste management and landfill symposium*. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy: 8 str.

Fang, M. in Wong, J.W.C. 1999. Effects of lime amendment on availability of heavy metals and maturation in sewage sludge composting. *Environmental Pollution* 106:83–89.

Fitzgerald, W.F. in Lamborg, C.H. 2005. Geochemistry of Mercury in the Environment. *Environmental Geochemistry*. Vol 9: 107–149.

Flaga, A. 2005. Sludge drying. Institute of Heat Engineering and Air Protection. Cracow, University of Technology Cracow: 9 str.

Fuentes, A., Liorens, M., Saez, J., Soler, A., Aguilar, M.I., Ortuno, J.F. in Meseguer, V.F. 2004. Simple and sequential extractions of heavy metals from different sewage sludges. *Chemosphere* 54:1039–1047.

Gerardi, H.M. 2006. *Wastewater Bacteria*. New Jersey, Wiley- InterScience: 255 str.

Guibelin E. 2002. Sustainability of thermal oxidation processes. *Water Science and Technology* 46: 259 - 267.

Graja, S., Chauzy, J., Fernandes, P., Patria, L. in Cretenot, D. 2005. Reduction of sludge production from WWTP using thermal pretreatment and enhanced anaerobic methanisation. *Water Science and Technology* 52: 267–273.

Greenwood, N.N. in Earnshaw, A. 1989. *Chemistry of the elements*. Oxford, Pergamon Press: 1242 – 1363.

Grilc, V., Zupančič, G.D. in Roš, M. 2006. Alternativni načini sodobnega ravnanja z odvečnim blatom iz bioloških čistilnih naprav. *Vodni dnevi 2006. Zbornik referatov*: 11 str.

Harcinovic, U. 2010. *Recovery of Precious Metals from Sewage Sludge*. MSc Environmental Technology 2010: 4 str.

Hartey, R. 1991. *Chemistry of the platinum group metals*. Amsterdam, Elsevier: 642 str.

Hatch, W.R. in Otto, W.L. 1968. Bestimmung von Quecksilber in wässriger Phase mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorption. *Anal.Chem* 40: 2085–2095.

Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J. C. in Arvin, E. 1995. *Wastewater Treatment -Biological and Chemical Processes*. First edition. Berlin, Springer: 383 str.

Kapanen, A. in Itavaara, M., 2001. Ecotoxicity tests for compost applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49:1–16.

Kolbl, S., Paloczi, A., Panjan J. in Stres B. 2014. Addressing case specific biogas plant tasks: Industry oriented methane yields derived from 5 L Automatic Methane Potential Test Systems in batch or semi-continuous tests using realistic inocula, substrate particle sizes and organic loading. *Bioresource Technology* 153: 180–188.

Larsen, K.L. in McCartney, D.M. 2000. Effect of C:N ratio on microbial activity and N retention bench – scale study using pulp and paper biosolids. *Compost Sci. Util.* 8: 147–159.

Leštan, D. 2002. *Ekopedologija. Študijsko gradivo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 277 str.

Li, Y.H. 2000. *A compendium of Geochemistry*. Princeton, Princeton University Press: 440 str.

Lockwood, M.P. 1976. Effect of Pollutants on Aquatic Organisms. New York, Cambridge University Press: 193 str.

Logan, T.J. in Harrison, B.J. 1995. Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N-Viro soil) and their effects on soil physical properties. J. Environ. Qual. 24: 153–164.

Lottermoser, B.G. 1994. Gold and platinumoids in sewage sludges. International journal of environmental studies. Vol 46: 167–171.

Ma, X.W., Weng H.X. in Zhang J.J. 2008. Regional characteristics and trend of heavy metals and nutrients of sewage short-term pH fluctuations on cadmium, nickel, lead, and zinc availability to ryegrass in a sewage sludge-amended field. Chemosphere 71: 759–764.

Manzel J. 1989. Sevar drying process in a thin bed. Klärschlamm Entsorgung. Düsseldorf, VDI-Bildungswerk: 74–81.

Marttinen, S.K., Hanninen, K. in Rintala, J.A., 2004. Removal of DEHP in composting and aeration of sewage sludge. Chemosphere 54: 265–272.

Mauchuweti, M., Birkett, J.W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M.D. in Lester, J. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. Agriculture, Ecosystem and Environment 112: 41–48.

Mayr, M. in Žugman J. 2005. Predelava komunalnega mulja: količine, novejša tehnologija ter tehnologije prihodnosti, težke kovine in stroški. Ljubljana. Zbornik referatov: 40–51.

Mislej, V., Babič, R., Krašovec, M in Mlakar, E. 2011. Toplotna obdelava anaerobno pregnitega blata – predelava odpadka 19 08 05 v trdno alternativno gorivo. Slovenski kemijski dnevi 2011: 9 str.

Mislej, V., Bordon, C., Grilc, V. in Mlakar, E. 2013. Predelava odpadnega blata BČN v trdno gorivo. Vodni dnevi 2013. Zbornik referatov: 14 str.

Mulligan, C.N., Young, R.N., Gibbs, B.F. 2001. Remediation technologies for metal contaminated Soils and groundwater: an evaluation. Engineering Geology 60: 193–207.

Načrt gospodarjenja z odpadki in načrt gospodarjenja z blatom 2013–2016. 2012. JP Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik d.o.o.: 8 str.

Nouri, J., Alloway, B.J. in Peterson, P.J. 2001. Study of the mobility of heavy metals in soil amended with sewage sludge. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4: 1285–1278.

Novotny, V. 1989. *Karl Imhoff's Handbook of Urban Drainage and Wastewater Disposal*. New York, John Wiley & Sons: 416 str.

Nriagu, J.O. 1980. Global cycle and properties of nickel. In *Nickel in the Environment*. New York, Wiley Interscience: 26 str.

Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin biorazgradljivih odpadkov. 2008. Ministrstvo za okolje in prostor: 86 str.

Panjan, J. 2001. Čiščenje odpadnih voda. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 169 str.

Panjan, J. 2005. Osnove zdravstvene hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki. Univerzitetni učbenik. 2. izd. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Poročilo o obratovalnem monitoringu za CČN Kranj. 2008. JP Komunala Kranj: 13 str.

Poročilo o obratovalnem monitoringu za CČN Škofja Loka za leto 2014. 2015. Erico d.o.o.

Poročilo o delu Centralne čistilne naprave Kranj v letu 2008. 2009. JP Komunala Kranj: 241 str.

Poročilo o delu Centralne čistilne naprave Kranj v letu 2013. 2014. JP Komunala Kranj: 259 str.

Poročilo o delu Centralne čistilne naprave Domžale Kamnik v letu 2009. 2010. JP Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik: 76 str.

Poročilo o vzorčenju in monitoringu kakovosti blata iz čistilne naprave odpadnih vod in opis nevarnih lastnosti odpadka. 2003. Zavod za zdravstveno varstvo Kranj: 13 str.

Poslovník za obratovanje in vzdrževanje CČN Kranj. 2005. Kranj, JP Komunala Kranj: 224 str.

Priročnik za določanje in uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT) v postopku dovoljenja, 2006. Ministrstvo za okolje in prostor: 29 str.

Rauch, S. in Morisson, G.M. 2008. Environmental relevance of the platinumium-group elements. *Elements* 2008: 259–263.

