Univerza v Mariboru
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Mednarodno leto kemije

60. obletnica Slovenskega kemijskega društva

Slovenski kemijski dnevi 2011

Zbornik povzetkov referatov

Slovensko kemijsko društvo

Portorož, september 2011

Avtorji	Stran	Naslov
M. PROŠEK, A. Šmidovnik, A. Golc Wondra, J. Žmitek, M. Fir Milivojevič, M. Stražišar, S. Andrenšek, P. Jazbec Križman	197	Od ideje do mednarodnega uspeha
J. ŠIMENC, M. Lipnik-Štangelj	198	Staurosporin sproži nekroptozo v kulturi astrocitov podgan
E. VONČINA, B. Križanec, R. Kranvogl	199	Sistemski pesticidi in pomori čebel
A. ŠMIDOVNIK, M. Petric	200	Vpliv koencima Q_{10} na razgradnjo maščobnih kislin sončničnega olja in tvorbo njihovih $_{iso}$ oblik med segrevanjem
P. ŠTREKELJ, I. Kreft, V.Stibilj	201	Vpliv foliarnega gnojenja s selenom na privzem težkih kovin pri tatarski ajdi (FAGOPYRUM TATARICUM GAERTN.) gojeni v onesnaženi prsti iz Mežice
L. ŠARC, M. Lipnik-Štangelj	202	Etanol sproži v astroglialnih celicah biokemični odgovor hormetičnega značaja
K. TROŠT, B. Mozetič Vodopivec, M. Sternad Lemut, K. Jug, P. Raspor, S. Smole Možina	203	Antioksidativna in antimikrobna aktivnost fenolnih izvlečkov grozdnih tropin
M. VAUKNER GABRIČ, Ž. Kalan, A. Gregori, B. Pahor, Z. Kravanja, F. Pohleven	204	Vpliv mešanice piščančjega gnoja in hitro rastočih rastlin na rast micelija lesnih gliv
V. WEINGERL, J. Kristl	205	Prispevek posameznih fenolnih antioksidantov k spektrofotometrični določitvi skupnih fenolov

Kemija in tehnologija okolja

Avtorji	Stran	Naslov
L. KLASINC, Brunislav Matasović, Tomislav Cvitaš	209	Assesing photochemical pollution from ozone data
G. ABRAMOVIĆ, M. Homšak	210	(Ne)ustreznost stabilizacije z apnom (CaO) pri trdnih odpadkih z visoko vsebnostjo fluorida
J.BABIČ, A. Pavko	211	Kinetika razbarvanja izbranih azo barvil z ligninolitičnimi encimi glive Dichomitus squalens
O. BAJT, J. Krýsa, J. Jirkovský, J. Zita, Š. Paušová	212	Fotokatalizirana razgradnja pesticida monurona v prisotnosti železovega minerala getita
M. BIRO, P. Dlugolecki, B. van der Wal, A. Majcen Le Marechal, D. Brodnjak Vončina, R. Kranvogl	213	Učinkovitost sistema CapDI pri čiščenju tekstilnih odpadnih vod
F. CEPAK, B. Poljšak	214	Emisije toplotnogrednih plinov iz pristanišča Luka Koper in pristopi k zmanjševanju
M. COTMAN, J. Vrtovšek, A. Pintar	215	Vzorčenje odpadne vode: novi pristopi pri pripravi medlaboratorijske primerjave

