

Mekanisk förbehandling av slam innan rötning

– En erfarenhetssammanställning
av försök gjorda på Käppalaverket

Agnieszka Witkiewicz



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Stefan Johansson	Skellefteå kommun
Charlotte Lindstedt	Göteborg Vatten
Lena Ludvigsson-Olafsen	Smedjebackens kommun
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Mats Rostö	Gästrik Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten
Ulf Thysell	NSVA

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan återopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Mekanisk förbehandling av slam innan rötning – En erfarenhetssammanställning av försök gjorda på Käppalaverket
Title of the report:	Mechanical pretreatment of sludge before anaerobic digestion – Summary of tests performed at Käppala Wastewater Treatment Plant
Rapportnummer:	2012-07
Författare:	Agnieszka Witkiewicz, Käppalaförbundet.
Projektnummer:	25-111
Projektets namn:	Mekanisk förbehandling av slam innan rötning – En erfarenhetssammanställning av försök gjorda på Käppalaverket
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, Käppalaförbundet
Rapportens omfattning	
Sidantal:	28
Format:	A4
Sökord:	Anaerobisk rötning, slam, biogas, mekanisk förbehandling, dispergering
Keywords:	Anaerobic digestion, sludge, biogas, mechanical pretreatment, dispersing
Sammandrag:	Vid Käppalaverket i Lidingö har mekanisk förbehandling av bioslam innan rötning testats både i pilot och fullskala. Effekt på metanproduktion har undersökts.
Abstract:	At Käppala Wastewater treatment plant a mechanical pretreatment of bio-sludge was performed both in pilot and full-scale. The effects on methane production have been investigated.
Målgrupper:	Drift- och processansvariga vid avloppsreningsverk
Omslagsbild:	Eftersedimenteringsbassänger på Käppalaverket (Käppala)
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2012
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Denna rapport är en sammanfattning av en utvärdering av mekanisk förbehandling av bioslammet på Käppalaverket som utfördes under åren 2008–2010. Projektgruppen från Käppalaverket bestod av Agnieszka Witkiewicz, Anna Maria Sundin, Katarina Norén och Torsten Palmgren. Försöken gjordes i samarbete med Peter Ek och Anders Holm från Cellwood Machinery som utlånade dispergeringsmaskinen: Grubbens Labyrinta Deflaker till Käppalaverket. Projektet har delfinansierats av Svenskt Vattens energiprojekt.

Ett stort tack till alla som har bidragit till projektet.

Agnieszka Witkiewicz

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary.....	7
1. Bakgrund.....	8
2. Syfte	9
3. Anaerob rötning och förbehandlingsmetoder.....	10
4. Käppalaverket.....	12
5. Material och metoder	13
5.1 Dispergatormaskin	13
5.2 Provtagning och analyser	14
5.3 Ekonomisk analys	14
6. Dispergering med Krima dispergator i pilotskala (Försök 1).....	16
6.1 Metod	16
6.2 Resultat och diskussion	16
7. Dispergering med deflaker i pilotskala (Försök 2).....	18
7.1 Metod	18
7.2 Resultat och diskussion	18
8. Dispergering i fullskala med deflaker och rötning i fullskala (Försök 3)	20
8.1 Metod	20
8.2 Resultat och diskussion	21
9. Dispergering i fullskala med deflaker och rötning i laboratorieskala (Försök 4-6)	22
9.1 Metod	22
9.2 Resultat och diskussion	22
10. Dispergering med deflaker i pilotskala (Försök 7).....	25
10.1 Metod	25
10.2 Resultat och diskussion	25
11. Slutsats och diskussion.....	26
12. Referenser.....	27

Sammanfattning

Vid Käppalaverket i Lidingö har mekanisk förbehandling av slam innan rötning testats under åren 2007–2010. Målsättningen var att öka nedbrytningsgraden av det organiska materialet och därmed också biogasproduktionen. Det första pilotförsöket utfördes 2007. En dispergator som i vanliga fall homogeniserar rens från silgallren användes i detta försök för att behandla bioslam samt primärslam. Biogasproduktionen från obehandlade och behandlade prover följdes upp med hjälp av röttningsförsök i laboratorieskala på Institutet för Jordbruks och Miljöteknik (JTI) i Uppsala. Resultaten visade en tydlig biogasökning vilket ledde till att Käppalaförbundet valde att gå vidare med försök i pilot- och fullskala.

I denna rapport sammanfattas resultaten från de försök som genomfördes under perioden 2008–2010. Under 2008 testades dels en mekanisk förbehandling med dispergator och dels en förbehandling med en mindre variant av dispergeringsmaskin, kallad deflaker. Pilotskaleförsöken med de båda olika maskinerna gav positiva resultat, där den totala biogasproduktionen ökade med 9 % (Sundin, 2008). I april 2009 beslutade Käppalaverket att installera deflakern i fullskala och satte ett mål på 5 % total biogasökning för att installationen skulle bli permanent. Under utvärderingsperioden utfördes tre fullskaleförsök och ett pilotskaleförsök. Trots olika modifikationer i deflakerns inställningar kunde man inte upprepa de tidigare erhållna positiva resultaten. Även resultaten från pilotskaleförsöket som genomfördes på liknande sätt som försöket år 2008 visade ingen skillnad i biogasproduktionen. Försöken visade att deflakern inte gav den effekt som satts som krav för att installationen skulle vara lönsam. Dock har försöken rönt stort intresse både nationellt och internationellt, och anses vara viktiga för övriga aktörer i VA-branschen.

Summary

During the years 2007–2010 the Käppala Association, that runs a wastewater treatment plant (WWTP) in Lidingö, tested a mechanical pretreatment of sludge before it was treated in the anaerobic digesters. The target was to optimize the digestion process by increasing the fraction of readily biodegradable substrate and hence increase the biogas production. Samples of treated and untreated sludge were transported to the Institute for Agriculture and Environmental Engineering (JTI) in Uppsala where a laboratory scale digestion was performed. The first pilot scale experiment was performed in 2007. The idea was to pretreat the excess sludge with the existing dispersing machine which is ordinarily used for treating of screenings from the mechanical treatment at Käppala WWTP. A significant increase of biogas production could be observed after the dispersing of the excess sludge which encouraged the Käppala Association to evaluate the mechanical pretreatment project both in pilot and full scale.

This report summarizes the results from experiments performed during 2008–2010. In 2008 two pilot scale tests were done; one with the existing disperser and the other with a smaller version of disperser, called deflaker. Results from both experiments showed a 9 % increase of the total biogas production (Sundin, 2008). In April 2009 the Käppala Association decided to install the deflaker in full scale in order to evaluate whether the pretreatment is able to disintegrate the sludge cells and increase the total biogas production by at least 5 %. Throughout the evaluation period (2009–2010) three full scale and one pilot scale experiment were performed. In spite of the different modifications made on the installation it was not possible to repeat the results from the earlier tests. The Käppala Association proved that deflaker is not efficient to increase the biogas production from the excess sludge in an extent that is profitable. However, the project itself received a great interest both nationally and internationally, and is considered to be important for other actors in the wastewater industry.

1. Bakgrund

Käppalaförbundet driver Käppalaverket där avloppsvatten från 11 kommuner i norra och östra Storstockholm renas. Verket är dimensionerat för att klara en belastning motsvarande 700 000 pe. Biogasproduktionen uppgick år 2010 till 6,5 miljoner kubikmeter rågas. Från och med år 2010 uppgraderas den producerade biogasen till en fordonsgas med en metanhalt på minst 97 % och transporteras via rörledning till bussdepåer för att användas som bränsle till biogasbussar. Detta samarbete med SL har lett till ett ytterligare ökat intresse för att optimera rötningsprocessen på Käppalaverket och i förlängningen att testa olika alternativ för att öka biogasproduktionen.

