

Genomgång av ED Biogas anläggning med fokus på design, konstruktion och säkerhet

– Slutrapport av delprojekt inom
GrönBostad Stockholm

Författare: Jesper Karlsson och Emelie Persson, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Medel från: Grön Bostad

Fotograf: Jesper Karlsson

Rapportnummer C399

ISBN 978-91-7883-050-3

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2019**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // Fax 010-788 65 90 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem



Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| Sammanfattning..... | 4 |
| Bakgrund och syfte | 5 |
| Metod..... | 6 |
| Resultat | 7 |
| Diskussion | 9 |
| Skriftliga referenser | 14 |
| Information hämtad från föredrag | 14 |



Sammanfattning

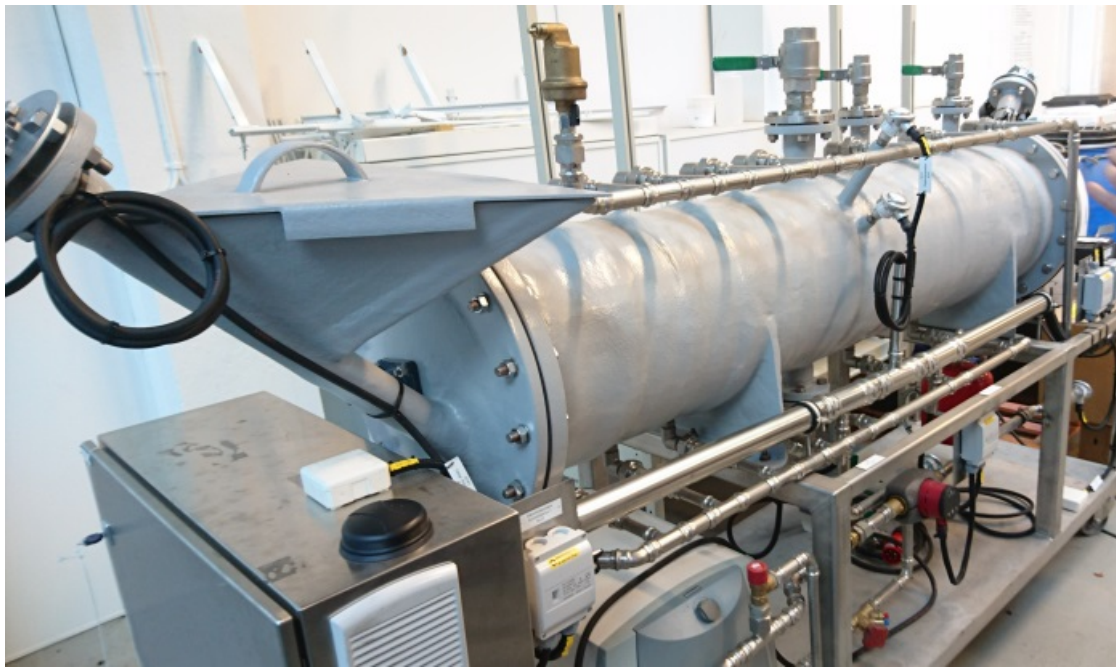
ED Biogas har utvecklat en pluggflödesreaktor för torrötning som är avsedd att behandla organiskt material som slam från kommunala avloppsreningsverk, slam från fiskodlingar och stallgödsel. Som uppdrag har IVL fått att genom besök hos svenska referensanläggningar identifiera risker och driftsproblem och återföra dessa till ED Biogas för produktutvecklingshjälp. De tre svenska anläggningarna som besöktes var HEMAB i Härnösand, Gästrike Ekogas AB i Gävle och Västblekinge Miljö AB i Mörrum. Det som är genomgående skillnad för ED Biogas tänkta inriktning och de befintliga svenska torrötningsanläggningarna är att huvudsubstraten där är insamlat matavfall från hushåll. Detta är i samtliga fall den största orsaken till driftsproblem i de mekaniska delarna. Förpackningar, bestick, plast och annat felsorterat material orsakar stopp i transportskruvar, ledningar och i värsta fall förstör utrustning. Eftersom ED Biogas i första hand har inriktat sig på slam från avloppsreningsverk och fiskslam som substrat så finns det ingen uppenbar risk för driftsproblem relaterat till felsorterat material, men det är ändå bra att försöka designa sin utrustning för att klara viss förekomst av mekaniska störämnen. Det är t.ex. bra att analysera hur risken för att material ska kunna kila fast mellan röt-kammarväggen och omröraren ska minimeras.