Avtorji	Stran	Naslov
J. FILIPIČ, B. Kraigher, B. Tepuš, V. Kokol, I. Mandic-Mulec	216	**Vpliv statičnega magnetnega polja na bakterije v odpadnih vodah**
N. GLAVAŠ, N. Kovač	217	**Mikroelektrodni profili kisika, sulfida in pH v petoli (mikrobna podlaga, Sečoveljske soline)**
J.HERCOG, J. Panjan, D. Drev	218	**Možnosti izboljšanja učinka predhodnega čiščenja odpadnih voda mlekarske industrije**
M. HOMŠAK, M. Pilinger	219	**Nadzor emisij v zrak pri proizvodnji aluminija**
T. JERIČ, R. Bisselink, W. van Tongeren, A. Majcen Le Marechal	220	**Uporaba in-SITU elektrokemijsko proizvedenega H_2O_2 v H_2O_2/UV postopku za namene razbarvanja tekstilnih reaktivnih barvil**
G. KALČIKOVA, J. Zagorc-Končan, A. Englande, A. Žgajnar Gotvajn	221	**Treatment of mature municipal landfill leachate by Fenton oxidation**
D. KAVŠEK, D. Brodnjak Vončina, A. Bednarova, J. Mocak	222	**Karakterizacija elektrofiltrskega pepela iz termoelektrarn**
A. KOBLAR, M. Ponikvar-Svet	223	**Zeliščni čaji kot potencialni bioindikatorji obremenjenosti okolja s fluorom**
N. KOVAČ, N. Glavaš	224	**Kemična karakterizacija solinskega blata iz Sečoveljskih solin**
M. KREGAR, D. Drev	225	**Upoštevanje nevarnih in strupenih snovi pri ocenjevanju vrednosti**
J. KRIŽAN, M. Simonič, I. Petrinic	226	**Določevanje zamašitev membran pri ultrafiltraciji oljno-vodnih emulzij**
V. LAVTIŽAR, P. Trebše	227	**Določanje fotostabilnosti klorantraniliprola z uporabo suntest aparata**
O. MALEV Elsa Fabbretti, R. Sauerborn-Klobučar, P. Trebše	228	**Akutna strupenost imidakloprida za vodne nevretenčarje**
V. MISLEJ, R. Babič, A. Kalčič, V. Grilc, L. Reščič	229	**Zasnova sistema zagotavljanja kakovosti toplotne obdelave blata komunalne čistilne naprave**
V. MISLEJ, R. Babič, M. Krašovec, E. Mlakar	230	**Toplotna obdelava anaerobno pregnitega blata – predelava odpadka 19 08 05 v trdno alternativno gorivo**
Zoran NOVAK, Ž. Knez	231	**SiO_2 aerogeli in njihova uporaba za različne adsorpcijske procese**
Barbara NOVOSEL, D. Slabajna	232	**Predstavitev smernice za zagotavljanje varnosti in zdravja v kemijskih laboratorijih**
A. OSTERC, V. Stibilj, O. Bajt, A. Ramšak	233	**Ugotavljanje razmerja med I-129 in I-127 v morskem in kopenskem okolju Slovenije**
P. PLANINŠEK, B. Smodiš, L. Benedik, M. Štrok	234	**Določanje ^{210}Po v okoljskih vzorcih**

TOPLOTNA OBDELAVA ANAEROBNO PREGNITEGA BLATA – PREDELAVA ODPADKA 19 08 05 V TRDNO ALTERNATIVNO GORIVO

THERMAL TREATMENT OF ANAEROBICALLY DECOMPOSED SEWAGE SLUDGE – PROCESSING OF WASTE 19 08 05 INTO SOLID ALTERNATIVE FUEL

Vesna Mislej, Rok Babič, Marko Krašovec, Ernest Mlakar

JP Vodovod-Kanalizacija d.o.o., Vodovodna cesta 90, 1000 LJUBLJANA

vesna.mislej@vo-ka.si

Izvleček. Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (UL RS št. 57/2008) je določila pogoje za predelavo nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (postopek obdelave odpadka po R12 do R13), preden se ti uporabijo kot gorivo ali dajo v promet za uporabo kot gorivo v napravi za sosežig odpadkov (postopek po R1). Uredba navaja, da je v trdno gorivo dovoljeno predelovati samo nenevarne odpadke, kamor spada odpadek s klasifikacijsko številko 19 08 05 - mulji oz. odvečno blato iz komunalnih čistilnih naprav (v nadaljevanju blato). Tovrsten odpadek predstavlja največji delež odpadkov na komunalnih čistilnih napravah. Izvira iz prirastka aktivnega blata pri aerobnem biološkem čiščenju komunalne odpadne vode. To je biološko razgradljiv odpadek, katerega je pred končno predelavo potrebno stabilizirati in zmanjšati njegovo prostornino. V ta namen je CČNL opremljena s strojno-tehnološko opremo, ki omogoča obdelavo blata za njegovo nadaljnjo koristno izrabo. Odvečno blato ima po primarnem gravitacijskem zgoščanju in strojnem predzgoščanju, ob dodatku flokulanta, vsebnost suhe snovi 5,5 % do 6,5 %. Skupaj z drugimi sprejetimi odpadki se ga vodi na anaerobno mezofilno razgradnjo v dve gnilišči. Nastali digestat ima vsebnost suhe snovi ca. 3,0 % do 4,0 %, ki se jo z dodatkom flokulantov in z dehidracijo na centrifugah poviša na 21-23 %. Zatem se transportira v polžni mešalnik, kjer se zmeša s suhim granulatom. Nastala mešanica doseže vsebnost suhe snovi med 55 % in 65 %. V tej obliki je primerna za vodenje na toplotno obdelavo v konvekcijski rotirajoči sušilni boben, v katerem je zrak direktno ogrevan s plinskim energentom. To je eden izmed najučinkovitejših postopkov za zmanjšanje vsebnosti vode v blatu. Je kontinuiran postopek, ki se ciklično prekinja zaradi vzdrževalnih posegov in režima zbiranja digestata. Po toplotni obdelavi je blato še dodatno stabilizirano, prav tako tudi higienizirano in pridobi končnih 91-93 % suhe snovi in obliko pelet z le nekaj prahu. Pelete so velikosti 2-4 mm ter imajo nasipno težo 650 - 700 kg/m^3. To daje končnemu produktu obdelave možnost enostavnega in varnega rokovanja in transportiranja. Lastnosti in uporabo blata kot alternativnega oz. sekundarnega trdnega goriva se ugotavlja po Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (UL RS št. 57/2008).