Reynolds, K., Kruger, R., Rethman, N. in Truter, W. 2002. The production of an artificial soil from sewage sludge and fly-ash and the subsequent evaluation of growth enhancement, heavy metal translocation and leaching potencial. *Water SA Special Edition. WISA Proceedings*: 73 -77.

Rismal, M. 2009. Energetska in ekološka problematika obdelave in končne dispozicije blata iz čistilnih naprav: 12 str.

Roš, M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, Založba GV: 243 str.

Roš M. 2005. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. *Vodni dnevi* 2005: 9 str.

Samaras, P., Papadimitriou, C.A., Haritou, I. n Zouboulis, A.I. 2008. Investigation of sewage sludge stabilization potential by the addition of fly ash and lime. *Journal of Hazardous Materials* 154:1052 – 1059.

Samec, N. in Kokalj, F. 2001. Sežig blat iz komunalnih čistilnih naprav. *Vodni dnevi* 2001. Zbornik referatov.

Siripong, S. in Rittmann, E.B. 2007. Diversity study of nitrifying bacteria in full-scale municipal wastewater treatment plants. *Water Research* 41: 1110–1120.

Stasta, P., Boran, J., Bebar, L. in Oral, J. 2006. Thermal processing of sewage sludge. *Applied Thermal Engineering* 26: 1420–1426.

Stewart, J.M., Bhattacharya, S.K., Madura, R.L., Mason, S.H. in Schonberg, J.C. 1995. Anaerobic treatability of selected organic toxicants in petrochemical wastes. *Water Res.* 29:2730–2738.

Sueker, J.K. 2006. Chromium. *Environmental forensics. Contaminant specific guide.* Burlington, Elsevier Inc: 81-93.

Šalej, S. 2009. Načrtovanje integriranega ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji. Magistrsko delo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 179 str. in 6 pril.

Tchobanoglous, G. in Burton, F.L. 1991. Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse. Third Edition. New York, McGraw – Hill: 1334 str.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L. in Stensel, H.D. 2003. Wastewater Engineering, Treatment and Reuse. Fourth Edition. Boston, Metcalf & Eddy:2048 str.

Testa, S.M. 2005. Sources of chromium contamination in soil and groundwater. Chromium (VI) handbook. Boca Raton, CRC Press:143–163.

Toribo, M. in Romanya, J. 2006. Leaching of heavy metals (Cu, Ni and Zn) and organic matter after sewage sludge application to Mediterranean forest soils. Sci. Total. Environ. 363: 11–21.

Tyagi, R.D., Couillard, D. in Grenier, Y., 1991. Effects of medium composition on the bacterial leaching of metals from digested sludge. Environ. Pollut. 71: 57–67.

Udom, B.E., Mbagwu, J.S.C., Adesodun, J.K, in Agbim, N.N. 2004. Distributions of zinc, copper, cadmium and lead in a tropical ultisol after long-term disposal of sewage sludge. Environment International 30: 467– 470.

Urbanič, G. in Toman, M.J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Werther, J. In Ogada, T. 1999. Sewage sludge combusting. Progress in Energy and Combustion Science 25: 55–116.

Wong, L. in Henry, J.G. 1988. Bacterial leaching of heavy metals from anaerobically digested sludge. Biotreatment System. Vol. 2. Boca Raton, CRC Press: 125–169.

Wong, J.W.C. in Selvam, A. 2006. Speciation of heavy metals during co-composting of sewage sludge with lime. Chemosphere 63:980–986.

Zbirka Komunalne in skupne čistilne naprave. 2010. Agencija RS za okolje.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=366. (Pridobljeno 14.4.2015).

Zubillaga, M.S., Bressan, E. in Lavado, R.S. 2008 Heavy metals mobility in polluted soils: Effect of different Treatments. American Journal of Environmental Sciences 4: 620–624.

Zupančič, G.D., Roš, M., Ževart Uranjek, N. in Pražnikar, Š. 2005. Ekonomsko smiselna rešitev obdelave blata za ČN 50000 PE. Vodni dnevi 2005. Zbornik referatov: 12 str.

Zupančič, G.D. in Grilc, V. 2011. Pregled ravnanja z odvečnim blatom bioloških čistilnih naprav za odpadne vode. Vodni dnevi 2013. Zbornik referatov: 11 str.

STANDARDI

SIST EN ISO 5667-13:1998. Kakovost vode – Vzorčenje 13 del. Navodilo za vzorčenje blata iz odpadnih in čistjenih odpadnih vod.

SIST EN 12579:2001. Izboljševalci tal in rastni substrati – Vzorčenje.

SIST EN 14899:2006. Karakterizacija odpadkov – Vzorčenje odpadkov Okvirno navodilo za pripravo in uporabo načrta vzorčenja.

SIST EN 13040:2008. Izboljševalci tal in rastni substrati – Priprava vzorcev za kemijske in fizikalne preskuse, določevanje suhe snovi, blage in laboratorijsko stisnjene prostorninske gostote.

UREDBE

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS, št. 45/2007, stran 2451.

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. Uradni list RS, št. 62/2008, stran 8197.

Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Uradni list RS, št. 32/2006, 98/2007, 62/2008 in 53/2009, stran 1311.

Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov. Uradni list RS, št. 34/2008, stran 1363.

Uredba o ravnanju z odpadki. Uradni list RS, št. 34/2008, stran 3194.

Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. Uradni list RS, št. 62/2008, stran 8221.

Uredba o sežiganju odpadkov. Uradni list RS, št. 68/2008, stran 9266.

Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo. Uradni list RS, št.57/2008, stran 6210.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Kemijske analize dehidriranega blata iz CČN Kranj za leto 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 in 2013 – Zavod za zdravstveno varstvo Kranj

PRILOGA B: Kemijske analize kompostiranega blata s sekanci CČN Kranj

PRILOGA C: Kemijske analize dehidriranega blata iz CČN Kranj za leto 2007, 2009 in 2010 - ACME Kanada

PRILOGA D: Shema CČN Kranj

PRILOGA A: Kemijske analize dehidriranega blata iz CČN Kranj za leto 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 in 2013 – Zavod za zdravstveno varstvo Kranj

KOMUNALA KRANJ d.o.o.

Rezultati analiz 2007 - 2008

blato iz ČN Kranj

Preiskava	Enota	16.5.2007	30.11.2007
pH	-	7,49	7,8
Suha snov	%	22,63	29,73
Žaroizguba	% /s.s.	64,93	50,38
RASTLINSKA HRANILA			
Celotni dušik	mg/kg s.s.	51425	32646
Rastl. dostopen kalij (kot K ₂ O)	mg/kg s.s.	9954	1100
Rastl. dostopen fosfor (kot P ₂ O ₅)	mg/kg s.s.	9342	1678
NEVARNE SNOVI			
Kadmij	mg/kg s.s.	1,4	1,8
Baker	mg/kg s.s.	586	500
Nikelj	mg/kg s.s.	33	48
Svinec	mg/kg s.s.	101	110
Cink	mg/kg s.s.	1260	1050
Živo srebro	mg/kg s.s.	1,2	2,9
Krom - celotni	mg/kg s.s.	152	360
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX	mg Cl/kg ss	<0,9	-
PAH	mg/kg s.s.	4,07	-
PCB	mg/kg ss	<0,05	-
TOC	% C mase ss	-	26,2