Bakgrund och syfte

Projektet omfattar 150 000 SEK vilket betalas från projektet Grön BoStad Stockholm som är finansierat av europeiska regionala utvecklingsfonden. Utförare av projektet har varit IVL Svenska Miljöinstitutet.

ED Biogas har utvecklat en pluggflödesreaktor för torrrotning som är avsedd att behandla organiskt material som slam från kommunala avloppsreningsverk, fiskrens och stallgödsel. Producerad biogas kan användas till el och värmeproduktion eller uppgraderas till fordonsgas. Det färdigrötade substratet kan sedan användas som biogödsel under förutsättning att regelverk som t.ex. SPCR 120 uppfylls.

Som uppdrag har IVL fått att genom besök hos svenska referensanläggningar identifiera risker och driftsproblem och återföra dessa till ED Biogas för produktutvecklingshjälp.



Figur 1. ED Biogas pluggflödespilot redo för test hos RISE.



Metod

Genomgång av ED Biogas pilotanläggning som står uppställd på RI:SE anläggning i Uppsala. Där kommer den att testköras under en tid för att utvärdera processen med ett förtjockat avloppsslam.

Studiebesök hos tre verksamma torrötningsanläggningar i Sverige och med genomgång av anläggningarna och samtal med driftspersonal med avseende på drift, process och arbetsmiljö för att hitta viktiga aspekter och områden där ED Biogas kan dra nytta av erfarenheter och problemlösning redan i utvecklingsfasen.

De anläggningar som besöktes var:

- HEMAB – Härmösand
- Gästrike Ekogas AB – Gävle
- Västblekinge Miljö AB – Mörrum

Utöver dessa finns nu även torrötningsanläggningen i Högbytorp i Stockholm, men denna var ej möjlig att besöka under projekttiden då anläggningen var under uppstart och ej övertagits av anläggningsägaren.

Då ED biogas pilot inte driftsatts inom tidsramen för projektet så har frågor avseende processen varit svåra att återkoppla.

Resultat

Det som är genomgående skillnad för ED Biogas tänkta inriktning och de befintliga svenska torrrotningsanläggningarna är att huvudsubstraten där är insamlat matavfall från hushåll. Detta är i samtliga fall den största orsaken till driftsproblem i de mekaniska delarna. Förpackningar, bestick, plast och annat felsorterat material orsakar stopp i transportskruvar, ledningar och i värsta fall förstör utrustning. Som förbehandling används exempelvis kross, stjärnsikt och magnetavskiljare, och för att minska problemen vid utpumpning på utgående rötrest har stenfång, där tyngre saker som metall och grus avskiljs, och en efterföljande kvarn installerats. Som en effekt av sönderdelande utrustning så blir driften stabilare men föroreningarna som följer med blir mindre och svårare att separera bort från utgående biogödsel.



Figur 2. Information till Gävles invånare för att minska största orsaken till driftproblem på biogasanläggningen.

Med mycket felsorterat i inkommande substrat kommer även omrörarna att påverkas. Alla besökta befintliga torrrotningsanläggningar har centrumaxel och axelmonterade paddelomrörare och en rotationshastighet på cirka 1 varv i minuten vilket ger en rejäl omrörning på de platser där paddlarna är monterade. En viss ansamling av framför allt plast på paddlarna kunde ses men utgjorde sällan problem i dessa fullskaleanläggningar (de flesta har dock ännu begränsad drifttid varför tiden kommer utvisa om detta blir ett problem).

Då huvudsubstrat hos de tre anläggningarna är matavfall (vilket är kväve och svavelrikt) så har det åtminstone periodvis uppkommit en anrikning av VFA (Volatile Fatty Acids) vilket har hämmat metanproduktionen och höga halter av svavelväte i gasen har skapat problem vid uppgradering. Tillsatser av spårämnen och järnföreningar har visat sig minska dessa problem hos anläggningarna. HEMAB har kunnat fördubbla belastningen utan större processtörningar efter processhjälpmedel i form av järn och spårämnen började tillsättas.