Ett problem med rötningsprocessen som förekommer både på Käppalaverket och på andra reningsverk är att inte allt organiskt material är tillgängligt för nedbrytning av anaeroba bakterier. På Käppalaverket kommer cirka 80 % av biogasen från primärslam som innehåller lättnedbrytbart organiskt material som fetter och proteiner. En möjlig metod för att öka biogasproduktionen är att öka metanpotentialen i bioslammet (även kallat överskottslam) som just nu ger upphov till cirka 20 % av den totala biogasproduktionen. Huvudorsaken till den låga biogasproduktionen som bioslammet ger upphov till är att det mest lättnedbrytbara materialet redan brutits ned i bio-steget och att det finns så kallade extracellulära polymera substanser (EPS) i utrymmet mellan slamflockarnas celler (Flemming and Wingender 2001). På grund av dessa ämnen (polysackarider, nukleinsyror, lipid-derivat, proteiner och humusämnen) är slamflockarna fasta, kompakta och svåra att bryta ner för mikroorganismerna i rötningsprocessen.

En möjlighet att öka biogasproduktionen är att genomföra en förbehandling av slammet innan det pumpas till rötning. Slammet kan förbehandlas med kemiska, mekaniska eller biologiska metoder. Käppalaverket fokuserade på mekaniska förbehandlingsmetoder och de första testerna under år 2004–2005 kördes med Biogest (disintegrering av slam via kavitation). Resultaten visade dock ingen signifikant ökning i den totala biogasproduktionen från bioslammet (Sundin 2006). Andra typer av mekanisk förbehandling som testades var en *mekanisk dispergering* av slammet. Idén var att utföra det första försöket med en befintlig dispergatormaskin (Cellwood Machinery AB) som vanligtvis används på Käppalaverket för att finfördela rens från silgallren. Pilotförsöket utfördes i november 2007, både primärslam och bioslam undersöktes. Resultaten visade att behandlingen med dispergator inte påverkade biogasproduktionen från primärslam men en tydlig ökning av gasproduktionen från bioslammet noterades. Eftersom försöket gav positiva resultat planerades ytterligare en omgång med pilotförsök med den befintliga dispergatorn på Käppalaverket och dessutom försök med en mindre variant av dispergator, en så kallad deflaker, för att verifiera resultaten från 2007. Om denna nya försöksomgång gav positiva resultat på biogasproduktionen så var man från Käppalaverkets sida beredd att utföra försök i fullskala. I denna rapport sammanfattas resultaten från försöken under perioden 2008–2010.

2. Syfte

Syftet med projektet var att i pilot- och fullskala förbehandla bioslammet och fastlägga hur stor ökning av gasproduktionen som kan uppnås genom mekanisk dispergering av slammet. Break-even för att uppväga kapital-, drift- och underhållskostnaderna kräver en ökning av den totala biogasproduktionen med endast ca 2 %. Från Käppalaverkets sida bestämdes dock att sätta ett målvärde på 5 % ökad gasproduktion i försöken. Om de positiva effekterna var tillräckligt stora skulle detta leda till en investering i en ny dispergator.

3. Anaerob rötning och förbehandlingsmetoder

Anaerob nedbrytning är en process där olika grupper av mikroorganismer i frånvaro av syre bryter ned organiskt material. Schematiskt delas processen in i fyra steg. Första steget är hydrolysen där proteiner, fetter och kolhydrater bryts ner till aminosyror, fettsyror och enkla sockerarter. I nästa steg fermenteras aminosyror och enkla sockerarter till flyktiga organiska syror (VFA). Därefter bildas ättiksyra genom nedbrytning av långa fettsyror och VFA, i detta steg produceras vätgas. Biogas kan bildas på två olika sätt. En del av metanbildande bakterier (hydroklastiska metanbildare) konsumerar vätgas och koldioxid medan acetoklastiska metanbildare konsumerar ättiksyra (Persson et al 2010). Biogasen består av metan, koldioxid samt små mängder svavelväte, ammoniak och kvävgas.

Ett problem med röttningsprocessen är att inte allt organiskt material är tillgängligt för anaeroba bakterier. I rötningen av slam från reningsverk är bioslam det svåraste substratet att bryta ned i rötkammaren. Slamflockar från biosteget består av mikroorganismer, samt en större eller mindre del oorganiska partiklar, organiska fibrer, filamentbakterier, ”extra cellulära polymera substanser” (EPS) och joner (Bøgh 2002). EPS ”cementerar” slamkomponenter och består till största delen av polysackarider och proteiner men också i mindre mängd av lipider och nukleinsyror. Dessa substanser hindrar kontakten av flockarnas yta med mikroorganismer som är aktiva i nedbrytningen.

Ett sätt att förbättra rötningens effektivitet är att *förbehandla* slammet innan rötningen. Genom att använda kemiska, mekaniska och biologiska metoder bryts cellerna ner (lysering) vilket frigör organiskt och oorganiskt material (Nilsen och Jahn 1999). Olika förbehandlingsmetoder visas i Figur 3-1.

Figur 3-1 Slamförbehandling metoder (modifierat från Davidsson 2006).

Förbehandlingsmetoder		
		
Kemiska: NaOH KOH Mg(OH) ₂ Ca(OH) ₂ Syra Oxidation	Fysikaliska/mekaniska: Termisk behandling Frysning/avfrysning Ultraljud Elektrisk behandling Homogenisering Centrifugering Kvarn	Biologiska: Hydrolys Enzymdosering Aerobisk behandling

Fördelar med förbehandling av slam är (Davidson 2010):

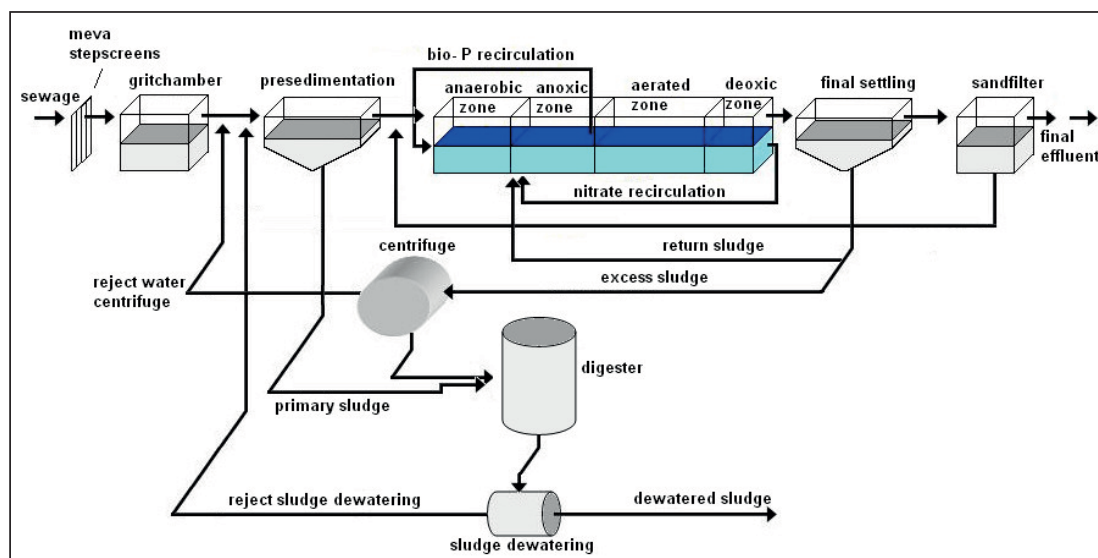
- Intensifiering av hydrolys och acidogenesis vilket förkortar uppehållstiden i rötammare
- Minskad slammängd
- Ökad avvattning och torrsubstans
- Ökad biogasproduktion och nedbrytning av flyktiga ämnen
- Minskat användande av flockningsmedel och polymerer
- I vissa metoder även eliminering av skumning och slamsvällning av slammet

4. Käppalaverket

Käppalaverket är ett avloppsreningsverk placerat på Lidingö norr om Stockholm. Verket invigdes 1969 och efter en stor ombyggnation, som var klar 2001, är det idag det tredje största reningsverket i Sverige. Det renar vatten från elva kommuner i norra Stockholm. Dessa är Sigtuna, Upplands-Bro, Upplands Väsby, Sollentuna, Solna, Täby, Vallentuna, Danderyd, Lidingö, Nacka och Värmdö (Thunberg 2007).