<i>Salmonella</i> 5 x 25 g	-	PRISOTNA	PRISOTNA
----------------------------	---	----------	----------

blato iz ČN Kranj

Preiskava	Enota	24.9.2008
pH	-	8,48
Suha snov	%	34,62
Žaroizguba	% /s.s.	46,53
Celotni dušik	mg/kg s.s.	32489
Rastl. dostopen kalij (kot K ₂ O)	mg/kg s.s.	569
Rastl. dostopen fosfor (kot P ₂ O ₅)	mg/kg s.s.	1497
Kadmij	mg/kg s.s.	1,9
Baker	mg/kg s.s.	510
Nikelj	mg/kg s.s.	66
Svinec	mg/kg s.s.	102
Cink	mg/kg s.s.	1040
Živo srebro	mg/kg s.s.	2,2
Krom - celotni	mg/kg s.s.	64
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX #	mg Cl/kg ss	<0,6
PAH	mg/kg ss	2,8
PCB #	mg/kg ss	<0,2

<i>Salmonella</i> 5 x 25 g	-	PRISOTNA
----------------------------	---	----------



**Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo**

Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-036

Rezultati, izračuni in sk. se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.
ULICA MIRKA VADNOVA 1
4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 96 ODP/09

Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO
KRANJ, Karl Zupanc
Datum odvzema: 26.10.2009 11:40
Datum prevzema: 26.10.2009 13:34
Analizirano do: 31.12.2009
Datum izpisa: 05.01.2010

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od - do
Suha snov	%	27.72	-	SIST EN 14346:2007	-	09.11. 10.11.
Žaroziguba sušine	% mase s. s.	64.36	-	SIST EN 15169:2007	-	11.11. 12.11.
pH	-	8.16	-	SIST EN 12176:1999	Temperatura vzorca med meritvijo: 21,8°C.	30.11.
Dušik	mg/kg s. s.	50560	-	SIST ISO 13654-1:2002 in SIST ISO 11261:1996 mod.	-	05.11. 06.11.
Fosfor	mg/kg s. s.	14732	-	SIST EN 13650:2002 in SIST EN ISO 6878:2004 modif.	-	10.11. 12.11.
Kalij	mg/kg s. s.	1420 #	-	SIST ISO 9964-2:2000	-	10.11. 20.11.
Kadmij	mg/kg s. s.	2,6	7	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	10.11. 18.11.
Baker	mg/kg s. s.	564	800	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	10.11. 16.11.
Nikelj	mg/kg s. s.	54	350	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	10.11. 19.11.
Svinec	mg/kg s. s.	168	500	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	10.11. 18.11.
Cink	mg/kg s. s.	1567	2500	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	10.11. 16.11.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 96 ODP/09

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od - do
Živo srebro (ZZV Nm)	mg/kg s.s.	3.1 #	7	SIST EN 1483:1996, točka 5 modif.	Preskus na vsebnost parametra je bil opravljen na ZZV Novo mesto.	30.10.24.11.
Krom-celotni	mg/kg s.s.	69	500	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	10.11.20.11.
Polciklični aromatski ogjikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	1.1 #	6	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Antracen	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Benzo(ghi)perilen	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Fenantren	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Fluoranten	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Naftalen	mg/kg s.s.	<0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Krizen	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	01.12.31.12.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.2 #	1	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-28 (2,4,4'-Trihlorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-118 (2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	01.12.08.12.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	30.10.
Mineralni trdni delci; > 5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	30.10.

- krepko označen rezultat ni v skladu z normativom
- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - dehidrirano blato ČN po SIST EN 13040:2008 - nODP025.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 96 ODP/09
nadaljevanje

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS št. 62/08)

Vodja laboratorija:
Mojca Fister, univ.dipl.inž. spec.san.kem.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo

Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.
ULICA MIRKA VADNOVA 1
4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 47 ODP/10

Namen: Monitoring
Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO KRANJ, Karl Zupanc
Mesto odvzema: CČN Kranj - dehidrirano blato CČN Kranj
Datum odvzema: 06.05.2010 09:10
Datum prevzema: 06.05.2010 12:14
Analizirano do: 09.06.2010
Datum izpisa: 14.06.2010

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od - do
Suha snov	%	26.32	-	SIST EN 14346:2007	-	17.05.18.05.
Žarozguba sušine	% mase s.s.	58.84	-	SIST EN 15189:2007	-	28.05.01.06.
pH	-	7.88	-	SIST EN 12176:1999	Temperatura vzorca med meritvijo: 22,5°C	07.06.
Dušik	mg/kg s.s.	45900	-	SIST ISO 13654-1:2002 in SIST ISO 11261:1998 mod.	-	17.05.19.05.
Fosfor	mg/kg s.s.	15076	-	SIST EN 13650:2002 in SIST EN ISO 6878:2004 modif.	-	28.05.09.06.
Kalij	mg/kg s.s.	1700 #	-	SIST ISO 9964-2:2000	-	28.05.08.06.
Kadmij	mg/kg s.s.	1,64	7	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	28.05.08.06.
Baker	mg/kg s.s.	560	800	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	28.05.03.06.
Nikelj	mg/kg s.s.	42	350	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	28.05.04.06.
Svinec	mg/kg s.s.	107	500	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	28.05.03.06.
Cink	mg/kg s.s.	1320	2500	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	28.05.09.06.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128, 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: plsama.zzvki@zzv-kr.si / splct: www.zzv-kr.si



SLOVENSKA
AKREDITACIJA
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-036

Roznati, označeni z # so navedeni na neakreditirano delovanje.

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 47 ODP/10

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	nadaljevanje
						Datum od - do
Živo srebro (ZZV NG)	mg/kg s.s.	2.83 #	7	SIST ISO 6666:2000 tč. 4 modif.	Preskus na vsebnost parametra je bil opravljen na ZZV Nova Gorica.	07.05.07.05.
Krom-celotni	mg/kg s.s.	260	500	SIST EN 13650:2002.SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	28.05.07.06.
Polciklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	1.1 #	6	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Antracen	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Benzo(ghi)perilen	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Fenantren	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Fluoranten	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Naftalen	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Krizen	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15627:2009	-	06.05.07.05.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.2 #	1	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-28 (2,4,4'-Triklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-118 (2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.2 #	-	SIST EN 15308:2008	-	06.05.07.05.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	06.05.07.05.
Mineralni trdni delci; > 5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	06.05.07.05.