Återföring av rötrest som ymp till inmatningen för en snabbare process har testats på HEMAB men då TS-halten har sjunkit så har pluggflödet gått förlorat och effektiviteten minskat. Sporadiskt använder man dock viss återföring av rötrest/biogödsel till inkommande i rötchammaren, men då



med syfte att reglera/förtunna TS-halten. Detta görs när man ser att motståndet för omrörningen ökar.

Värmehållningen sker i samtliga fall via vattenmantlade röt-kammare. Temperatur mäts i reaktorens kortändar. Placeringen har haft avgörande betydelse för hur styrningen av processtemperatur fungerat. Då ingen anläggning har haft föruppvärmning av substraten så blir en mät-punkt i nära anslutning till inloppen missvisande och det blir problem att hålla den jämna temperatur som är optimal för processen.

Provtagningspunkter är en viktig aspekt för processövervakning och förutom ingående och utgående analyser så ger pluggflödesreaktorn möjligheten att följa processen över tid. De som kontinuerligt gjorde det var Gästrike Ekogas och där togs prover i tre punkter från toppen av reaktorn.

I bilagd excel-fil "Sammanställning studiebesök" finns en sammanställning över anläggningarnas utformning avseende teknik och process, samt identifierade problem uppdelat på process, drift och arbetsmiljö.

Diskussion

Konstruktion och säkerhet

Eftersom ED Biogas i första hand har inriktat sig på slam från avloppsreningsverk och fiskslam som substrat så finns det ingen uppenbar risk för driftsproblem relaterat till felsorterat material som bestick och förpackningar, såsom är fallet när man ska behandla matavfall. Men om sådana substrat skulle introduceras bör ett underhållsanpassat in och utmatningssystem utvecklas då man har valt skruvar i sin pilot. I fullskala är tanken att excenterskruvpumpar används som in och utmatning, men även dessa är känsliga för vassa/slitande material.



Figur 3. Igensatt transportör HEMAB.

ED biogas omrörningslösning går ut på att skovlar är placerade längsgående reaktorn med en skruvande lutning och lyfter substratet från botten till ytan och skapar därmed omblandning. Rotationshastigheten är 1-3 varv per dygn och ger därmed en obefintlig turbulens och en mycket låg energiåtgång. Detta är något som särskiljer ED biogas anläggning från de besökta torrrotningsanläggningarna där omrörningshastigheten är betydligt högre. Avståndet från skovlarna till reaktorns väggar hålls korta för att minska ett dödutrymme, men ändå inte skrapa bort mikroorganismer. Vi ser att det finns en risk att om substraten skulle innehålla större och hårdare bitar kan dessa kärva fast och få omröraren att stanna. En sådan händelse skulle potentiellt kunna orsaka ett allvarligt driftstopp om reaktorn i värsta fall måste tömmas och stängas ner för att bortföra föremålet.

Insidan av reaktorn samt även vingarna på skoveln är skrovliga för att gynna mikroorganismer att fastna på ytan. Under studiebesöket diskuterade vi om immobiliserade mikroorganismer verkligen skulle kunna ge en skillnad i processeffektivitet.

Viktigt vid utformning av provtagningspunkter är att genomföringen för provtagningsröret ska gå under ytan. Detta för att inte få in luft i reaktorns gasutrymme.

Temperaturen i ED biogas pilot mäts i reaktorns mitt på två olika djup. Det är en fördel då man skulle kunna använda temperaturskillnaden som utvärderingsparameter för både värmeöverföring samt omblandning. Dock saknas temperaturmätning vid reaktorns in och utlopp vilket gör det svårare att följa upp jämnheten under hela processen. (OBS. Om materialet ej förvärms bör temperaturgivare ej sättas alltför nära inloppet, se erfarenheter från VMAB).

ED biogas har planer på att förvärma det förtjockade slammet innan inmatning i en totalomblandad tank. Vi ställer oss tveksamma till att detta skapar en effektivare process i förhållande till ökade energikostnader, ytterligare utrustning och driftproblem. Om man inför ett inledande förhydrolyssteg, vilket kan bli effekten av en föruppvärmningstank, bör risk för vätgasbildning utredas. Vätgas utgör en explosionsrisk och högre krav på säkerhetsklassning krävs då av utrustningen. Om högre nedbrytningsgrad önskas uppnås är det mer fördelaktigt att koppla på en totalomrörd reaktor som efterrötningssteg istället, när TS-halten i materialet avsevärt sjunkit. Värmeöverföring i ett så tjockt material som exempelvis avvattnat avloppsslam kan bli knepigt i en föruppvärmning och omrörningen svår och energikrävande.