Ključne besede: komunalna čistilna naprava, odpadek 19 08 05, pelete, zakonodaja, toplotna obdelava, alternativno trdno gorivo

1 Uvod

Alternativna goriva so predelane in sortirane odpadne snovi, ki so zaradi svoje energijske vrednosti primerne za delno zamenjavo klasičnih fosilnih goriv (nafte,

zemeljskega plina, premoga). V ta namen se lahko uporabijo le določene vrste predelanih odpadkov. Njihova klasifikacija in uporaba kot trdno gorivo je določena z zakonodajo.

Odpadke, ki nastajajo pri biološkem čiščenju komunalne odpadne vode, razvršča evropski katalog odpadkov (EWC) v skupino 19. Blato komunalne čistilne naprave (v nadaljevanju KČN) spada v podskupino 19 08, ki vključuje kar 13 vrst odpadkov iz naprav za čiščenje odpadnih vod komunalnega in industrijskega porekla. Njegova klasifikacijska številka je 19 08 05 – mulj (v nadaljevanju blato) iz komunalnih čistilnih naprav[1].

Blato predstavlja največji delež odpadkov KČN. Izvira predvsem iz odvečnega blata po aerobnem biološkem čiščenju oz. sekundarnem čiščenju komunalne odpadne vode. S procesi obdelave odvečnega blata na mestu nastanka je potrebno blato predelati v obliko, ki jo je možno obvladovati in ponuditi na trgu prevzemnikov in končnih predelovalcev odpadkov.

V letu 2008 se je v Sloveniji zakonodaja na področju ravnanja z odpadki prenovila in zaostrila, med drugim tudi za ravnanje z odpadkom 19 08 05 - blatom, ki nastaja pri čiščenju komunalne odpadne vode[1] oziroma na splošno z biološko razgradljivimi odpadki, še posebno s tistimi, ki so namenjeni za energetsko izrabo[2]. Novi predpisi določajo, kateri odpadki se štejejo med biološko razgradljive in podajajo smernice za njihovo končno predelavo, ki je lahko tudi energetska izraba. Določeno je, kateri odpadki se lahko predelajo v trdno alternativno gorivo in kakšna mora biti njegova kvaliteta.

Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, (UL RS št. 57/08)[3] (v nadaljevanju uredba), je določila pogoje za predelavo nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (postopek obdelave odpadka po R12 do R13[4,5]), preden se ti uporabijo kot gorivo ali dajo v promet za uporabo kot gorivo v napravi za sosežig odpadkov (postopek po R1[5]). Uredba navaja, da je v trdno gorivo dovoljeno predelovati samo nenevarne odpadke, kamor spada tudi blato iz sekundarnega čiščenja komunalnih odpadnih vod [1,5].

2. člen uredbe[3] opredeljuje postopke predobdelave odpadkov v trdno gorivo, kamor spada med drugim toplotna obdelava, kot je dehidracija zaradi zmanjšanja vsebnosti vode ter material, na katerega se uredba nanaša :

- blato komunalnih in industrijskih čistilnih naprav
- pregnito blato iz anaerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov

3. člen uredbe opredeljuje postopek predobdelave. To so vmesni postopki predelave odpadkov z oznakama R12 in R13 v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki.

8. člen uredbe pa navaja obveznosti izvajalca predelave odpadkov v trdno gorivo, med katerimi je ta, da ima naprava poslovnik s programom ugotavljanja lastnosti trdnega goriva, vključno z vzorčenjem in merjenjem parametrov trdnega goriva.

Toplotna obdelava blata je tehnološki postopek z izbranim postrojenjem[6], specifično vhodno surovino in končnim produktom, ki mora ustrezati zahtevam prevzemnika tovrstnega odpadka[7]. Za optimalno delovanje in vzdrževanje strojne opreme je na Centralni čistilni napravi Ljubljana (v nadaljevanju CČNL) vzpostavljen nadzorni sistem (SCADA) in sistem nadzora opravil in del na strojni opremi, ki je osnovan na računalniškem programu AMOS[8]. Obratovalni dnevnik naprave z zapisi vseh opravil in del se vodi z računalniškim programom e-BAK[9]. Za doseganje ponovljive kvalitete proizvedenega trdnega goriva pa se na napravi vzpostavlja sistem kakovosti po SIST-TS CEN/TS 15358:2007, Trdno alternativno gorivo – Sistemi vodenja kakovosti- Posebne zahteve za njihovo uporabo pri proizvodnji trdnih alternativnih goriv[10].