Käppalaverket är dimensionerat för 700 000 p e och nuvarande belastning är ca 580 000 pe. (2010). Vatten leds genom en 65 km tunnel och genomgår en mekanisk, biologisk och kemisk behandling och ett slutligt filtreringssteg. Det biologiska steget är en aktivslamprocess med UCT-konfiguration med möjlighet att utföra simultanfällning med tvåvärd järnsulfat. En tredjedel av flödet behandlas med bio-P. Primärslam och bioslam rötas och behandlas därefter med KemiCond® processen innan det pumpas till slangfilterpressar som effektivt avvattnar slammet till cirka 40 % torrsubstans (TS). Mängden borttransporterat slam var 19 100 ton för år 2010. Reningsprocessen och slambehandlingen vid Käppalaverket visas i Figur 4-1.

Figur 4-1 Schematisk bild över reningsprocessen inklusive slambehandlingen vid Käppalaverket (Thunberg 2011)



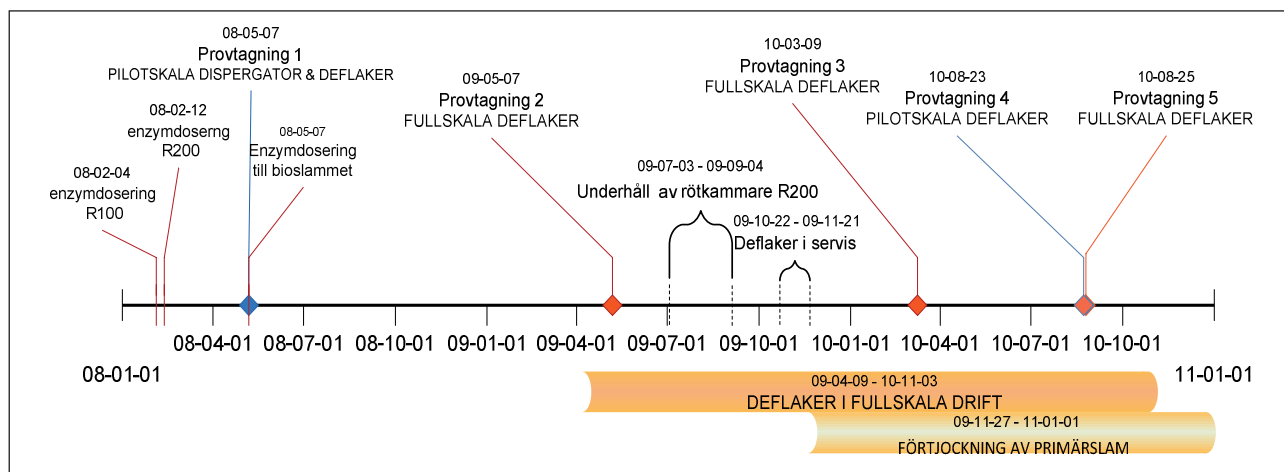
På Käppalaverket utförs mesofil rötning (35° C) i två rötkammare. Primärslam rötas i den första rötkammaren där uppehållstiden är cirka 17 dagar. Slammet pumpas därefter till den andra rötkammaren och rötas där tillsammans med förtjockat bioslam i cirka 11 dagar. Denna typ av tvåstegsrötning av primärslammet förhindrar skumningsproblem som kan inträffa när biogasproduktionen är hög samtidigt som filamenter finns i bioslammet. Volymen i varje rötkammare är 9 000 m³ (Sundin 2008). Den producerade biogasen behandlas i en vattenskrubber där metanhalten uppgraderas till 97 %. Därefter torkas gasen och transporteras som fordonsbränsle till SL.

5. Material och metoder

De första pilotförsöken i maj 2008 genomfördes båda med dispergator och deflaker (Sundin 2008). Efter installationen av deflakern i april 2009 har tre fullskaleförsök med tillhörande laborieförsök utförts. Dessutom har det initiala pilotförsöket utförts på nytt för att utreda om utrustningen som då användes kan ha påverkat resultaten. Utvärderingen pågick från 2008 till vinter 2010 (Figur 5-1).

Under utvärderingsperioden genomfördes också olika projekt som kan ha påverkat bioslammets egenskaper och den efterföljande biogasproduktionen. Två projekt som utfördes var enzymdosering under våren 2008 och förtjockning av primärslam som påbörjades i november 2009.

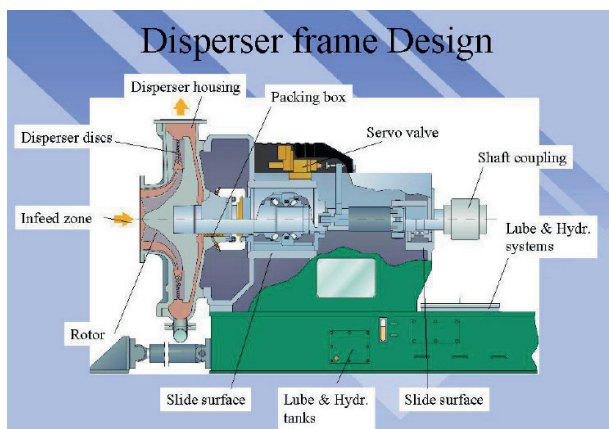
Figur 5-1 Utvärderingsperiod för mekanisk förbehandling



5.1 Dispergatormaskin

Krima Dispergator System TM (Figur 5-2, Figur 5-3) är en dispergator tillverkad av Cellwood Machinery™ och används i normala fall inom pappersmassaindustrin. Sedan 2004 använder Käppalaverket Krima dispergator för att behandla det grövsta materialet, så kallat rens, som fastnar på silgallren i den mekaniska reningen. Materialet kommer in i dispergatorn genom en inmatningszon och passerar genom roterande skivor med ett mellanrum på 0,2 mm. Skivorna har tänder som hjälper till att fördela materialet som passerar genom systemet. Finfördelat rens pumpas till rötchkammare tillsammans med primärslammet. Kapaciteten på Krima är 20 l/s (Sundin 2008).

Funktionen hos Grubbens Labyrinta Deflaker liknar den hos Krima dispergatorn men diametern på rotorn är mindre vilket ger en lägre hastighet vid behandling av materialet (Figur 5-4, Figur 5-5). Deflakern är mindre än dispergatorn från Krima och har lägre investerings- och driftskostnader. Den används främst för homogenisering av material med låg TS-halt som fibrer i massa- och avfallshantering. Materialet passerar genom fasta axiella rotorskivor och mellanrummet mellan skivorna kan enkelt justeras manuellt med en ratt. Kapaciteten på deflakern är 17 l/s (Sundin 2008).