Något som är bra att ha i åtanke när man bedriver studier av teknik i mindre skala än vad som sedan kommer användas, såsom görs med den pilotanläggning ED biogas byggt upp, är att det finns skaleffekter som kan påverka funktionen av processen när man sedan byter skala. De mindre dimensionerna har troligen effekt på t.ex. pluggflödet.

Då rötningsprocessen producerar metan som är en explosiv gas ska anläggningen upprättas med en riskbedömning och en klassningsplan avseende explosionsfarliga områden för att kunna följa de lagar, förordningar och föreskrifter som gäller. Dessa samt allmänna råd, normer och standarder om elektriska installationer och utrustningar inom riskområde finns till exempel hos Elsäkerhetsverket, MSB och Arbetsmiljöverket samt Energigasnormen och SEK Handbok 426.

Processdesign

Det är troligt att återcirkulering av rötrest/biogödsel kan vara gynnsamt för processen, eftersom man då ympar in de mikroorganismer som tillväxer långsamt. I ett annat projekt, "Optimal drifttemperatur för torrrotning av matavfall" (E. Persson m.fl., 2019), som IVL projektlett parallellt med denna studie ses att en finsk anläggning (Labio Oy) har en väl presterande torrrottningsprocess med exempelvis lägre VFA-halter och högt metanutbyte, trots högre organisk belastning och kortare uppehållstid jämfört med de svenska anläggningarna (där ingen eller mycket liten/sporadisk återföring av biogödsel sker). För denna anläggning utgör 45 % av inkommande material till röt-kammaren återcirkulerad rötrest/biogödsel. Underlaget är för litet för att uttala sig om vad skillnaderna beror på, men det kan vara intressant att följa effekten av återcirkulering för processeffektivitet i torrrottningsanläggningar. En baksida med återcirkulering av biogödsel i en torrrottningsprocess är att det då finns en risk att TS-halten sjunker på ett sådant sätt att pluggflödet går förlorat. Hur återcirkulering för att återinympa processen med värdefulla mikroorganismer och bibehållandet av pluggflödet ska värderas gentemot varandra får ännu sägas vara outrett.

Det är bra att vara medveten om att val av processtemperatur har stor inverkan på biogasprocessen. En termofil process som drivs vid 53–55 °C har en högre nedbrytningshastighet och kan därför (vid stabil process i balans) drivas med en kortare hydraulisk uppehållstid (HRT), vilket förstås är fördelaktigt då mindre reaktorvolym/större behandlingskapacitet erhålls. En anledning till att termofil process är attraktivt är också att man då kan erhålla in-situ hygienisering, dvs man behöver ingen extern pastöriseringsenhet som krävs vid en mesofil process för att uppnå kraven enligt ABP-förordningen (Animaliska biproduktförordningen). En nackdel med en termofil process är att den är mer känslig för höga koncentrationer av löst kväve, eftersom mer av det lösta kvävet föreligger som ammoniak vid högre processtemperatur. Ammoniak är toxiskt för mikroorganismerna och kan därför inhibera eller helt "döda" en biogasprocess. Detta blir speciellt uttalat vid torrrotning, eftersom man här arbetar med högre koncentrationer och utspädda substrat, vilket gör att man generellt har högre koncentrationer av kväve i sina processer. I det parallella projektet "Optimal drifttemperatur för torrrotning av matavfall" (E. Persson m.fl., 2019) sågs att de termofila processerna (Ekogas i Gävle och under en period VMAB i Mörrum) var svårare att driva stabilt och med högt metanutbyte jämfört med de motsvarande mesofila (37–42

°C) processerna (HEMAB, Labio och fr.o.m. november 2017 VMAB). En av slutsatserna i det projektet var att om man vill bygga en termofil torrrottningsanläggning kan det vara klokt att förbereda för att man kan behöva gå ner i temperatur om det visar sig att det inte fungerar processmässigt. Det innebär att förbereda för att en extern pastöriseringsenhet kan behöva komma att införskaffas.