2 Izvor blata

Odvečno blato, grezničnе gošče in blato iz malih komunalnih čistilnih naprav so biološko razgradljiv odpadek, katerega je pred končno predelavo potrebno obdelati, z namenom njegove stabilizacije in zmanjšanja prostornine. V ta namen so na CČNL zgrajeni objekti, ki so opremljeni s strojno-tehnološko opremo[6], ki omogoča sprejem in obdelavo grezničnih vsebin in blata iz izvajanja obvezne javne gospodarske službe in obdelavo lastnega blata za njegovo nadaljnjo koristno izrabo.

CČNL je zasnovana kot enostopenjska mehansko-biološka komunalna čistilna naprava s sekundarno stopnjo čiščenja, kar pomeni odstranjevanje ogljikovih spojin in nitrifikacijo. Blato nastaja kot višek prirastka aktivnega blata pri aerobnem biološkem procesu čiščenja komunalne odpadne vode in se kot tak dnevno odvaja iz sistema v količini od 10 do 16 ton suhe snovi, v odvisnosti od želene starosti in potrebne koncentracije aktivnega blata v prezračevalnih bazenih glede na sezono in obremenitev. S procesi obdelave odvečnega blata ga predelamo v obliko, ki jo je možno obvladovati.

Sveže odvečno blato ima obliko suspenzije z zelo nizko vsebnostjo suhe snovi (v nadaljevanju ss), v povprečju okoli 0,4 do 0,6%. Blato je nestabilno oz. sposobno zagnitja, zato ga je potrebno zgostiti in nadalje v gniliščih biološko preoblikovati z namenom njegove stabilizacije in pridobivanja bioplina.

Blatu po primarnem gravitacijskem in nadaljnjem strojnem predzgoščanju ob dodatku flokulanta poraste delež ss na 5,5 do 6,5%. Do te stopnje se je odstranila nevezana voda, ki jo je možno odstraniti s težnostnim zgoščanjem. Tako zgoščeno blato se skupaj z drugimi sprejetimi odpadki izmenoma vodi v eno izmed dveh enakih gnilišč skupnega volumna 14.800 m^3 na anaerobno mezofilno razgradnjo. Zadrževalni čas blata v njima je 37 do 42 dni. Gnilišči obratujeta pri konstantni temperaturi 36±1 ^oC. Nastali digestat na vrhu gnilišča s prostim padom odteka v zalogovnik. Pretok digestata je povprečno 14 m^3/h. Vsebnost njegovega organskega deleža je 60 do 65% ter vsebnost ss ca 3,0 do 4,0 %, ki se jo z dodatkom 0,5 % raztopine flokulantov in z dehidracijo na centrifugah poviša na 21- 23 %. Na ta način se odstrani kapilarna voda, ki jo je mogoče izločiti le z odcejanjem pod povečanim pritiskom in uporabo flokulanta. Na tej stopnji je blato v skladu z zahtevami Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (UL RS št. 62/2008) stabiliziran biološko razgradljiv odpadek[12]. V tej obliki je blato primerno za vodenje na toplotno obdelavo[13,14].

3 Toplotna obdelava blata CČNL

Toplotna obdelava (v nadaljevanju sušenje) je postopek pri katerem se odstrani del vode, ki je vezan kot adsorbirana voda in jo je možno v glavnem odstraniti le z uporabo toplotne energije. To je eden izmed najučinkovitejših postopkov za zmanjšanje vsebnosti vode v blatu oz. njegovega volumna ter najoptimalnejši postopek za predpripravo blata KČN za končno predelavo izven regije nastanka[15]. Glavni razlogi so sledeči [14,15,16].

- izločiti vodo in na ta način zmanjšati volumen odpadka,
- povečati kalorično vrednost blat za namen direktne uporabe kot dodatnega goriva,
- pridobiti več različnih možnosti uporabe zaradi lažjega rokovanja in skladiščenja,
- stabilizacija in higienizacija blata zaradi popolnega uničenja patogenih organizmov,
- omogočiti ekonomičen in varen transport odpadka.

3.1 Splošno

Pri postopkih sušenja se upari preostala voda s pomočjo toplotne energije. Pri tem se delež organskih snovi ne zniža – nasprotno, blato pridobi na spodnji kurilni vrednosti, ki je običajno min 10 MJ/kg na dostavljeno stanje. Močno pa se zmanjša volumen dehidriranega pregnitega blata.

Za uparevanje vode iz blata potrebujemo veliko energije. Pri postopku se uporablja plinski energent, ki je bioplin kot lastni proizvod CČNL in je njen primarni energent. Njegova poraba se dopolnjuje z zemeljskim plinom.