- krepko označen rezultat ni v skladu z normativom
- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - dehidrirano blato ČN po SIST EN 13040:2008 - nODP025.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisama.zzvkr@zzv-kr.si / spleť: www.zzv-kr.si



SLOVENSKA
AKREDITACIJA
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-036

Rezultati, poročeni iz št. so nastajajo iz
neakreditirane dejavnosti

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 47 ODP/10

nadaljevanje

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS št. 62/08)

Vodja laboratorija:

Mojca Fister, univ.dipl.inž. spec.san.kem.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.
ULICA MIRKA VADNOVA 1
4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 126 ODP/11

Namen: Monitoring
Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO KRANJ, Karl Zupanc
Mesto odvzema: CČN Kranj - dehidrirano blato CČN Kranj
Datum odvzema: 12.07.2011 11:00
Datum prevzema: 12.07.2011 13:40
Analizirano do: 17.08.2011
Datum izpisa: 18.08.2011

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Suha snov	%	28.64	-	SIST EN 14346:2007	-	14.07. 15.07.
Žarizguba sušine	% mase s.s.	59.36	-	SIST EN 15169:2007	-	09.08. 10.08.
pH	-	8.00	-	SIST EN 12176:1999	Temperatura vzorca med meritvijo: 21,0 °C.	18.07.
Dušik	mg/kg s.s.	36600	-	SIST ISO 13654-1:2002 in SIST ISO 11261:1996 mod.	-	10.08. 12.08.
Fosfor	mg/kg s.s.	14900	-	SIST EN 13650:2002 in SIST EN ISO 6878:2004 modif.	-	17.08.
Kalij	mg/kg s.s.	1530 #	-	SIST ISO 9954-2:2000	-	22.07. 02.08.
Kadmij	mg/kg s.s.	1.8	7	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.07. 10.08.
Baker	mg/kg s.s.	370	800	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.07. 01.08.
Nikelj	mg/kg s.s.	66	350	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.07. 01.08.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / spleti: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 126 ODP/11

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Svinec	mg/kg s.s.	150	500	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.07.01.08.
Cink	mg/kg s.s.	1470	2500	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.07.29.07.
Živo srebro	mg/kg s.s.	2.5 #	7	EPA 7473	Termična razgradnja, amalgamacija in določitev z AAS.	02.08.
Krom-celotni	mg/kg s.s.	200	500	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.07.29./
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	1.4 #	6	SIST EN 15527:2009	Soksel ekstrakcija : heksan : aceton : 1 : 1	18.07.20.07.
Antracen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Benzo(ghi)perilen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Fenantren	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Fluoranten	mg/kg s.s.	0.5 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Naftalen	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Krizen	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.07.20.07.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.05 #	1	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.
PCB-28 (2,4,4'-Trihlorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.
PCB-118 (2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.
PCB-118 (2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008 modificiran	-	18.07.20.07.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07.20.07.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 126 ODP/11

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	18.07. 20.07.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	14.07. 15.07.
Mineralni trdni delci: > 5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	14.07. 15.07.

- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Prilagojeno testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - dehidrirano blato ČN po SIST EN 13040:2008 - nODP025.

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS št. 62/08)




Vodja laboratorija:

Mojca Fister, univ.dipl.inž. spec.san.kem.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.

ULICA MIRKA VADNOVA 1
4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 127 ODP/12

Namen: Analiza po naročilu lastnika
Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO KRANJ, Karl Zupanc
Mesto odvzema: CČN Kranj - dehidrirano blato CČN Kranj
Datum odvzema: 08.08.2012 11:30 - 09.09.2012 12:10
Datum prevzema: 08.08.2012 13:00
Analizirano do: 03.09.2012
Datum izpisa: 04.09.2012

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Suha snov	%	25.62	-	SIST EN 14346:2007	-	09.08.10.08.
Žaroziguba sušine	% mase s.s.	64.13	-	SIST EN 15169:2007	-	17.08.20.08.
Kadmij	mg/kg s.s.	1.66	7	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	09.08.13.08.
Baker	mg/kg s.s.	466	800	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	09.08.21.08.
Nikelj	mg/kg s.s.	69	350	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	09.08.21.08.
Svinec	mg/kg s.s.	127	500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	09.08.21.08.
Cink	mg/kg s.s.	1270	2500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	09.08.21.08.
Živo srebro	mg/kg s.s.	0.002	7	EPA METHOD 7473:2007	Termična razgradnja, amalgamacija in določitev z AAS.	31.08.



Laboratorij za samostojno kemijo
Gospodarska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / spleti: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 127 ODP/12

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Krom-celotni	mg/kg s.s.	190	500	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	09.08. 21.08.
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	2.0 #	6	SIST EN 15527:2009	Soklet ekstrakcija: heksan:aceton 1:1	30.08. 03.09.
Antracen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Benzo(ghi)perilen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Fenantren	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Fluoranten	mg/kg s.s.	0.5 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Naftalen	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Krizen	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15527:2009	-	30.08. 03.09.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.05 #	1	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-28 (2,4,4'-Triklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-118 (2,3',4,4',5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	30.08. 03.09.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	08.08. 09.08.
Mineralni trdni delci: >5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	08.08. 09.08.

- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - Blato ČN in kompost - SIST EN 13040:2008 - mODP025.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 127 ODP/12

nadaljevanje

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS št. 62/08)



Vodja laboratorija:
Mojca Fister, univ.dipl.inž. spec.san.kem.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo

Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.
ULICA MIRKA VADNOVA 1
4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 162 ODP/12

Namen: Ocena odpadka
Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO
KRANJ, Kari Zupanc
Mesto odvzema: CČN Kranj - dehidrirano blato CČN Kranj
Datum odvzema: 29.10.2012 08:00 - 29.10.2012 08:30
Datum prevzema: 29.10.2012 09:30
Analizirano do: 22.11.2012
Datum izpisa: 23.11.2012

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Suha snov	%	27.29	-	SIST EN 14346:2007	-	29.10. 02.11.
Žarizguba sušine	% mase s.s.	16.32	-	SIST EN 15169:2007	-	21.11. 22.11.
Kadmij	mg/kg s.s.	1.85	7	SIST EN 13850:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	05.11. 14.11.
Baker	mg/kg s.s.	446	800	SIST EN 13850:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	05.11. 13.11.
Nikelj	mg/kg s.s.	64	350	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	05.11. 14.11.
Svinec	mg/kg s.s.	135	500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	05.11. 14.11.
Cink	mg/kg s.s.	1380	2500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	05.11. 13.11.
Živo srebro	mg/kg s.s.	0.12	7	EPA METHOD 7473:2007	Termična razgradnja, amalgamacija in določitev z AAS.	15.11.



Laboratorij za okoljske kemije
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 162 ODP/12

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Krom-celotni	mg/kg s.s.	91	500	SIST EN 13650:2002, SIST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	05.11. 15.11.
Polciklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	2.3 #	6	SIST EN 15527:2009	Sokret ekstrakcija - heksan-aceton 1:1	15.11. 19.11.
Antracen	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Benzo(ghi)perilen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Fenantren	mg/kg s.s.	0.8 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Fluoranten	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Naftalen	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Krizen	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15527:2009	-	15.11. 19.11.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.05 #	1	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-28 (2,4,4'-Triklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-118 (2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	15.11. 19.11.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	29.10. 30.10.
Mineralni trdni delci: >5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	29.10. 30.10.

- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Priloge testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - Blato ČN in kompost - SIST EN 13040:2008 - mODP025.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si




Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 162 ODP/12
nadaljevanje

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS št. 62/08)




Vodja laboratorija:
Mojca Fister, univ.dipl.inž. spec.san.kem.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisama.zzvkr@zzv-kr.si / spleť: www.zzv-kr.si



KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.
ULICA MIRKA VADNOVA 1
4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 31 ODP/13

Namen: Ocena odpadka
Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO KRANJ, Karl Zupanc

Metoda vzorčenja: /

Mesto odvzema: CČN Kranj - dehidrirano blato CČN Kranj

Datum odvzema: 21.03.2013 08:30

Datum prevzema: 21.03.2013 10:00

Analizirano do: 23.04.2013

Datum izpisa: 23.04.2013

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Suha snov	%	27.73	-	SIST EN 14346:2007	-	21.03.22.03.
Žaroizguba sušine	% mase s.s.	17.36	-	SIST EN 15169:2007	-	04.04.08.04.
Kadmij	mg/kg s.s.	1.6	7	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.03.26.03.
Baker	mg/kg s.s.	518	800	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.03.26.03.
Nikelj	mg/kg s.s.	71	350	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.03.11.04.
Svinec	mg/kg s.s.	131	500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.03.26.03.
Cink	mg/kg s.s.	1300	2500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.03.26.03.