Förutom de traditionella temperaturområdena mesofil (ca 35–42 °C) och termofil (ca 50–55 °C) kan också temperaturer mellan dessa temperaturområden användas (Moestedt et al., 2014; Westerholm et al., 2015). En inledande labb-studie som gjordes inom projektet "Optimal drifttemperatur för torrrotning av matavfall" (E. Persson m.fl., 2019) visade att det går att er hålla in-situ hygienisering vid 48 °C för substratmixar med hög kvävehalt. Förmodligen är det då en kombination av temperatur och ammoniakkoncentration som ger den avdödande effekten. Det kan vara fördelaktigt att använda sig av en sådan mellantemperatur vid rötning av kväverika substrat, eftersom ammoniakinhiberingen blir lägre jämfört med en termofil process samtidigt som potentiellt högre metanutbyte och in-situ hygienisering kan erhållas. När man tittar på hygienisering i rötkammaren vid lägre temperaturer är det emellertid viktigt att ha i åtanke vad den minsta uppehållstiden för ens anläggning är. Flera anläggningar har uppmätt så korta uppehållstider som 10 h mellan in- och utmatning pga kortslutningsströmmar.

De teoretiska beräkningarna av värmebehov för olika processtemperaturer som gjordes i projektet "Optimal drifttemperatur för torrrotning av matavfall" (E. Persson m.fl., 2019) visade att om inget pastöriseringssteg skulle behövas för att uppnå hygienkrav enligt ABP-föreskrifterna för hög mesofil temperatur (42 °C), skulle 16–21 % respektive 22–25 % mindre värmebehov jämfört med mesofil (39 °C) och termofil (52 °C) rötning behövas. Förutsätter man istället att ett separat pastöriseringssteg behövs för att uppnå hygienisering i enlighet med ABP-förordningen såväl för den mesofila som hög-mesofila temperaturen kan värmebehovet bli likartat för såväl mesofil, hög-mesofil och termofil torrrotning om möjlighet till kortare uppehållstid medräknas för ökad temperatur.

En sammanställning över processprestanda för VMAB, HEMAB, Ekogas samt den finska anläggningen Labio finns med i slutrapporten som publiceras hos Energiforsk under våren för projektet "Optimal drifttemperatur för torrrotning av matavfall". Här redovisas exempelvis metanutbyte, organisk belastning (OLR), VFA, VS-reduktion, hydraulisk uppehållstid (HRT), pH, ammonium, ammoniak samt el- och värmeförbrukning för dessa anläggningar under en 3-månaders försöksperiod under 2018. Även om detta gäller för matavfall kanske det kan tjäna som lite referens- och jämförelsevärden för ED biogas utveckling av sin process.

Substrat

Tekniska verken i Linköping har gjort försök med efterrötning av avvattnat avloppsslam i en torrrottningspilot. Anledningen till försöken var bl.a. att man ville utnyttja mer av slammets biogaspotential och därmed också minska risken för metanemissioner vid långtidslagring av slam, samt få en hygienisering av slammet. Samtidigt ifrågasatte man resurseffektiviteten att efterröta slam med TS 3%, varför torrrotning valdes som metod. Försöken gav goda resultat och processen kan komma att installeras när/om hygieniseringskrav på slam blir aktuellt. Vid förfrågningar hos leverantörer var det dock ingen som vågade lämna garantier då TS-halten på slammet i reaktorn blir så hög. Processen blev kraftigt ammoniakinhiberad och utgående material var "dött" pga de höga ammoniakhalterna (trots att det fanns VFA kvar). De höga ammoniakhalterna som erhöles i torrrottningsreaktorn blev således så höga att dessa i sig innebar en hygienisering. Effekten med att så höga ammoniakhalter erhöles att biogasprocessen helt upphörde bedömdes uppkomma efter att materialet passerat ungefär halva reaktorslängden i pilotanläggningen som användes. (Moestedt, 2018).