Toplotna obdelava blata na CČNL je kontinuiran postopek, ki se ciklično prekinja zaradi vzdrževalnih posegov in režima zbiranja digestata, ki se ga potem, ko je zalogovnik za digestat poln, s pretokom 21 m^3/h vodi na eno izmed dveh centrifug. Pretok dehidriranega blata oz. pogače v proces sušenja je okoli 3,2 m^3/h. Odstranjena blatenica z vsebnostjo ss pod 0,1 % se vodi na čiščenje na začetek CČNL. Cikel dehidracije in sušenja pogače traja nato 3 do 5 dni. Sistem sušenja blata je sestavljen iz:

- silosa za blato s črpalko,
- mešalnika za mešanje blata s suhim granulatom,
- toplotnega generatorja (gorilnik za plinski energent),
- sušilnega bobna,
- tokokroga krožnega zraka s kondenzatorjem,
- ločevanja granulata iz sušilnega zraka,
- agregatov za transport in obdelavo granulata,
- silosa za skladiščenje granulata.

3.2 Postopek sušenja

Dehidrirano blato vsebnosti ca 21-23% ss se iz centrifuge s spiralnim transporterjem transportira v mešalec, kjer se zmeša s suhim povratnim granulatom velikosti 4 mm, tako da se v mešanici takoj doseže vsebnost vlage med 40 in 45% ss. Zaradi novih reoloških lastnosti blata se s tem preprečuje nastanek lepljive faze zmesi blata in vode, obenem pa s tem omogočamo podlago za nadaljnjo želeno granulacijo, ki je pričakovana za kvaliteto končnega produkta sušenja.

To mešanico se nato transportira v konvekcijski sušilni boben. Tu se prenos toplote vrši na principu popolnega sušenja z direktnim kontaktom vlažnega blata in vročega plinskega medija, ki se ga ogreva z gorilnikom[14]. To pomeni, da se blato osuši nad 85% ss (tudi do 95%), toplota pa se prenaša nanj preko vročega plina, ki ima s produktom obdelave neposreden kontakt. V boben tako dovajamo pripravljeno predobdelano blato, ki se pnevmatsko transportira skozi boben in neposredno ogreva z bioplinom ali zemeljskim plinom. Gre za direktno segrevanje blata z izgorevalnimi plini pri vstopni temperaturi zraka 480 do 510 ^oC in izstopni temperaturi 90 do 93 ^oC.

Izparela voda je tako pomešana s sušilnim medijem. Tega predstavljajo izgorevalni plini iz gorilnika sušilnega bobna, ki nosijo s seboj nekaj zraka in izparelo vodo. Zaradi večje varnosti pri izvajanju postopka je koncentracija kisika v vročem plinskem mediju zelo omejena. Dosegamo jo z recikliranjem dela izgorevalnih plinov v sušilni proces.

Toplotna obdelava blata se izvaja s 3-sklopnim horizontalnim, rotacijskim sušilnim bobnom. Ta je sestavljen iz treh cilindrov, ki so vstavljeni drug v drugega in imajo skupno os. V notranjem cilindru se izvaja predsušenje. Zaradi visoke temperature vstopnega plina, se

izparevanje vode izvrši takoj in to povzroči hiter padec temperature sušilnega plina. Pri počasnem obračanju sušilnega bobna in potiskanju blata naprej s tokom zraka, blato preide iz notranjega cilindra v centralni cilinder in nato v zunanji cilinder. Iz slednjega cilindra blato skupaj s tokom plinskega sušilnega medija zapusti boben, še preden pride do pregrevanja blata.

Sušenje obsega dva tokokroga – pot sušilnega medija in krog granulata. Prvi tokokrog obsega sušenje, ločevanje izgorevalnih plinov od suhega blata na tekstilnih filternih vrečah, kondenziranje evaporirane vode in vodenje pretežnega dela izparilnih plinov nazaj v sušilni boben na gorilnik. Z vračanjem večine odpadnih plinov na gorilnik, se vse hlapne organske snovi in/oziroma nosilci neprijetnega vonja termično uničijo. Del toka sušilnega obtočnega medija se odvede in prispe z drugimi tokovi onesnaženega zraka v biofilter na čiščenje. Drugi tokokrog sušenja je sestavljen iz hlajenja suhega blata, ločevanja po granulaciji pelet, drobljenja neustrezno velikih zrn, dovajanja suhega povratnega blata v mešalnik in transporta ustrezno granuliranega suhega blata v silos končnega proizvoda (V= 50 m^3). Ta je opremljen z opremo za nakladanje v avtocisterno. Med nakladanjem se izvaja odsesovanje zraka tako, da je zagotovljeno brezprašno polnjenje tovornega vozila.

Kondenzirane pare odvedene vode se skupaj s hladilno vodo pri temperaturi < 55 ^oC odvedejo na čiščenje v sistem CČNL.