Gospodarska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / spleť: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 31 ODP/13

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Živo srebro	mg/kg s.s.	3.15	7	EPA METHOD 7473:2007	Termična razgradnja, amalgamacija in določitev z AAS.	16.04.
Krom-celotni	mg/kg s.s.	53	500	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	22.03. 26.03.
Polciklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	4.0 #	6	SIST EN 15527:2009	Sokset ekstrakcija : heksan : aceton: 1 : 1	18.04. 19.04.
Antracen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Benzo(ghi)perilen	mg/kg s.s.	0.7 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Fenantren	mg/kg s.s.	1.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Fluoranten	mg/kg s.s.	1.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Naftalen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Krizen	mg/kg s.s.	0.8 #	-	SIST EN 15527:2009	-	18.04. 19.04.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.05 #	1	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-28 (2,4,4'-Triklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-118 (2,3',4,4',5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	16.04. 17.04.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	22.04. 23.04.
Mineralni trdni delci; >5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	22.04. 23.04.

- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Prilagojeno po navodilih iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - blato ČN in kompost po SIST EN 13040:2008 - mODP025.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodarska ulica 12, p. p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Poročilo o preskušanju


Lab. št.: 31 ODP/13

nadaljevanje

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS št. 62/08)




Vodja laboratorija:
Mojca Flster, univ.dipl.inž. spec.san.kem.



Zavod za zdravstveno varstvo Kranj
Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / splet: www.zzv-kr.si



Rezultati, označeni z #, se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o.

ULICA MIRKA VADNOVA 1

4000 Kranj

POROČILO O PRESKUŠANJU

Lab. št.: 181 ODP/13

Namen: Ocena odpadka
Naročnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Lastnik: KOMUNALA KRANJ, JAVNO PODJETJE, d.o.o., ULICA MIRKA VADNOVA 1, 4000 Kranj
Odvzel: ENOTA ZA KOMUNALNO HIGIENO IN VARSTVO OKOLJA ZAVODA ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO
KRANJ, Karl Zupanc

Metoda vzorčenja: /

Mesto odvzema: CČN Kranj - dehidrirano blato CČN Kranj

Datum odvzema: 19.11.2013 10:30

Datum prevzema: 19.11.2013 12:00

Analizirano do: 23.12.2013

Datum izpisa: 23.12.2013

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Suha snov	%	27.69	-	SIST EN 14346:2007	-	20.11. 21.11.
Žarozguba sušine	% mase s.s.	16.91	-	SIST EN 15169:2007	-	25.11. 28.11.
Kadmij	mg/kg s.s.	2.3	7	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	18.12. 23.12.
Baker	mg/kg s.s.	670	800	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	18.12. 23.12.
Nikelj	mg/kg s.s.	66	350	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	18.12. 23.12.
Svinec	mg/kg s.s.	136	500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	18.12. 23.12.
Cink	mg/kg s.s.	1400	2500	SIST EN 13650:2002,SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	18.12. 23.12.
Živo srebro	mg/kg s.s.	3.13	7	EPA METHOD 7473:2007	Termična razgradnja, amalgamacija in določitev z AAS.	11.12.



Laboratorij za sanitarno kemijo
Gospodsvetska ulica 12, p.p. 128. 4001 Kranj
tel: (04) 20 17 100; fax: (04) 20 17 113
Elektronska pošta: pisarna.zzvkr@zzv-kr.si / spleť: www.zzv-kr.si

LP-036
Rezultati, označeni z #, se nanašajo na
neakreditirano dejavnost

Poročilo o preskušanju

Lab. št.: 181 ODP/13

nadaljevanje

Parameter	Enota	Rezultat	Normativ	Metoda	Opombe	Datum od-do
Krom-celotni	mg/kg s.s.	70	500	SIST EN 13650:2002, SI ST ISO 11047:1999 metoda A-modif.	-	18.12.23.12.
Polciklični aromatski ogljikovodiki (vsota)	mg/kg s.s.	4.0 #	6	SIST EN 15527:2009	Soklet ekstrakcija: heksan:aceton:1:1	20.11.25.11.
Antracen	mg/kg s.s.	<0.1 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Benzo(a)antracen	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Benzo(a)piren	mg/kg s.s.	0.3 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Benzo(gh)perilen	mg/kg s.s.	0.8 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Benzo(k)fluoranten	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Fenantren	mg/kg s.s.	0.5 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Fluoranten	mg/kg s.s.	0.6 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/kg s.s.	0.2 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Naftalen	mg/kg s.s.	0.8 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Krizen	mg/kg s.s.	0.4 #	-	SIST EN 15527:2009	-	20.11.25.11.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	<0.05 #	1	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-28 (2,4,4'-Trihlorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-101 (2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-118 (2,3',4,4',5'-Pentaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-138 (2,2',3,4,4',5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-153 (2,2',4,4',5,5'-Heksaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil)	mg/kg s.s.	<0.05 #	-	SIST EN 15308:2008	-	20.11.25.11.
Trdni delci (steklo, plastika, kovina) >2mm	% s.s.	<0.1 #	7	-	-	19.11.20.11.
Mineralni trdni delci; >5mm	% s.s.	<0.1 #	-	-	-	19.11.20.11.

- vse dodatne informacije o opravljenem preskušanju so dostopne v laboratoriju

Prilagojeno testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca smo naredili po Navodilu za pripravo testnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca - blato ČN in kompost po SIST EN 13040:2008 - MODP025.

Normativi so iz predpisa:

- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur. l. RS št. 52/08)



Mojca Fister
Vodja laboratorija:
Mojca Fister, univ. dipl. inž. spec. san.kem.

ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO KRANJ

Gospodarska ulica 12, p.p. 128, 4001 Kranj

Laboratorij za medicinsko mikrobiologijo

tel. 04 2017 165, 04 2017 164, fax. 04 2017 113

Dovoljenje MZ za področje medicinske mikrobiologije št.: 0600-63/2009-5

Pošiljatelj: ZV Kranj - enota za komunalno higieno in varstvo okolja
Zupanc Karl,

Datum sprejema: 19.11.2013 11:55, Datum izvida: 22.11.2013

1810DP/2013, 19.11.2013, <ni naslova> (123019)



Protokol: 46/17

Status: Končni

Verzija: 1.00

Točke za izvid: 35.06

Izvid

Vzorec: **Blato čistilne naprave -dehidrirano blato** (Odvzeto 19.11.2013 ob 10:30)

Preiskava na bakterije rodu *Salmonella* v 5x25 g vzorca: **NEGATIVNO**

Uporablja se modificirana metoda ISO 19250:2010.