Försöken i Linköping bedrevs vid 52 °C, ca 40 liter aktiv röt-kammarvolym, beskickning med cirka 1 kg/dygn i genomsnitt, belastning ca 6–6,5 kg VS/m³ RK och dygn och beräknad uppehållstid 30–36 dagar. Slammet som användes hade en TS-halt på ca 30–35 % och halten ammoniumkväve var ca 2000 mg/kg. Man gjorde två olika test för att verifiera pluggflödet, ett med litium och ett med plastkolor. Kortaste exponeringstid visade sig vara 19 dagar, vilket visade att pluggflödet fungerade fint. Försöken visade att 6 % ökad biogasproduktion skulle kunna erhållas om torrötningssteget skulle implementeras, samtidigt som fullgod hygienisering av slammet erhöles. Lab-försök vid rumstemperatur visade även att metanemissionerna kunde reduceras med 98 % efter 30 dagars lagring jämfört med om slammet ej hade torrötats i ett efterrötningssteg (med torrötning 30 ton CO₂-ekvivalenter, utan torrötning 820 CO₂-ekvivalenter). Man erhöles även en positiv energibalans vid beräkningar om tekniken skulle installeras. (Moestedt, 2018)

Rester från fiskeriindustri är ett substrat, som vid sidan om avloppsslam, ED biogas särskilt intresserat sig för. I en norsk potentialstudie uppskattas biogaspotentialen enbart från norsk fiskeindustri motsvara ca 640 GWh/år (Hämtat från J. F. Cabell, NIBIO, från NBC 2019 i Oslo, ursprunglig referens Raadal et al, 2008, Potensialstudie for biogass i Norge). Norge har vidare som mål att 5-faldiga sin fiskodling till år 2050, vilket skulle motsvara 6 515 GWh/år endast från fiskslam (J. F. Cabell, NIBIO). NIBIO, ett stort norskt forskningsinstitut, presenterade försök de gjort med fiskslam (fiskbajs och foderrester) respektive fiskensilage (död fisk och fiskrens) på Nordic Biogas Conference i april 2019 (J. F. Cabell, NIBIO, Norwegian Institute of Bioeconomy Research. Biogas in Norway and its role in the new circular bioeconomy). Slutsatsen var att fiskslam är omöjligt att röta ensamt pga det höga kväveinnehållet, men en blandning av 20 % fiskslam och 80 % gödsel gick att driva stabilt och närmare tredubblade metanutbytet jämfört med enbart gödsel i reaktorn. Även för fiskensilage var blandningsförhållandet 20:80 det som gav bäst resultat. Liknande resultat presenterades under konferensen av Maria Estevez från Aquateam Cowi, där en ökning från 20 % till 30 % av fiskslam vid termofila samrötningsförsök med avloppsslam från Bergens avloppsreningsverk gav en processkollaps. De termofila försöken med samrötning med fiskslam uppgavs generellt vara instabila (M. Estevez m.fl., posterpresentation på Nordic Biogas Conference i Oslo april 2019).

Torrötning vs våtrötning

När referensgruppsmöte hölls i februari 2019 för projektet "Optimal drifttemperatur för torrötning av matavfall" (E. Persson m.fl., 2019) diskuterades huruvida torrötning kan bli/är en konkurrerande metod jämfört med våtrötning. E.on berättade då att de valde torrötning till sin nya anläggning på Högbytorp pga minskade volymer biogödsel (biogödselhanteringen en stor kostnad för denna lokalisering). En nackdel som togs upp med en torrötningsanläggning jämfört med våtrötningsanläggning var större begränsning avseende substrat, då alltför låga TS-halter ej kan hanteras. En annan skillnad mellan våt- och torrötning är skillnad i hur matavfall förbehandlas. Mindre resurser läggs på förbehandling av matavfallet vid torrötning. Hur detta påverkar kvaliteten på biogödseln med avseende på synliga föroreningar samt den sammanlagda processprestandan är ännu ej utrett. Erfarenheterna hitintills indikerar att om biogödseln avvattnas blir den flytande fraktionen fri från synliga föroreningar, medan efterbehandling krävs för att få bort orenheterna som hamnar i den fasta fraktionen. VMAB har inte lyckats sortera bort plast etc från sin fasta fraktion av biogödsel i tillräcklig grad varför denna i nuläget förbränns. Det krävs mer drifterfarenheter från torrötningsanläggningar innan helhetsbilden är klar.