Proces toplotne obdelave se vrši v skladu z navodili proizvajalca opreme[13]. Končni proizvod obdelave so pelete, ki nimajo več vsebnosti patogenih organizmov, imajo pa zaradi stabilizirane biomase zadostno kurilno (kalorično) vrednost, da jih je mogoče skladno s predpisi na področju ravnanja z odpadki, uporabljati kot alternativno oz. sekundarno trdno gorivo, v nadaljevanju SRF.

3.3 Tehnične karakteristike strojne opreme in potreba po energiji

Sušilni boben je zasnovan za kontinuirni proces sušenja s karakteristikami :

- toplotna moč Q= 3 MW, nominalno 2,6 MW,
- premer sušilnega bobna d= 2730 mm, l= 9123 mm, V= 41,3 m^3,
- povprečna velikost delcev blata 2-4 mm,
- začetna koncentracija blata 35 do 40%, preostala vlaga v blatu max 10 %,
- čas sušenja 15 - 20 min,
- uparjalna kapaciteta oz. evaporacija 3000 kg/h,
- specifična kapaciteta uparjanja 72,6 kgW/m^3h,
- procent suhe snovi v izstopnem blatu >90%,
- specifična vsebnost vlage 0,11 – 0,27 kg/kg zraka,
- energent je bioplin (410 Nm^3/h, 6,4 kWh/m^3) ali zemeljski plin (282 Nm^3/h, 9,5 kWh/m^3).

Teoretična potreba po energiji[14] za evaporacijo ene tone vode pri normalnem pritisku je 627 kWh. Dodatno je potrebno še 93 kWh za ogrevanje vode iz 20 ^oC na 100 ^oC in 14 kWh za ogrevanje trdnega materiala. Izgube direktnega segrevanja so višje kot 100 kWh, od teh gre v izgubo 20% skozi površino sušilnega bobna in 80% zaradi preoblikovanja energije. To znese 834 kWh/(t H_2O). V praksi[14] se ta podatek za konvekcijski sušilni boben z direktnim sušenjem giblje od 900 do 1100 kWh/t H_2O. Pri modernejših napravah je ta izguba precej zmanjšana z recirkulacijo vročih izgorevalnih plinov na vrednost od 930 do 1000 kWh/t H_2O. Osnova za optimizacijo sušenja pa je vsekakor v predhodnem procesu – v dehidraciji, kjer naj se odstrani največji delež vode, ki ga omogoča dana oprema.

Električna energija, ki se porablja za obratovanje sušenja, se troši na vseh delih postrojenja – transportu blata, obdelavi izgorevalnih plinov in drugo. Teoretični podatek o potrebi po električni energiji za sistem s sušilnim bobnom[14] se giblje od 80 do 90 kWh/t H_2O. Ta je višja sorazmerno z višjim deležem ss v končnem produktu.

3.4 Nadzor in vzdrževanje strojne opreme in vodenje obratovalnega dnevnika

Proces sušenja na CČNL je voden z nadzornim sistemom (SCADA) preko programabilnega logičnega kontrolerja (PLC), ki nadzoruje zagon in zaustavitev sistema sušenja in upravlja z vsemi alarmi.

Za pomoč pri vzdrževanju strojne, elektro in merilne opreme na CČNL uporabljamo programsko opremo AMOS. Uporabljamo naslednje module:

- Modul DATOTEKA, kateri obravnava vzdrževanje tkzv. registrov n.pr. naslovov, lokacij, zaposlenih, tečajev valut, strok, tipov števcev, merskih enot, vrst opravil,
- Modul VZDRŽEVANJE, kateri obravnava posamezne enote, njihove tipe in hierarhije, funkcije in njihove hierarhije, zbirne naloge, delovne naloge, načrtovanje dela, poročila,
- Modul ZALOGA obravnava tipe zalog in njihove hierarhije, artikle oz. rezervne dele, transakcije in analize zalog,
- Modul ORODJA omogoča predvsem izdelavo različnih poročil, ki omogočajo pregled opravljenih delovnih aktivnosti, kvalitativno in kvantitativno rabo različnih virov (kadri, orodja, rezervni deli in podobno) tako za pretekla obdobja, kakor tudi za bodoča

Na CČNL smo razvili program (e-Bak), ki nudi podporo pri obratovanju čistilne naprave in dopolnjuje obstoječi nadzorni sistem. Glavni namen programa je centralno zbiranje podatkov v podatkovni bazi in izdelava analiz ter poročil o delovanju. Eden izmed modulov programa je modul za vodenje obratovalnega dnevnika CČNL, v katerega v kronološkem zaporedju vnašamo vse dogodke, ki se zgodijo in so pomembni za obratovanje čistilne naprave. Prednosti modula obratovalni dnevnik so poenoten vnos preko izbirnih polj, sledljivost dogodkov, enostavno iskanje dogodkov ter preglednost pri odpravljanju napak[9].

3.5 Končni produkt sušenja obdelanega blata

Po toplotni obdelavi je blato zelo stabilno oz. je konzervirano in zato zelo počasi spreminja svoje lastnosti. V hladnem in suhem prostoru obdrži svojo obliko in sestavo nekaj let. Je tudi popolno higienizirano. Pri sušenju pridobi končnih 91 do 93% suhe snovi in obliko granulata oz. pelet z le nekaj prahu in velikosti 2-4 mm, nasipno težo 650 - 700 kg/m^3, obribno trdnostjo 95,6%in temperaturo vnetišča 570°C. Zgornja kalorična vrednost posušenega blata je 11 do 14 MJ/kg ss, vsebnost pepela je okoli 34 do 36%.

4 Klasifikacija blata CČNL kot SRF

Sušenje daje končnemu produktu obdelave možnost enostavnega in varnega rokovanja, daljšega skladiščenja in transportiranja.

Lastnosti blata CČNL kot SRF se ugotavljajo po Uredbi o obdelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (UL RS št. 57/2008)[3]. Trdno gorivo, pridobljeno iz drugih nenevarnih odpadkov, se glede na neto kurilno vrednost in vsebnost nevarnih snovi uvršča v enega od

petih razredov iz klasifikacijskega seznama trdnih goriv, navedenega v omenjeni uredbi. Analize kakovosti predelanega blata, ki jih izvaja zunanja pooblaščena inštitucija kažejo, da ima blato dobro kalorično vrednost in takšno kemijsko sestavo, da se lahko uporabi kot SRF[11].

Rezultat statistične obdelave in karakterizacije 12-tih mesečnih kompozitnih vzorcev obdelanega blata CČNL v letu 2009 in 10-tih v letu 2010 je uvrstil le-tega v naslednje kakovostne razrede goriva[18,19] : NCV 4;Cl 1;Hg 4-5.

5 Uporaba alternativnega trdnega goriva iz blata CČNL

Snovalci tehnologije obdelave blata na CČNL[6], so že v idejnem projektu upoštevali smernice EU, ki poudarjajo odgovornost povzročitelja odpadkov, da ta že na izvoru omeji in preprečuje njihovo nastajanje, zmanjša njihov volumen in ustrezno pripravi odpadke za njihovo recikliranje ter snovno ali pa energetsko izrabo[11].

S postavitvijo objektov za zgoščanje, stabiliziranje in sušenja blata se na CČNL že od njenega začetka obratovanja v letu 2005 upoštevajo smernice EU glede ravnanja z odpadki, z novejšimi slovenskimi predpisi pa se samo še potrjuje pravilnost izbrane tehnologije obdelave blata.

Postopek sušenja kljub svojim slabostim, ki so v glavnem[14]:

- visoki investicijski stroški,
- visoki operativni stroški,
- velika poraba energije,
- visok nivo varstva pri delu zaradi nevarnosti požara in eksplozije,
- potreba po izurjenih operaterjih,

daje izdelek, ki omogoča raznovrstno končno obdelavo in širok izbor potencialnih prevzemnikov odpadka.

Pelete iz procesa sušenja blata CČNL se v skladu s slovensko zakonodajo lahko uporabijo kot trdno gorivo v velikih kurilnih napravah[18,19], kar pomeni da so glede na svojo kvaliteto uporabne za energetsko izrabo v napravah za sosežig odpadkov, ki imajo vhodno toplotno moč nad 50 MW, ki imajo okoljevarstveno dovoljenje za predelavo tovrstnih odpadkov po postopku R1 in katerih emisije v zrak ustrezajo zahtevam za mejne vrednosti določene s predpisom, ki ureja emisijo snovi v zrak iz sežigalnic ter pri sosežigu odpadkov.

Končna obdelava posušenega blata CČNL se trenutno vrši po postopku R1 kot dodatno gorivo v cementarni. Te na splošno niso klasificirane kot sežigalnice ali naprave za sosežig, njihove emisije snovi v zrak pa morajo ustrezati določilom v predpisih za emisije iz naprav za sosežig odpadkov. Kvaliteta blata CČNL ustreza zahtevam cementarne za vhodno kontrolo kakovosti sprejetih goriv. Poleg kalorične vrednosti pelet je njihova mineralna sestava komplementarna s sestavo klinkerja, zato ta vrsta alternativnega goriva ni moteča za proizvodnjo cementa.

Sušenje anaerobno pregnitega blata omogoča energijsko in snovno izrabo odpadka v slovenskem industrijskem objektu, kar pomeni uresničevanje smernic osrednjeslovenskega in državnega operativnega programa ravnanja z odpadki.

6 Reference

1. Metodološko gradivo, Statistični urad RS, Ljubljana, 2007.

2. V. Mislej, V. Grilc, Legislation concerning the energy reuse of sludge from wastewater treatment plant in the region of Slovenia, 4th International Bioenergy Conference, 31st of August to 4th of September 2009, Jyväskyä, Book of proceedings, Part I.
3. Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, UL RS št. 57/2008.
4. Ravnanje z odpadki – 2, Tehnična pojasnila k postopkom predelave in odstranjevanja odpadkov, Ljubljana, 2000.
5. Uredba o ravnanju z odpadki, UL RS št. 34/2008.
6. Projekt izvedenih del - Aqua Engineering GMBH, Mondsee, Avstrija, Hidroinženiring d.o.o. Ljubljana, CČN LJUBLJANA - PROJEKT 601 370 -PID - Marec 2005.
7. e- naročanje, Razpisna dokumentacija za prevzem in obdelavo posušenega blata, JN2797/2011.
8. AMOS, računalniška aplikacija, (proizvajalec SpecTec AS, Norveška).
9. R. Babič, T. Kržmanc, U. Zupnčič; Process of plant optimization through software development; 11th IWA Specialised Conference, (2011).
10. SIST-TS CEN/TS 15358:2007, Trdno alternativno gorivo – Sistemi vodenja kakovosti – Posebne zahteve za njihovo uporabo pri proizvodnji trdnih alternativnih goriv.
11. V. Mislej, C.Bordon, Specifikacija in uporaba alternativnega trdnega goriva iz blata komunalne čistilne naprave, Zbornik 11. strokovnega posvetovanja »Gospodarjenje z odpadki – GZO'10«.
12. Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov, UL RS št. 62/2008.
13. Navodila za uporabo in vzdrževanje za napravo za sušenje blata DDS 30, Naprava za čiščenje odpadne vode Ljubljana, Andritz AG, Thermische Prozesstechnik, 2006.
14. SIST-TP CEN/TR 15473:2008, Karakterizacija blata – Dobra praksa pri sušenju blata.
15. V. Grilc, V.Mislej, S. Šalej, Thermal utilisation of biologically stabilised and dried waste sludge from wastewater treatment plants, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice 2010.
16. J.Videc, Sušenje nenevarnih muljev iz čistilnih naprav, Strokovni posvet " Energijska izraba odpadkov", Moravske Toplice, 2011.
17. SIST-TS CEN/TS 15359:2007, Trdno alternativno gorivo – Specifikacije in razredi.
18. V.Grilc, (2010). Poročilo o lastnostih in uporabi alternativnega trdnega goriva iz procesa obdelave odpadkov na CČNL, KI-L05-SO/2286-Z.
19. V.Grilc, (2011). Poročilo o lastnostih in uporabi alternativnega trdnega goriva iz procesa obdelave odpadkov na CČNL, VO-KA d.o.o, Lj., KI-L05-SO/2512-Z.

Abstract. The regulation about processing non-hazardous waste into solid fuel (UL RS št. 57/2008) has set the conditions for such processes (procedure of waste treatment by R12 to R13), before this waste is used as fuel (procedure R1). Regulation states that only non-hazardous waste is allowed to be processed into solid fuel. This includes wastes with the classification number 19 08 05 - which is excess sludge from wastewater treatment plants (hereinafter referred to as sewage sludge). This type of waste represents the largest proportion of wastes at municipal wastewater treatment plants. It originates from the increment of active sludge produced at aerobic biological waste water treatment. It is a biodegradable waste, therefore, stabilization and volume reduction are necessary before the final utilization. For this purpose Central wastewater treatment plant Ljubljana is equipped with technological machine equipment, which enables processing of sludge for further beneficial use. After the primary gravitational thickening, machine pre-thickening and with the addition of flocculants, excess sludge contains 5.5% to 6.5% of dry matter. Along with other wastes, sludge is taken to an anaerobic mezophilic degradation in to two digestors. The resulting digestate contains ca. 3.0% to 4.0% of dry matter, which is then, with the addition of flocculants and dehydration on the centrifuges, raised to 21-23%.

Afterwards it is transported to the stirrer, where it is mixed with dry pellets. This mixture reaches moisture content between 55 and 65% of dry matter. In this form it is suitable to be taken for thermal treatment in a convectional drying rotating drum in which the digestate is directly heated with off gas from the burner. This is one of the most effective procedures to reduce the water content of sludge. It is a continuous process, which is cyclically interrupted due to maintenance interventions and digestate collection regime. The drying cycle lasts 3 to 5 days.

After thermal treatment, sludge is further stabilized, as well as hygenized. This way it obtains the final 91-93% of dry matter and the form of pellets with just some dust. Pellets are the size of 2-4 mm and have the bulk density of 650 to 700 kg/m3. This gives the final product of the process a possibility of a simple and safe handling and transporting. Properties and use of sewage sludge as an alternative solid fuel is determined by the Regulation about processing of non-hazardous waste into solid fuel (Off.J. RS, No. 57/2008).

Key words: drying drum, sewage sludge, pellets, legislation, thermal treatment, alternative solid fuel