PRILOGA B: Kemijske analize kompostiranega blata s sekanci CČN Kranj

Parameter okoljske kakovosti	REZULTATI	
	kompost - komunalni	
	komunalni odpadki (lab. št. 66 ODP) mg/kg s.s.	blato CČN in sekanci (lab. št. 68 ODP) mg/kg s.s.
Suha snov	63,37 %	58,71
Zaroižguba sušine (organske snovi)	23,88 % s.s.	49,91
pH	8,70	6,26
Dušik	9,070	22,790
Fosfor	1,723	10,729
Kalij	3,310	1,970
Kadmij	<0,6	2,0
Celotni krom	179	95
Baker	63	480
Živo srebro	0,30	2,3
Nikelj	32	57
Svinec	49	512
Cink	220	1,430
PAH	<0,2	0,8
PCB	<0,1	<0,2
neželene primesi: trdni delci steklo, plastika >2mm	1,1	0,8
neželene primesi: mineralni trdni delci >5 mm	17,3	1,1

**PRILOGA C: Kemijske analize dehidriranega blata iz CČN Kranj za leto 2007, 2009 in 2010 -
ACME Kanada**



1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716

Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.

www.acmelab.com

Client: University of Ljubljana

Receiving Lab: Canada-Vancouver
Received: December 29, 2009
Report Date: January 18, 2010
Page: 1 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN09006372.1

CLIENT JOB INFORMATION

Project: None Given
Shipment ID:
P.O. Number
Number of Samples: 2

SAMPLE PREPARATION AND ANALYTICAL PROCEDURES

Method Code	Number of Samples	Code Description	Test Wgt (g)	Report Status	Lab
Soil Pulverize 4A&4B	2	Soil Pulverize	0.2	Completed	VAN
	2	Whole Rock Analysis Majors and Trace Elements			VAN

SAMPLE DISPOSAL

STOR-PLP Store After 90 days Invoice for Storage

ADDITIONAL COMMENTS

Acme does not accept responsibility for samples left at the laboratory after 90 days without prior written instructions for sample storage or return.

CC:



This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.
All results are considered the confidential property of the client. Acme assumes the liabilities for actual cost of analysis only.
** asterisk indicates that an analytical result could not be provided due to unusually high levels of interference from other elements.



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: University of Ljubljana

Project: None Given
Report Date: January 18, 2010

Page: 2 of 2 Part 1

Method		WGHT	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B
Analyte	Unit	Wgt	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ni	Sc	LOI	Sum	Ba	Be	Co	Cs		
MDL		0	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	20	1	-5.1	0.01	1	1	0.2	0.1		
MUD1	Sludge	11.52	4.46	1.50	1.61	6.70	0.38	0.49	0.30	4.09	0.03	0.011	49	2	68.6	99.63	349	<1	5.5	1.9			
MUD2	Sludge	11.28	4.40	1.48	1.57	6.59	0.39	0.50	0.29	4.06	0.03	0.012	49	2	69.0	99.63	340	<1	5.6	1.7			



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: University of Ljubljana

Project: None Given
Report Date: January 18, 2010

Page: 2 of 2 Part 2

Method		4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B
Analyte	Unit	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
MDL		0.5	0.1	0.1	0.1	1	0.5	0.1	0.2	0.1	8	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.3	0.05	0.02	0.05
MUD1	Sludge	4.6	1.7	4.4	22.5	44	134.8	0.3	2.3	2.7	<8	5.0	64.3	5.7	8.9	16.8	1.64	6.6	1.21	0.23	0.94
MUD2	Sludge	4.4	1.4	4.6	23.0	48	133.2	0.4	2.2	2.7	<8	6.1	61.6	5.4	8.5	17.3	1.65	6.8	1.06	0.24	1.11



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: University of Ljubljana

Project: None Given
Report Date: January 18, 2010

Page: 2 of 2 Part 3

Method		4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B	4A-4B
Analyte	Unit	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TOT/C	TOT/S	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	
MDL		0.01	0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01	0.02	0.02	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
MUD1	Sludge	0.18	1.03	0.19	0.54	0.08	0.48	0.07	33.18	1.09	7.3	529.9	169.9	1361	46.7	3.7	2.7	5.7	4.6	48.2	669.1	
MUD2	Sludge	0.16	0.86	0.16	0.44	0.07	0.52	0.08	33.94	0.99	8.3	527.0	168.5	1346	46.7	3.8	2.7	5.9	4.6	47.4	2668	



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: University of Ljubljana

Project: None Given
Report Date: January 18, 2010

Page: 2 of 2 Part 4

Method		1DX	1DX	1DX
Analyte	Unit	Hg	Tl	Se
MDL		0.01	0.1	0.5
MUD1	Sludge	3.01	0.2	3.3
MUD2	Sludge	3.02	0.2	3.6



Client: University of Ljubljana

Receiving Lab: Canada-Vancouver
Received: July 09, 2010
Report Date: August 09, 2010
Page: 1 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN10003187.1

CLIENT JOB INFORMATION

Project: None Given
Shipment ID:
P.O. Number
Number of Samples: 14

SAMPLE PREPARATION AND ANALYTICAL PROCEDURES

Method Code	Number of Samples	Code Description	Test Wgt (g)	Report Status	Lab
No Prep	14	Sorting of samples on arrival and labeling			VAN
4A4B	14	Whole Rock Analysis Majors and Trace Elements	0.2	Completed	VAN

SAMPLE DISPOSAL

DISP-PLP Dispose of Pulp After 90 days

ADDITIONAL COMMENTS

Acme does not accept responsibility for samples left at the laboratory after 90 days without prior written instructions for sample storage or return.

CC:



This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval, preliminary reports are unsigned and should be used for reference only. All results are considered the confidential property of the client. Acme assumes the liabilities for actual cost of analysis only. ** asterisk indicates that an analytical result could not be provided due to unusually high levels of interference from other elements.



Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716

www.acmelab.com

Client: University of Ljubljana

Project: None Given
Report Date: August 09, 2010

Page: 2 of 2 Part 4

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN10003187.1

Method	Analyte	Unit	1DX	1DX
			TI	Se
			ppm	ppm
		MDL	0.1	0.5
MD2-01	Rock Pulp		0.9	3.2
MD2-02	Rock Pulp		0.9	2.7
MD2-03	Rock Pulp		0.8	3.3
MD2-04	Rock Pulp		0.9	3.3
MD2-05	Rock Pulp		0.8	3.5
MD2-06	Rock Pulp		0.7	3.6
MD2-07	Rock Pulp		0.9	3.4
MD2-08	Rock Pulp		0.9	2.8
MD2-09	Rock Pulp		0.9	3.5
MD2-10	Rock Pulp		0.7	3.3
MD2-11	Rock Pulp		0.9	3.7

From ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD. 852 E. HASTINGS ST. VANCOUVER BC V6A 1R6 PHONE(604)253-3158 FAX(604)253-1716 @ CSV TEXT FORMAT

Acme file # A707306 Received: DEC 13 2007 * 16 samples in this disk file.