Nytt regelverk avseende slamspridning

Regeringen har startat en utredning avseende hur ett förbud mot spridning av slam från avloppsreningsverk på åkermark kan utformas. Utredningen ska också ta fram förslag på krav för att återvinna fosfor ur avloppsslam. Utredningen ska presenteras den 15 september 2019. Beroende på dess utfall så kommer avsättningen för slam från avloppsreningsverk kraftigt begränsas. Det finns en möjlighet att REVAQ-certifierat slam kan komma att undantas förbudet mot slamspridning på åkermark, men det återstår att se. Kvarstående alternativ är bland annat förbränning av slammet. Avsättning av slam för täckning av deponier minskar över tid, då flera deponier börjar nå full mottagningsförmåga. Vi ser då att ED-Biogas anläggning t.ex. skulle kunna användas på reningsverk med befintlig rötning som efterrötkammare för det rötade och avvattnade slammet för att ytterligare reducera mängden organiskt material och därmed minska mängden slam för avyttring/förbränning (och samtidigt producera mer biogas). Det är sannolikt att ökad utröttningsgrad och därmed ökad reduktion av slamvolymen kommer att bli än mer viktigt i och med det kommande nya regelverket för avloppsslamhantering. En annan följd av utredningen kommer att vara huruvida hygienisering av slam kommer vara en viktig funktion eller ej. Om REVAQ-certifierat slam kommer att undantas spridningsförbudet kommer detta slam fortfarande kunna bli aktuellt för krav avseende hygienisering. Vad gäller röttningsanläggningar för slam innebär detta att effektiva röttningsprocesser kommer att vara fortsatt viktigt eller ännu viktigare, samt att hygienisering av slam kan komma att bli ointressant om inget slam får spridas på produktiv mark.



Skriftliga referenser

E. Persson, M. Westerholm, A. Schnürer, A. Nordin, D. Tamm, U. Nordberg, (2019). Dry anaerobic digestion of food waste at mesophilic and thermophilic temperature, Rapport Energiforsk 2019.

Moestedt, J., Nordell, E., Schnürer, A., 2014. Comparison of operational strategies for increased biogas production from thin stillage. J Biotechnol. 175, 22-30.

Westerholm, M., Müller, B., Isaksson, S., Schnürer, A., 2015. Trace element and temperature effects on microbial communities and links to biogas digester performance at high ammonia levels. Biotechnol Biofuel. 8, 1-19.

Information hämtad från föredrag

Moestedt, J. (2018). Termofil torrötning av avvattnat rötslam. Presentation av Tekniska verken i Linköpings försök på referensgruppsmöte i projektet "Optimal drifttemperatur vid torrötning av matavfall" 2018-04-03. Projekt finansierat av Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2015-05 (<https://www.tekniskaverken.se/siteassets/tekniska-verken/innovation/torrotning-av-avvattnat-rotslam-vid-termofil-temperatur.pdf>)

Joshua F. Cabell, NIBIO, Norwegian Institute of Bioeconomy Research. Biogas in Norway and its role in the new circular bioeconomy. Presentation på Nordic Biogas Conference, Oslo 2019-04-10. <https://az659834.vo.msecnd.net/eventsairwesteuprod/production-gyroconference-public/d73813c7e2cf480593699af01d3cbd12>

M. Estevez, R. Tomczak-Wandzel, K. Akervold, O. Tornes (2019). An example of the circular economy of biogas: combining aquaculture waste resources with green energy production and resource recovery. Poster presentation på Nordic Biogas Conference i Oslo april 2019.

Bilaga 1: Problem identifierade på referensanläggningar

| HEMAB Härnösand | |
|---|---|
| Problem | Åtgärd |
| <i>Process</i> | |
| Mycket svavelväte | Tillsats av FeOH |
| Låg gasproduktion trots ökad belastning | Kommande spårämnestillsats |
| Hög VFA | Minskad belastning Spårämnestillsats hjälpande? |
| Problem | Åtgärd |
| <i>Drift</i> | |
| Mycket skräp i matavfallsinsamlingen | Information till hushåll. Kvarn och stenfång innan utloppspump. |
| Mycket skräp i matavfallsinsamlingen | HEMAB har ingen magnetavskiljare före krossen, men uppger att det vore en fördel att ha en utrustning som kunde avskilja större hårda föremål innan krossen för att skydda denna. |