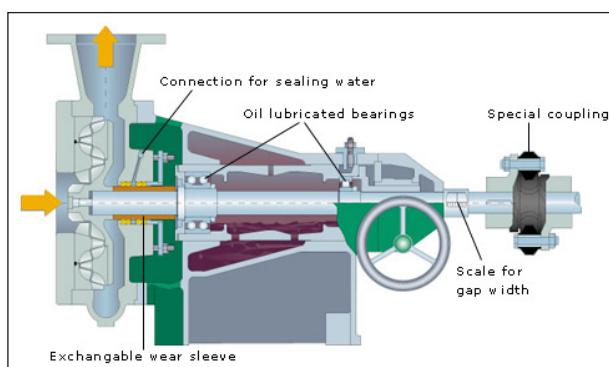
Figur 5-2

Schematisk bild över Krima Dispersator System (Cellwood, 2011).



Figur 5-3

Krima Dispersator System i fullskala på Käppalaverket.



Figur 5-4

Schematisk bild över Grubbens Labyrinta Deflaker (Cellwood, 2011).



Figur 5-5

Deflaker i fullskala på Käppalaverket.

5.2 Provtagning och analyser

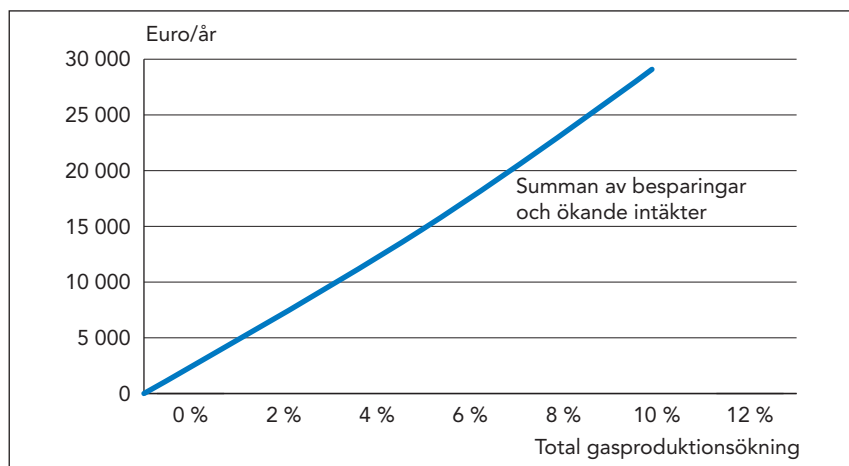
Mekanisk förbehandling gjordes av bioslam i pilot och fullskala. Prover togs ut före och efter behandlingen. Analyser skedde enligt följande:

- Analys av metanhalten: Rötningsförsök i laboratorieskala gjordes på Institutet för Jordbruk och Miljöteknik (JTI). Metanhalten analyserades med hjälp av gaskromatografi. Rötningsförsöken pågick under totalt 60 dagar per experiment.
- Övriga kemiska analyser: COD_{total} , löst ($COD_{löst}$),
- Fysikaliska analyser: torrsubstans (TS), glödningsrest (GR), viskositet (dock endast vid försöket i mars 2010)
- Biologiska analyser: mikroskopering för att analysera filamentbakterier i slammet

5.3 Ekonomisk analys

För att ta reda på hur mycket den totala biogasproduktionen måste öka för att förbehandling med deflaker ska bli lönsam har en ekonomisk analys genomförts (Figur 5-6). De totala årliga kostnaderna är en summa av

kapitalkostnader (avskrivningstid på 10 år, 6 % ränta och investeringskostnader), underhåll- och energikostnader medan summan av sparande och ökade inkomster utgörs av vinsten från försäljning av metan som bränsle och minskade slammängder. Analysen visade en utjämning (break-even) vid en 1,5 % ökning av den totala biogasproduktionen. Detta motsvarar en ökning av biogasproduktionen från överskottsslammet på minst 5,5 %. Dock bestämde Käppalaverket att sätta 5 % ökning av den totala biogasproduktionen som ett målvärde för projektet.

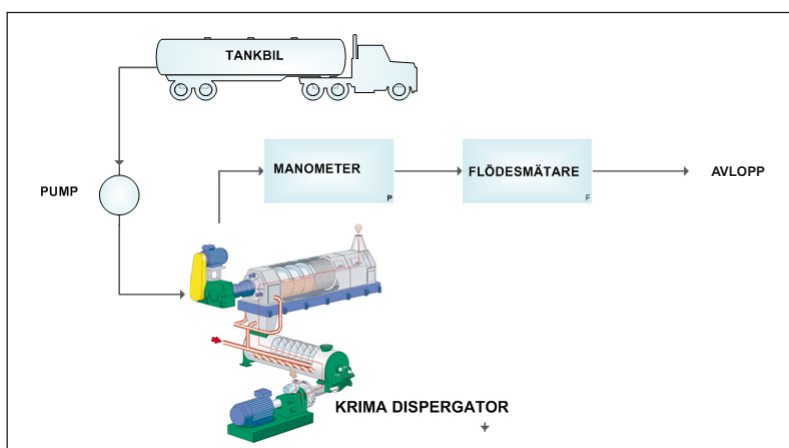


Figur 5-6 Ekonomisk analys.

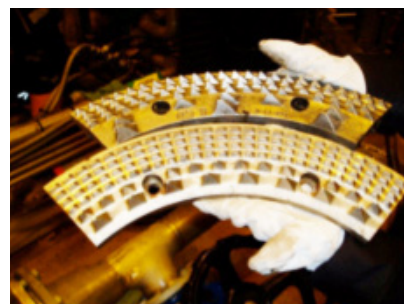
6. Dispergering med Krима dispergator i pilotskala (Försök 1)

6.1 Metod

Bioslammet pumpades från en tankbil (tankvolym 8 m³) med en matar-pump genom Krима dispergator (Figur 6-1). Två typer av skivor testades: "smalt utrymme" och "medium utrymme" (Figur 6-2). Efter behandlingen togs prover ut på slammet. En flödesmätare och en manometer installerades efter dispergatorn. Malspalten mellan de skärande segmenten var 0,2 mm.



Figur 6-1 Principskiss försökuppsättning.
Pilotskalaförsök med Krима dispergator.

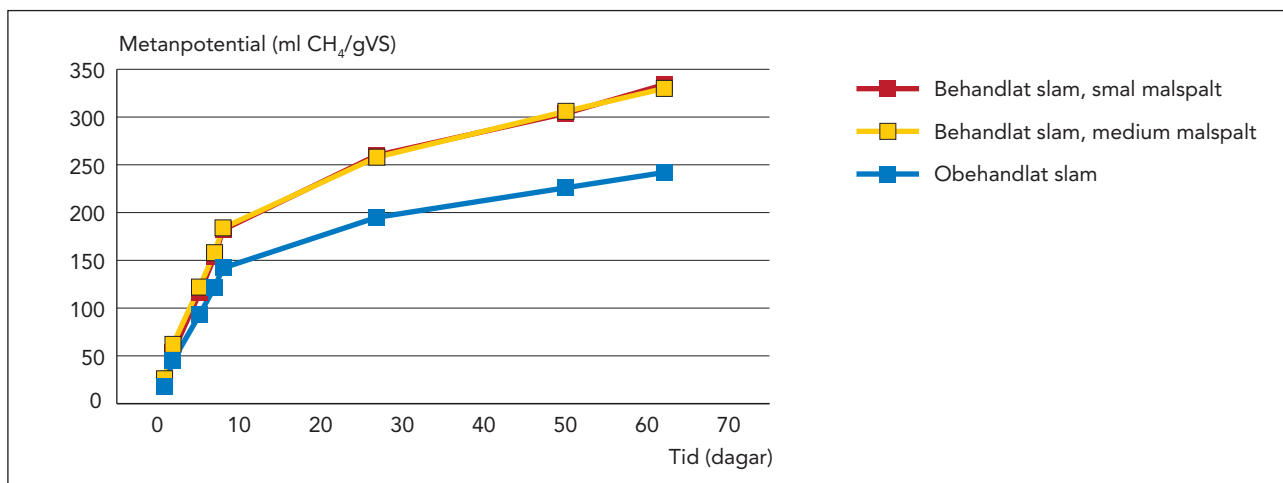


Figur 6-2
Skillnad mellan skivor med smalt utrymme (nedre segment) och medium utrymme (övre segment) (Sundin 2008).

6.2 Resultat och diskussion

Efter behandlingen med Krimas dispergator visade utrötningstest hos JTI i laboratorieskala en ökning av den specifika metanproduktionen på 33 % efter 11 dagars rötning vilket motsvarar 7 % ökning i den totala biogasproduktionen. (Figur 6-3). Det visade sig att byte av skivorna inte hade någon effekt på gasproduktionen. Vid försöket mättes dispergatorns elenergianvändning och var 2 kWh/ton slam.

Under försökets gång genomfördes ett annat projekt samtidigt där enzymer tillsattes röttkammarna för att öka nedbrytningsgraden. På grund av detta innehöll bioslammet som användes i försöket med deflakern och dispergatorn enzymer. Det finns en risk att enzymer kombinerat med mekanisk förbehandling kan ha bidragit till ökningen av biogasproduktionen. Däremot gav enbart enzymdosering ingen signifikant effekt på biogaspotentialen (Sundin 2008).

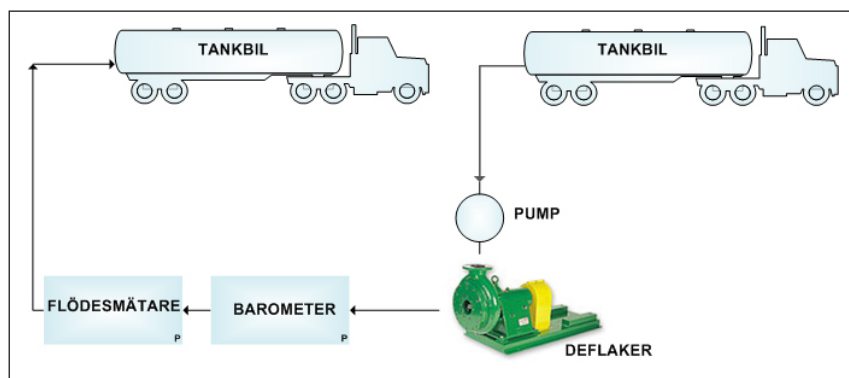


Figur 6-3 Försök 1. Specifik metanproduktion.
Förbehandling med Krima disperser.

7. Dispergering med deflaker i pilotskala (Försök 2)

7.1 Metod

Försöket utfördes parallellt med testet av Krima dispergatorn (se 6.1) för att se om det fanns någon skillnad i effektiviteten mellan de båda maskinerna. Vid testet av deflakern utfördes två behandlingscykler. Slammet pumpades ut från tankbilen via deflakern och därifrån kördes behandlat slam in i tankbilens extratank. Efter detta behandlades slammet i deflakern igen (Figur 7-1). En flödesmätare och en manometer installerades efter deflakern. Slammet kördes med ett recirkulationsflöde på 11 l/s. Malspalten var på 2 mm och mottrycket på 1 och 1,5 bar (Sundin 2008).

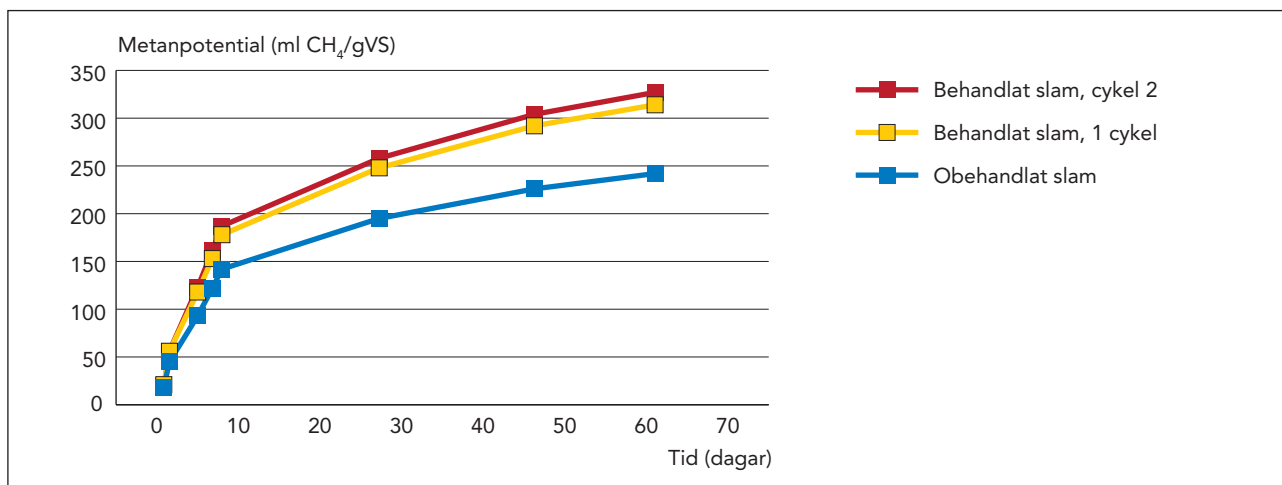


Figur 7-1 Principskiss försöksupställning.
Pilotskalaförsök med dispergatorn.

7.2 Resultat och diskussion

En 33 % ökning i specifik metanproduktion (7 % ökning i den totala biogasproduktionen) kunde ses efter 11 dagars rötning i laboratorieskala (Figur 7-2). Resultaten var desamma efter dispergering med dispergatorn (se 6.2). Deflakerns elenergianvändning var lägre än dispergatorns 0,75 kWh/ton slam. Testerna visade att den energieffektiva deflakern kan vara ett alternativ till för Krimas dispergator när det gäller förbehandling av bioslammet. Det visade sig att en behandlingscykel var tillräcklig för att öka nedbrytningsgraden av organiskt material i slammet eftersom skillnaden mellan den första och andra behandlingscykeln inte var signifikant.

Trots det positiva resultatet måste det understrykas att enzymbehandling gjordes också under det här försöket och vilket eventuellt kan ha påverkat resultatet.

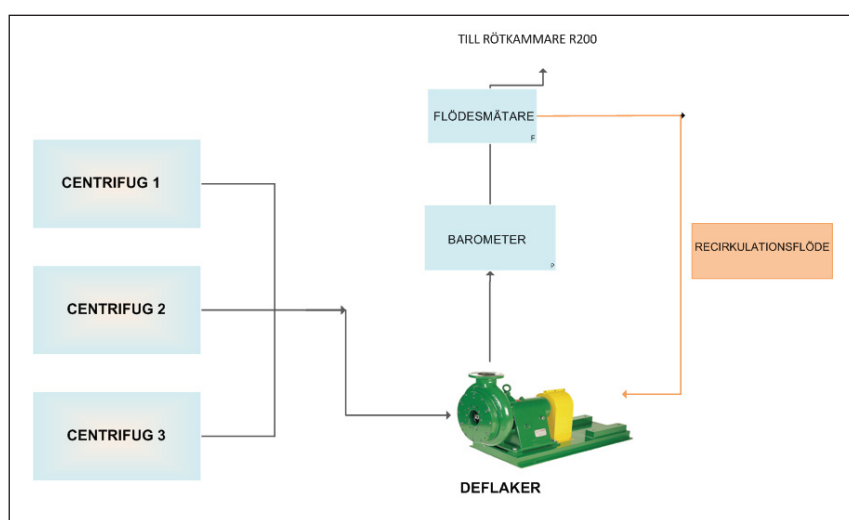


Figur 7-2 Försök 2. Specifik metanproduktion. Förbehandling med deflaker.

8. Dispergering i fullskala med deflaker och rötning i fullskala (Försök 3)

8.1 Metod

En deflaker installerades på Käppalaverket i april 2009. Allt överskottslam från tre förtjockarcentrifuger behandlades i deflakern innan rötning. Dessutom byggdes en ledning för att kunna recirkulera slammet flera gånger genom de malande skivorna i maskinen innan det beskickades till rötkammaren. Flödesmätare och manometer installerades efter deflakern (Figur 8-1).



Figur 8-1 Principskiss försöksuppställning.
Dispergering i fullskala med deflaker.

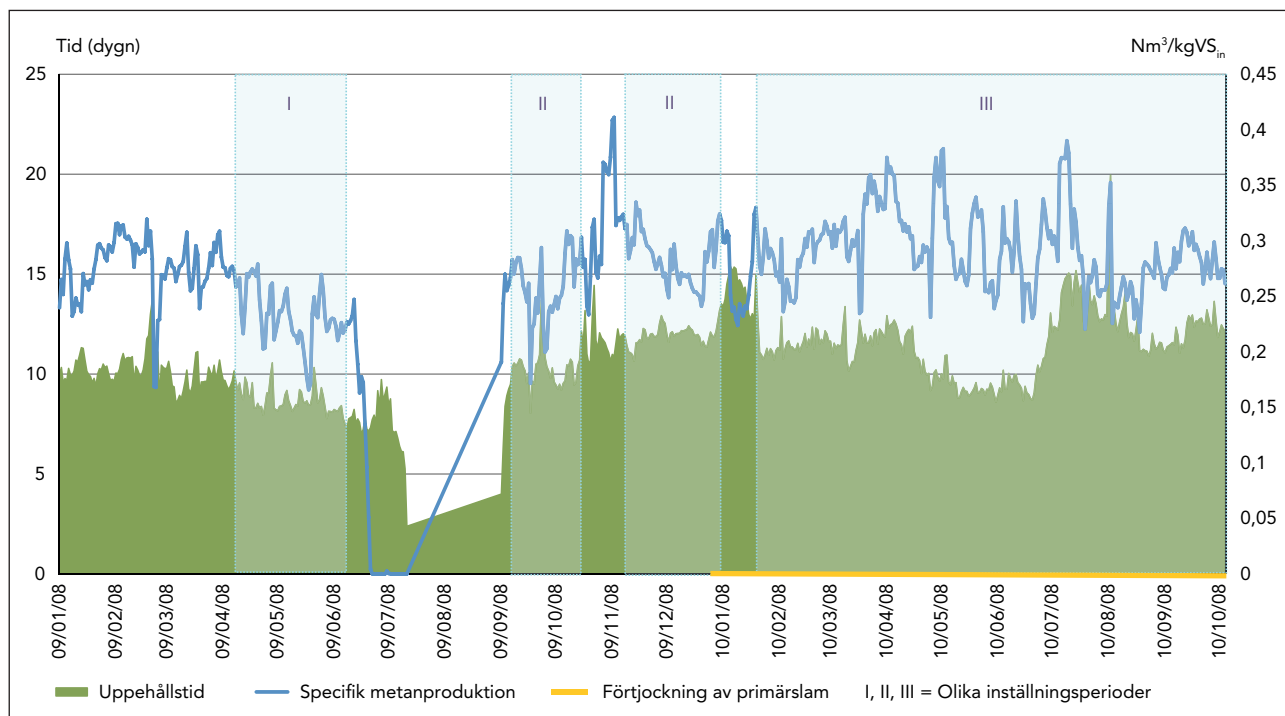
Efter installationen av deflakern följde en utvärderingsperiod av rötningsprocessen. Biogasproduktionen följdes upp on-line men också med hjälp av provtagning och rötning i laboratorieskala på JTI. Olika inställningar på flödet, malspalten och mottrycket testades under utvärderingen (Tabell 8-1). Energiinsatsen under inställningen I var 0,76 kWh/ton slam och under II och III var den 1,8 kWh/ton slam. Skillnaden i energiförbrukning mellan olika inställningar var på grund av varierande flöde av slammet genom deflaker. Det lägre flödet krävde högre energiförbrukning.

Tabell 8-1 Inställningar hos deflaker under dispergering i fullskala 2009–2010.

Parametrar	Inställning I 2.04.09–25.06.09	Inställning II 14.09–07.01.10	Inställning III 22.01–30.05.10
Flöde (l/s)	12,5	3-4	3- 3,2
Recirkulering	Ja	Nej	Nej
Typ av malsegment	Typ 1	Typ 1	Typ 2
Matspalt (mm)	0,6	0,3	0,2
Mottryck (bar)	0,3	1,5	1,3–1,6

8.2 Resultat och diskussion

Röttningsprocessen visas i fullskala under åren 2009–2010 i Figur 8-2. Den ljusblå bakgrunden på grafen markerar perioder när deflaker var i drift. Den specifika metanproduktionen i fullskaleprocessen berodde framför allt på variationer av uppehållstiden i rötkammare och ändringar i reningsprocessen (till exempel förtjockning av primärslam) som påverkade slamegenskaper. Det är därför som att man kunde inte hitta ett tydligt bevis på att behandling av bioslammet med deflakern påverkade metanproduktionen i rötkamrarna.



Figur 8-2 Försök 3. Specifik metanproduktion och uppehållstid i rötkammare.

9. Dispergering i fullskala med deflaker och rötning i laboratorieskala (Försök 4-6)

9.1 Metod

Under utvärderingsperioden har tre laboratorieskalaförsök utförts (Tabell 9-1). Under dispergering i fullskala (se 8.1) togs prover för analys av metanpotential.

Tabell 9-1 Inställningar hos deflakern under samtliga försök 2009–2010.

Parametrar	Försök 4 Provtagning 090507	Försök 5 Provtagning 100309	Försök 6 Provtagning 100825
Flöde (l/s)	12,5	3-4	3- 3,2
Recirkulering	Ja	Nej	Nej
Typ av malsegment	Normal	Med extra spår	Med extra spår
Matspalt (mm)	0,6	0,2	0,2
Mottryck (bar)	0,3	1,5	1,3- 1,6

Försök 4 (maj 2009)

Försök 4 kördes i maj 2009 där recirkulationsströmmen användes för att köra totalt 4 behandlingscykler. Med resultaten från det första pilotskaleförsöket (se 7.2), i åtanke minskade man malspalten till 0,6 mm och ställde mottrycket på 0,3 bar. Recirkulationsflöde var på 12,5 l/s. Provtagning gjordes efter varje behandlingscykel.

Försök 5 (mars 2010)

Under den nya försöksperioden (försök 5) gick bioslammet igenom en behandlingscykel, malspalten minskades till 0,2 mm och mottrycket lämnades oförändrat (1,5 bar). Flödet genom deflaker var 4 l/s. Dessutom installerades en ny typ av malsegment. Det nya malsegmentet hade utöver de existerande tänderna även spår frästa i vissa tänder vilket gav mer skäryta när skivor roterades.

Försök 6 (augusti 2010)

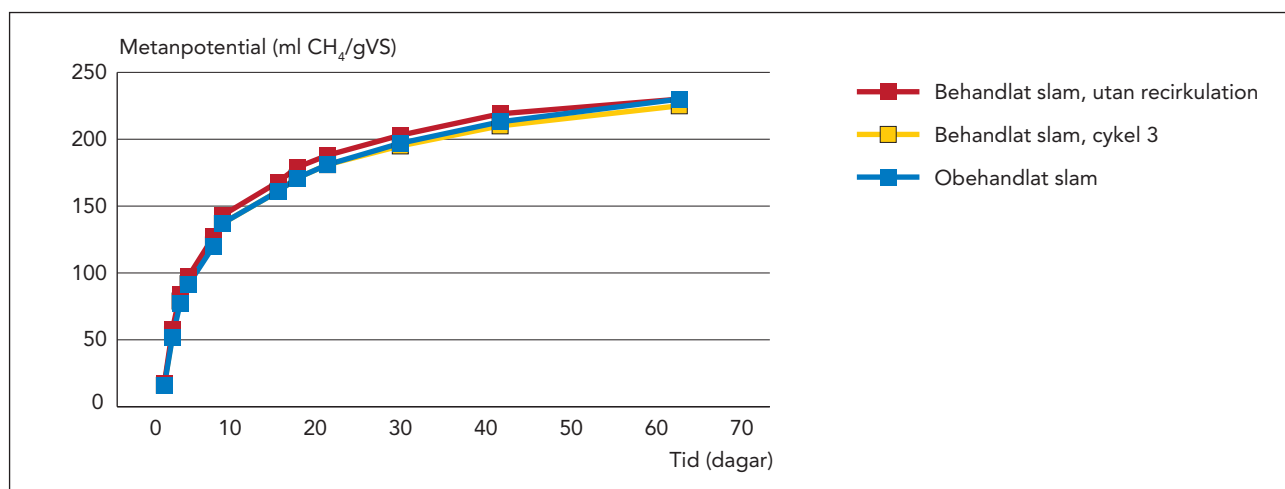
Inställningar vid försök 6 var samma som i försök 5; malspalten 0,2 mm, mottryck 1,3–1,6 bar, flöde 3–3,2 l/s och skivor med extra skåror i tänderna. Parallellt utfördes ett pilotskaleförsök (se 8.2) med samma förutsättningar. Analyser av processparametrar kunde därefter jämföras mellan pilot- och fullskaleanläggningen.

9.2 Resultat och diskussion

Försök 4 (maj 2009)

Resultaten visade att efter förbehandlingen med deflakern visade endast 5 % ökning i specifik metanproduktionen från behandlat bioslam från röttnings-

försök i laboratorieskala vilken motsvarar 1 % ökning av den totala biogasproduktionen (Figur 9-1). Recirkuleringen av bioslammet genom deflakern hade inte heller någon inverkan på biogasproduktionen i fullskalerötning varför funktionen togs bort.



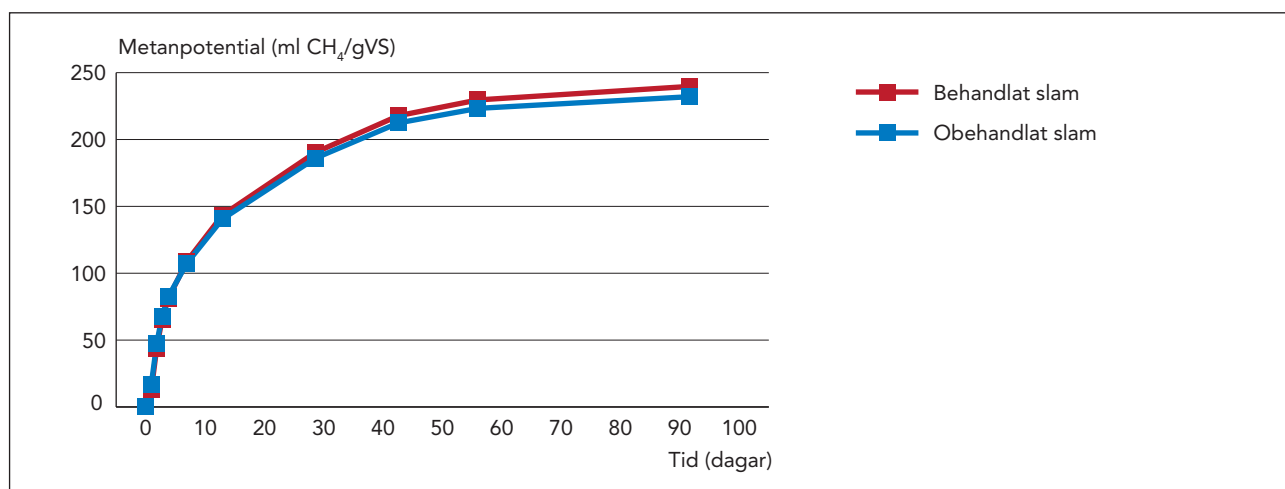
Figur 9-1 Försök 4. Specifik metanproduktion. Förbehandling med deflaker.

Kemiska analyser visade att obehandlat slam hade 0,3 % löst COD i den totala COD-halten. Den största ökningen i den löst COD som noterades var efter den andra recirkuleringscykeln (0,6 % COD_{löst} av COD_{total}) men någon påverkan på biogasproduktionen kunde inte noteras. Den var högre efter behandlingen utan recirkulation.

Ingen skillnad i filamentstorlek kunde noteras efter behandling med deflakern.

Försök 5 (mars 2010)

Utröttningsförsök visade bara 1 % skillnad mellan specifik metanproduktionen från obehandlat och behandlat slam vilket motsvarar 0,2 % ökning i den totala biogasproduktionen. (Figur 9-2). Minskad malspalt och byte av skivor hade ingen effekt på biogasproduktionen.

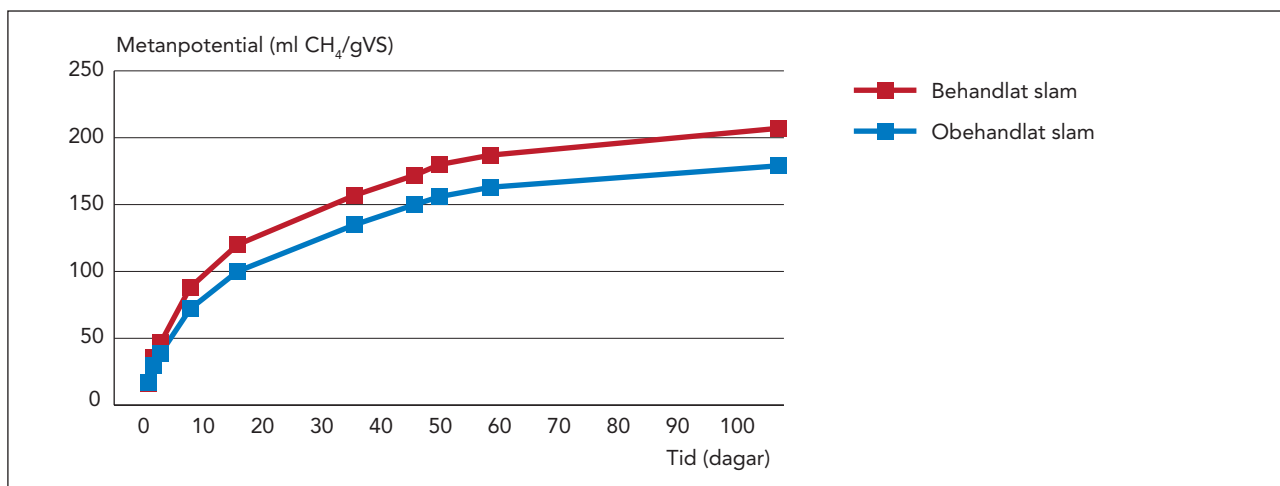


Figur 9-2 Försök 5. Specifik metanproduktion. Förbehandling med deflaker

COD_{löst} i bioslammet blev opåverkad efter behandlingen liksom som filamentlängder.

Försök 6 (augusti 2010)

Efter laboratorieskalerötningen kunde en ökning på 10 % av metanproduktion registreras vilket motsvarar 2 % ökning av den totala biogasproduktionen (Figur 9-3). Detta resultat var den största gasproduktionsökning som erhöles under uppföljningen av fullskaleförsöken.



Figur 9-3 Försök 6. Specifik metanproduktion. Förbehandling med deflaker.

COD_{löst}-halter ökade inte efter dispergering och filamentlängden blev inte heller påverkad.

Viskositetanalysen visade att behandlat bioslam hade lägre viskositet än obehandlat bioslam vilket innebär att deflaker kan underlätta pumpning av tjockt slam med hög TS till rötchammare.

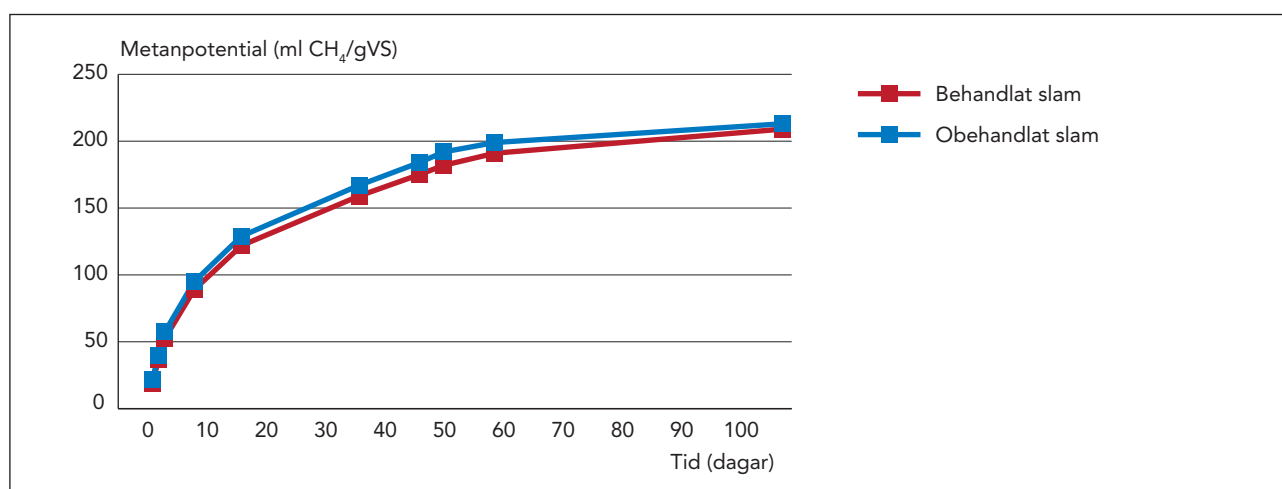
10. Dispergering med deflaker i pilotskala (Försök 7)

10.1 Metod

I augusti 2010 utfördes nya försök med syfte att upprepa de resultat som erhöles i pilotförsöket som utfördes i maj 2008 (se 7.2). I denna försöksomgång pumpades bioslammet en gång från tankbilen genom deflakern, istället för två gånger som var fallet i maj 2008 (se 7.1). Därefter togs prover ut för laboratorierötningsförsök. En flödesmätare och en manometer installerades efter deflakern. Flödet genom deflakern var cirka 3 l/s. Malspalten minskades till 0,2 mm och mottryck var 1,3–1,5 bar. Energianvändning var 1,8 kWh/ton slam och det var högre än vid pilotskala försök från 2008 (se 7.2) på grund av lägre flöde.

10.2 Resultat och diskussion

Efter rötningsförsök i laboratorieskala kunde ingen skillnad registreras i biogasproduktionen mellan obehandlat och behandlat slam (Figur 10-1). Resultaten från 2008 kunde inte reproduceras trots ett mindre avstånd mellan skivorna och lika inställningar på flödet och mottrycket.



Figur 10-1 Försök 7. Specifik metanproduktion. Förbehandling med deflaker.

Resultaten stämde inte alls med biogasproduktionen från försök 6 som gjordes parallellt där en 10 % biogasökning noterades (se 9.2). En förklaring till detta kan vara att substratet som kördes via fullskaleinstallerad deflaker kan ha innehållit mer organiskt material än det som behandlades i pilotanläggningen.

Resultatet från kemiska analyser av obehandlat och behandlat bioslammet visade ingen inverkan på lösligheten av COD efter behandlingen med deflakern. Dispergering av bioslammet med deflaker påverkade inte längden av filamentbakterier.

11. Slutsats och diskussion

- Fullskaleförsöken som utfördes under perioden 2009–2010 indikerar att dispergering med deflakern inte gav önskad 5 % ökning av den totala gasproduktionen. Den ökning som eventuellt uppnåddes var för liten för att kunna urskiljas i förhållande till övriga faktorer som kan medföra variationer i biogasproduktionen t.ex. förtjockning av primärslammet, temperatursvängningar, variationer i uppehållstid i rötkammare.
- Resultat från en kemisk analys av obehandlat och behandlat bioslam visade ingen utlösningseffekt av COD efter behandling med deflaker. Mikroskopiering av obehandlat respektive behandlat bioslam visade inte heller att dispergeringen påverkade längden av filamentbakterier.
- Trots de negativa resultaten har projektet med dispergeringsförsöken varit till nytta för andra reningsverk och bidrar positivt till VA-branschen. Det utgör ytterligare en pusselbit i sökandet efter metoder att öka gasutbytet vid rötning av slam från avloppsreningsverk.

12. Referenser

- Bøgh, A.-M. (2002). *Trådformiga bakterier och slamflockens uppbyggnad*. Vatten Spegeln 3/2002 Tillgänglig:<<http://www.kemira.com/regions/sweden/SiteCollectionDocuments/Kemira%20Water/Tr%C3%A5dformadebakterierRies.pdf>> (09-10-05).
- Cellwood Machinery. (2011). *Information about Deflaker och Dispersing System*. Tillgänglig: <<http://www.cellwood.se/English/Products/>> (11-01-05).
- Davidsson, Å. & La Cour Jansen, J. (2006). *Pre-treatment of wastewater sludge before anaerobic digestion – hygenisation, ultrasonic treatment and enzyme dosing*. Vatten 62 s. 335–340, Lund
- Flemming, H. C. & Wingender, J. (2001). *Relevance of microbial extracellular polymeric substances (EPS)-part I: structural and ecological aspects*. Water Science and Technology, 43:6, s. 1-8.
- Kemira. (2002). *Trådformiga bakterier och slamflockens uppbyggnad*. Vatten Spegeln 3/2002. Tillgänglig:<<http://www.kemira.com/regions/sweden/SiteCollectionDocuments/Kemira%20Water/Tr%C3%A5dformadebakterierRies.pdf>> (09-10-05).
- Nielsen, P.H. & Jahn, A. (1999). *Extraction of EPS*. s. 49–72. I J. Wingender, T.R. Neu & H.-C. Flemming (eds.), Microbial Extracellular Polymeric Substances. Springer-Verlag, Berlin.
- Sundin, A.-M. (2006). *Biogest 2006 – Final report of evaluation at Käppala WWTP*. Intern rapport Käppala Association.
- Sundin, A.-M. (2008). *Disintegration of Sludge – A way of optimizing anaerobic digestion*. The 13th European Biosolids & Organic Resources Conference & Workshop. Manchester, 2008. Tillgänglig:< <http://www.kappala.se>> (09-10-05).
- Persson, E., Ossiansson, E., Carlsson, M., Udal, M. & Olsson, L-E. (2010). *Rötning med inledande hydrolysteg för utökad metanutvinning på avloppsreningsverk och biogasanläggningar*. Svenskt Vatten. Rapport SGC 215 s.14
- Thunberg, A. (2007). *Energieffektivisering av luftningssteget på Käppalaverket, Lidingö*. Examensarbete i Miljö- och vattenteknik, Uppsala universitet, UPTEK W07 005.



Box 47607, 117 94 Stockholm

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se