Analysis: GROUP 4A - 0.200 GM SAMPLE BY LIBO2/LI2B4O7 FUSION, ANALYSIS BY ICP-ES. (LIBO2/LI2B4O7 FUSION MAY NOT BE SUITABLE FOR MASSIVE SULFIDE

ELEMENT	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ba	Cu	Ni
SAMPLES	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
MD-1	9.67	3.82	3.24	1.81	8.95	0.32	0.51	0.22	4.66	0.03	0.022	313	569	31
MD-2	9.64	3.96	3.2	1.81	8.99	0.32	0.52	0.22	4.81	0.03	0.024	324	592	39
MD-3	9.85	4.04	3.07	1.83	9.05	0.32	0.52	0.23	4.67	0.03	0.023	327	585	31
MD-4	9.58	3.93	2.62	1.97	8.9	0.37	0.7	0.22	4.7	0.02	0.02	319	595	22
MD-5	10.04	4.07	3.05	1.93	9.35	0.34	0.58	0.23	4.81	0.03	0.022	337	587	34
MD-6	8.67	3.99	2.66	1.64	8.15	0.29	0.48	0.22	4.58	0.02	0.021	354	617	23
MD-7	9.17	4.25	2.61	1.79	8.37	0.31	0.51	0.23	4.49	0.02	0.023	349	659	30
MD-8	10.11	4.41	2.83	1.96	9.06	0.31	0.52	0.24	4.44	0.03	0.021	353	659	20
RE MD-8	9.99	4.34	2.89	1.92	8.98	0.3	0.51	0.24	4.4	0.03	0.021	355	645	26
MD-9	11.3	4.41	2.78	2.2	10.16	0.32	0.54	0.25	4.41	0.03	0.021	372	615	35
MD-10	10.73	4.43	2.72	2.08	9.54	0.31	0.51	0.24	4.38	0.03	0.022	368	644	30
MD-11	10.42	4.52	2.88	2.01	9.27	0.31	0.51	0.25	4.39	0.03	0.02	368	680	23
MD-12	10.88	4.57	2.64	2.12	9.7	0.32	0.61	0.25	4.36	0.03	0.024	368	675	36
MD-13	10.35	4.57	2.55	2	9.37	0.32	0.49	0.24	4.31	0.03	0.028	363	693	51
STANDARI	57.53	14.42	7.63	3.46	6.47	3.72	2.2	0.71	0.82	0.4	0.564	513	70	37

ELEMENT	Co	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	TOT/C	TOT/S	SUM
SAMPLES	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	%
MD-1	7	151	102	6	6	2	66.5	31.72	0.88	99.89
MD-2	6	155	91	6	5	2	66.2	33.07	1	99.87
MD-3	5	156	105	6	5	2	66.1	33.18	0.97	99.87
MD-4	5	159	93	6	5	2	66.7	34.22	0.89	99.87
MD-5	7	161	97	6	5	2	65.3	17.89	1.01	99.89
MD-6	6	155	68	5	5	2	69	33.7	0.97	99.86
MD-7	5	165	75	6	5	2	67.9	34.11	1.01	99.82
MD-8	7	168	91	6	7	2	65.8	34.01	1	99.89
RE MD-8	8	166	86	6	7	2	66.1	32.66	1	99.87
MD-9	5	170	120	7	10	2	63.3	30.16	0.91	99.88
MD-10	6	172	99	6	7	2	64.7	32.03	1.02	99.86
MD-11	5	174	95	6	9	2	65.1	32.03	1	99.87
MD-12	7	178	98	6	6	2	64.3	31.3	1.12	99.87
MD-13	6	176	83	8	7	2	65.4	33.9	1.13	99.82
STANDARI	32	418	290	32	23	25	1.9	3.15	4.16	100

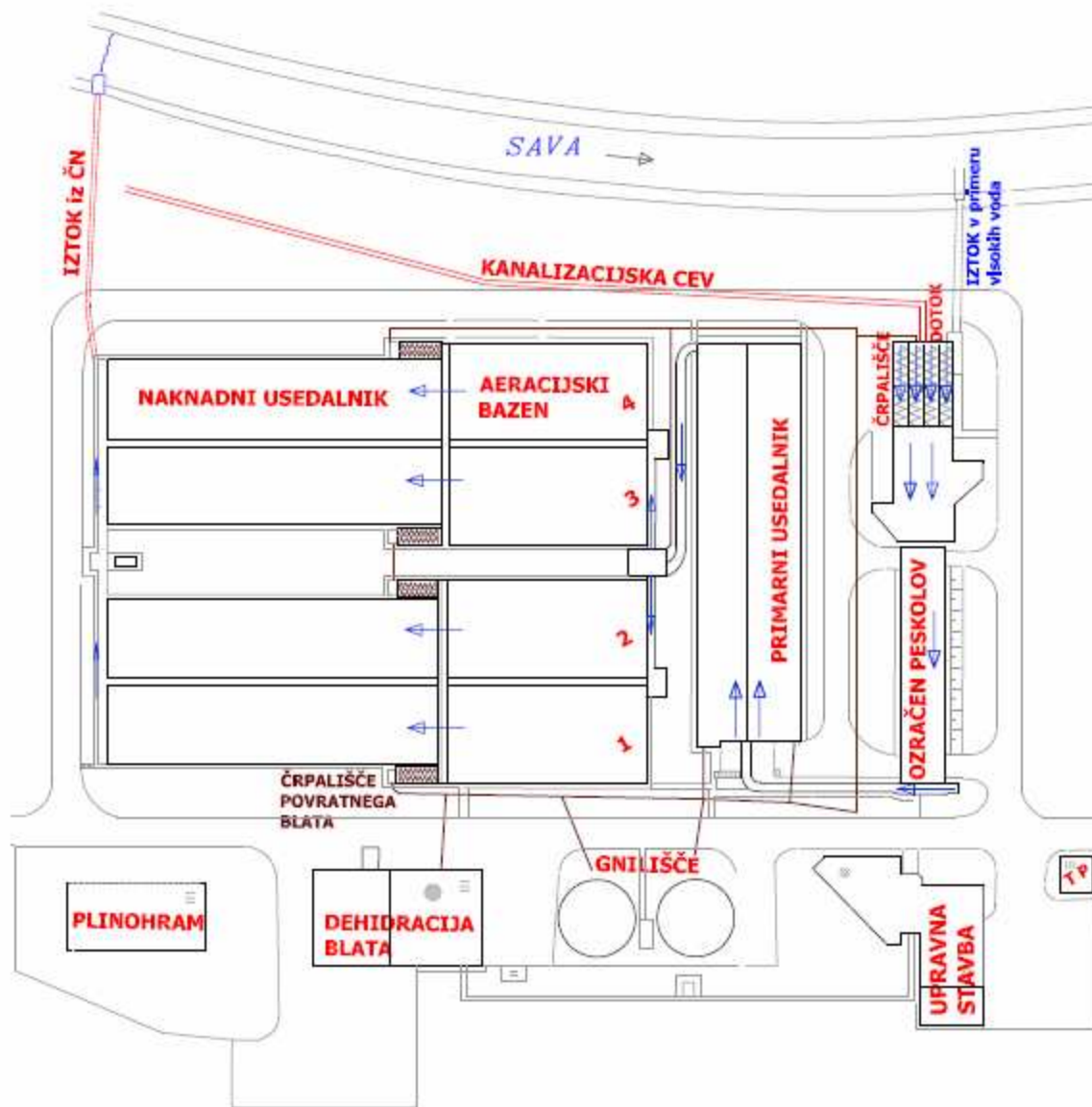
ELEMENT	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
SAMPLES	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MD-1	305.7	1	5.6	1.4	4.3	2.9	4.7	20.9	35	158.1	0.3	2.1	2.3	18
MD-2	321.6	1	5.4	1.4	4.1	2.8	4.5	21.4	36	165	0.3	2.2	2.3	18
MD-3	323.9	1	5.3	1.5	4.1	3.3	4.5	21.3	36	162.9	0.3	2.3	2.3	18
MD-4	320.1	1	5	1.6	4	2.6	4.4	21.9	37	164.6	0.3	2.3	2	18
MD-5	336.6	1	6.6	1.5	4.5	2.8	5	23.1	39	172.2	0.3	3.4	2.5	19
MD-6	352.6	<1	5	1.4	4.6	1.9	4.3	20.7	36	162.9	0.3	2.6	2.2	19
MD-7	338.4	1	5.5	1.5	4.4	1.9	4.4	20.8	33	164.7	0.3	2.8	2.3	21
MD-8	350	<1	5	1.7	4.8	2.5	4.7	22.2	35	168.7	0.3	3.3	2.6	21
RE MD-8	335.3	1	5.2	1.5	4.5	2.3	4.8	22.8	36	171.9	0.3	2.7	2.5	24
MD-9	360.1	<1	5.1	1.7	4.9	3.5	5	24.4	38	180.2	0.3	2.9	2.6	23
MD-10	353.5	1	5	1.6	4.5	2.8	5.1	23.4	38	178.6	0.3	2.9	2.7	21
MD-11	357.3	<1	6	1.6	4.9	2.7	5.4	23.9	36	179.9	0.4	2.5	2.7	22
MD-12	373.9	<1	4.9	1.6	5	2.8	5.4	24.6	36	182.5	0.3	2.9	2.5	24
MD-13	338.2	1	5	1.6	4.4	2.3	4.8	22	35	170.2	0.3	2.6	2.4	24
STANDARI	504.9	1	29.8	6.9	18.7	10.7	22.3	28.6	17	419.1	6.9	11.3	17.8	213

ELEMENT	W	Zr <i>črtnoj</i>	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
SAMPLES	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MD-1	8.6	103.4	6.6	9	17	1.74	6.1	0.98	0.21	0.91	0.17	0.84	0.16	0.5
MD-2	8.7	93.1	6.5	8.5	16.8	1.67	5.9	0.97	0.2	0.89	0.16	0.82	0.17	0.44
MD-3	8.6	106.2	6.9	8.8	16.9	1.66	6	1.05	0.23	1	0.17	0.91	0.17	0.53
MD-4	8.6	92.9	6.7	8.5	16.2	1.66	5.8	1.06	0.19	0.87	0.17	0.88	0.16	0.49
MD-5	9.9	101.1	7	9.3	18.4	1.84	6.3	1.04	0.23	1	0.19	0.95	0.17	0.51
MD-6	8.8	69.9	6.5	8.6	17.2	1.7	5.7	1	0.22	0.9	0.15	0.8	0.17	0.49
MD-7	8.9	73.1	6.6	8.8	17.1	1.68	6	0.99	0.2	0.98	0.17	0.75	0.18	0.5
MD-8	8.5	89.8	7.3	9.7	18.2	1.79	6.6	1.14	0.23	1.03	0.19	0.96	0.18	0.57
RE MD-8	8.9	87.6	7.9	9.5	18.1	1.79	6.8	1.1	0.24	1.08	0.2	1	0.21	0.56
MD-9	9	122.3	7.8	9.6	19.4	1.92	6.4	1.14	0.26	1.05	0.21	1.04	0.23	0.61
MD-10	8.4	100.4	7.5	9.7	19.3	1.9	7.1	1.14	0.25	1.05	0.19	1.01	0.19	0.53
MD-11	8.6	96.4	7.6	10	19	1.84	6.5	1.17	0.25	1.03	0.19	0.96	0.2	0.56
MD-12	9.2	97.6	7.4	9.9	20	1.88	6.9	1.11	0.24	1.11	0.2	0.92	0.2	0.6
MD-13	8.4	80.3	8.8	9	18.1	1.72	6.1	1.16	0.24	0.99	0.2	1.11	0.23	0.59
STANDARI	16.1	292.2	38.6	12.1	30.1	3.67	14.7	3.09	0.9	2.93	0.58	3	0.62	1.79

ELEMENT	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au
SAMPLES	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb
MD-1	0.07	0.49	0.07	4.8	555.7	98.8	1003	25.3	2.3	1.4	4.9	1.8	25	816.4
MD-2	0.07	0.52	0.08	5.4	583.7	102	1038	26.3	2.2	1.3	5	1.7	25.1	476.1
MD-3	0.08	0.55	0.08	5.1	575.1	101.2	1047	25.9	2.2	1.3	5	1.7	23.9	463.1
MD-4	0.08	0.52	0.08	4.6	572.5	90.3	972	24.5	2.5	1.3	4.5	1.8	23.3	575.1
MD-5	0.09	0.55	0.09	5.2	578.3	98.3	1031	26.4	2.3	1.3	4.8	1.8	24.1	582
MD-6	0.07	0.48	0.08	5.4	639	98.6	1091	25.1	2.4	1.4	5	1.9	25.1	526.2
MD-7	0.09	0.53	0.07	4.9	627.7	101.7	1066	26.8	2	1.4	4.7	1.9	24.9	594.9
MD-8	0.09	0.58	0.08	5.2	632.4	99.8	1082	27.3	2.1	1.4	4.6	1.9	24.6	582.7
RE MD-8	0.09	0.59	0.09	5.1	618.7	100.4	1064	26.3	2.4	1.3	4.7	1.9	24.3	567
MD-9	0.09	0.62	0.09	5.4	612	109.5	1048	27	2.1	1.3	4.9	2	24.4	676.6
MD-10	0.1	0.61	0.09	5.7	639.6	108	1100	28	2.5	1.5	5.3	2.2	25.3	574.5
MD-11	0.08	0.6	0.09	5.4	644.7	101.7	1066	26.6	2	1.5	5	2	24.5	604.1
MD-12	0.09	0.62	0.09	5.7	629.8	102.7	1085	31.8	2.2	1.5	4.7	1.9	25.2	623.8
MD-13	0.1	0.68	0.11	6.3	640.9	97.8	1087	45.1	1.7	1.4	4.8	1.9	25.1	556
STANDARI	0.27	1.85	0.28	19.6	99.4	64.5	395	55.7	44.5	5.8	4.3	3.9	0.9	125.9

ELEMENT	Hg	Tl	Se
SAMPLES	ppm	ppm	ppm
MD-1	2.09	0.1	2.3
MD-2	1.39	0.1	2.3
MD-3	1.65	0.1	2.9
MD-4	1.55	0.1	2.5
MD-5	1.69	0.1	2.9
MD-6	1.33	0.1	2.7
MD-7	1.27	0.1	2.3
MD-8	1.57	0.1	2.4
RE MD-8	1.37	0.1	2.9
MD-9	1.61	0.1	2.9
MD-10	1.48	0.1	2.6
MD-11	1.28	0.2	2.7
MD-12	1.59	0.1	2.3
MD-13	1.51	0.1	2.5
STANDARI	0.2	4.3	3.3

PRILOGA 4



UNIVERZA V LJUBLJANI Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo	
Magistrsko delo	Fizikalno kemijske karakteristike blata in možnosti končne dispozicije blata iz CCN Kranj
Avtor	Matjaž Dolenc
Priloga 4	Shema CCN Kranj
Merilo	1:1000