| EKOgas Gävle | |
|--|--|
| Problem | Åtgärd |
| <i>Process</i> | |
| Pluggflödesbortfall | Tillsats av parkavfall |
| Hygienisering. Specifikt Enterokocker har återfunnits i rötrest. | |
| Problem | Åtgärd |
| <i>Drift</i> | |
| Mycket skräp i matavfallsinsamlingen | Information till hushåll. Kvarn och stenfång innan utloppspump. |
| Problem | Åtgärd |
| <i>Arbetsmiljö</i> | |
| Lukt i mottagning | Ventilation via biobädd |
| Metanslip från sedimentering | Överdäckning |
| Provtagning från topp | Anpassade redskap |

| VMAB Mörrum | |
|---|--|
| Problem | Åtgärd |
| <i>Process</i> | |
| Mycket svavelväte | Tillsats av PIX |
| Låg gasproduktion trots ökad belastning | Spårämnestillsats. Belastningen kunde ökas från 3,5 kg VS/m ³ , dag till 6-7 kg VS/m ³ , dag efter spårämnestillsats. Kostnad spårämnena uppgår till 0,5 Mkr/år. |
| Temperaturreglering. Temp. givare är placerade för nära uppvärmningsledningen vilket ger felaktig angivelse av temperatur. Även felaktig placering av 1:a temp givaren som satt för nära inloppsledningen vilket gav felaktig temp (om jag minns rätt?). | När den ena reaktorn ändå skulle tömmas ner passade driftpersonalen på att förflytta temp. Givarna. Styrning av temp. sker nu baserat på denna reaktor och den andra reaktorn antas ha samma värmeregleringsbehov. |
| Erhåller mycket rejekt i den stjärnsikt som används för utsortering av oönskade ämnen och det bedöms som att onödigt mycket rötbart material följer med rejektet, dvs man erhåller oönskat stora förluster av rötbart material. 17-18 % erhålls som rejekt. | Kör ibland om rejektet en gång till genom förbehandlingen. |
| Kvalitet på accept. Trots relativt stor andel rejekt finns mycket föroreningar i form av plast kvar efter förbehandlingen som förorenar biogödseln. | Fasta fasen från biogödseln förbränns då plasten ej går att avskilja från denna. |
| Processinstabilitet. Tidigare har försök gjorts för att köra processen vid termofil temperatur för att slippa externa hygieniseringstankar. Processen har dock inte lyckats drivas stabilt vid denna temp (förmodligen pga ammoniakinhibering). | Processen drivs nu vid mesofil temperatur och externa hygieniseringstankar håller på att byggas för att erhålla godkänd hygienisering. |
| Pluggflöde. 1/2 av RK volymen tros vara totalomblandad. | |



| Problem | Åtgärd |
|--|---|
| Drift | |
| Mycket skräp i matavfallsinsamlingen | Kvarn och stenfång innan utloppspump. |
| Utmatning från RK. Blir stopp i renskäraren. Utmatning sker därför endast dagtid när anläggningen är bemannad. Rensskäraren krävs för att skona efterföljande slangpump. | Ska prova att förtunna med fettavskiljarslam som strategi att lösa problemet. |
| Provtagningspunkter. Provtagningspunkterna längs med reaktorslängden fungerar ej. Blir igensatta och har ej kunnat nyttjas. | |
| Problem | Åtgärd |
| Arbetsmiljö | |
| Dålig arbetsmiljö vid förbehandling av matavfall pga öppen mottagning och hantering. | Inget verkade vara på gång. |

Grön BoStad Stockholm

Samverkan för hållbar stadsutveckling

Projektet Grön BoStad Stockholm har som syfte att bidra till hållbar stadsutveckling i Stockholmsregionen och att stödja övergången till en koldioxidsnål ekonomi genom att undanröja hinder för tillväxt i små och medelstora företag (SME). Projektet pågår mellan 2016 – 2019 och genomförs av fyra projektpartners: KTH Centrum för hållbart samhällsbyggande, IVL Svenska Miljöinstitutet, Sustainable innovation och Länsstyrelsen Stockholm. Projektet finansieras av EU:s regionala utvecklingsfond.



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden