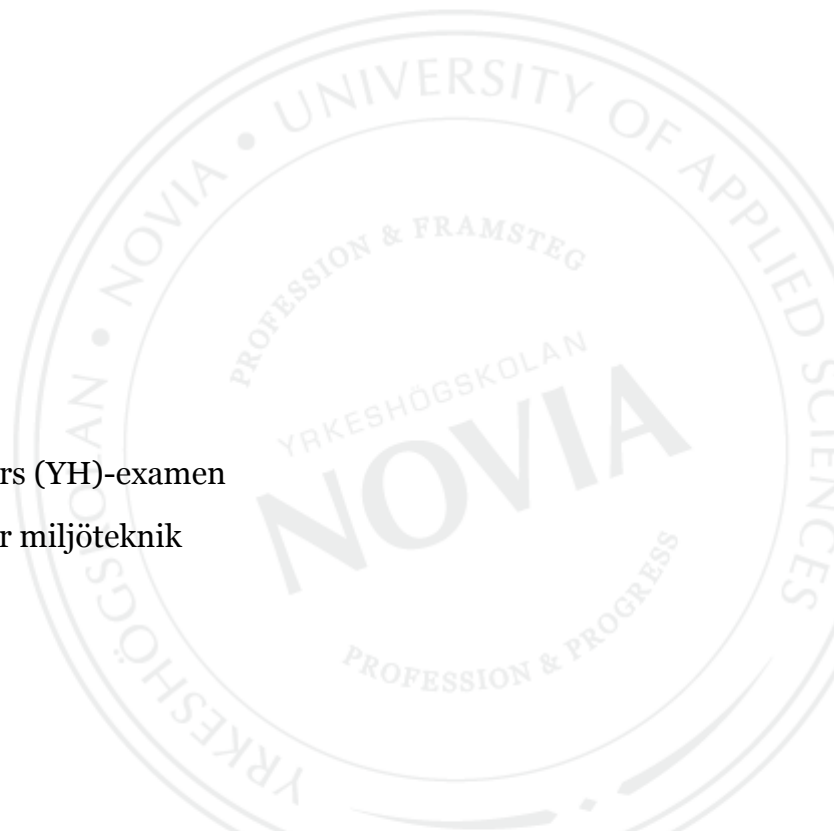


En utredning av tänkbara reningsmetoder för rejektivatten från rötrest

Jeppo Biogas Ab

Isabella Saari

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för miljöteknik
Vasa 2015



EXAMENSARBETE

Författare: Isabella Saari

Utbildningsprogram och ort: Miljöteknik, Vasa

Handledare: Niklas Frände / Kurt Stenvall

Titel: *En utredning av tänkbara reningsmetoder för rejektivatten från rötrest – Jeppo Biogas Ab.*

Datum: 6.12.2015

Sidantal: 31

Bilagor: 2

Abstrakt

Detta examensarbete är utfört åt Jeppo Biogas Ab, inom energibyprojektet vid forskning och utveckling, Yrkeshögskolan Novia i Vasa. I detta arbete görs en utredning av två stycken möjliga reningsmetoder för rejektivatten från rötrest för att slutligen tillämpas vid biogasanläggningen i Jeppo. Rötresten uppstår som en biprodukt vid produktion av biogas och transporteras till jordbrukarna som biogödsel. Genom avvattning av rötrest bildas en fast fas samt en vattenfas, där vattenfasen kallas rejektivatten. Genom att hantera rejektivattnet kan man uppnå en högre näringsammansättning och torrsubstanshalt i den fasta fasen. Samtidigt leder hantering av rejektivatten till att en gödselprodukt för förädling bildas, eftersom oavvattnad rötrest innehåller till största delen vatten. Hanteringen bidrar även till lägre transportkostnader. I examensarbetet behandlas dessutom metoder som använts för genomförandet av detta arbete samt biogasanläggningens biogasprocess, från råmaterial till biogas- och rötrestförädling.

Målet med uppgiften var att göra en utredning över möjliga reningsmetoder som kunde tillämpas för att hantera rejektivattnet vid biogasanläggningen i Jeppo. Reningsmetoden skulle bidra till att avlägsna den mängd fosfor och kväve från rejektivattnet som möjligt, och produkten som bildas vid hanteringen skulle kunna förädlas som gödselmedel.

Examensarbetet resulterade i två stycken tänkbara reningsmetoder för rejektivatten för att tillämpas vid biogasanläggningen i Jeppo. Reningsmetoderna ger upphov till gödselprodukter.

Språk: svenska

Nyckelord: rejektivatten, rötrest, biogas, näringsammansättning, torrsubstanshalt, råmaterial, fosfor, kväve

BACHELOR'S THESIS

Author: Isabella Saari

Degree Programme: Environmental Engineering

Supervisor: Niklas Frände / Kurt Stenvall

Title: *An investigation about possible cleaning methods from sludge to wastewater – Jepuan Biokaasu Oy.*

Date: 6.12.2015

Number of pages: 31

Appendices: 2

Abstract

This thesis is conducted for Jepuan Biokaasu Oy within the Energy-Village-project for research and development at Novia University of Applied Sciences in Vaasa. This thesis presents an analysis of two possible purification methods for wastewater from sludge to be used at the biogas plant in Jeppo. The sludge results as a by-product in the production of biogas and is transported to the farmers as digestate. By treating the sludge, one can achieve a solid phase and an aqueous phase where the aqueous phase is called wastewater. By treating the wastewater, one can achieve a higher nutrient composition and a higher dry substance content of the solid phase. The outcome of this is a fertilizer product to be refined and lower transport costs because the sludge contains mostly water. This thesis also describes the methods which has been used in this work, and the biogas process of the biogas plant, from raw material to biogas- and sludge refinement.

The aim of this study is to examine possible purification methods that could be used to treat wastewater at the biogas plant in Jepua. The aim is also that the possible purification method could contribute to removing a certain amount of phosphorus and nitrogen from the wastewater, and the product which could be produced, could be refined as a fertilizer product.

This study resulted in two possible purification methods to be used at the biogas plant in Jepua. The purification methods contribute to fertilizer products.

Language: Swedish

Key words: wastewater, sludge, biogas, nutrient composition, dry substance, raw material, phosphorus, nitrogen

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Isabella Saari

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Ympäristötekniikka, Vaasa

Ohjaaja: Niklas Frände / Kurt Stenvall

Nimike: *Tutkimus mahdollisista puhdistusmenetelmistä liejijätteen hukkavedelle – Jepuan Biokaasu Oy.*

Päivämäärä: 6.12.2015

Sivumäärä: 31

Liitteet: 2

Tiivistelmä

Tämä lopputyö on tehty Jepuan Biokaasu Oy:lle, Yrkeshögskolan Novian tutkimukseen ja kehitykseen kuuluvaan energiakyläprojektissa Vaasassa. Tässä työssä tutkitaan kahta eri mahdollista puhdistusmenetelmää liejijätteen hukkavedelle jota lopullisesti käytetään biokaasulaitoksessa Jepualla. Liejijäte syntyy sivutuotteena biokaasutuotannossa ja tätä biokaasulaitos kuljettaa viljelijöille. Käsittelemällä liejijätettä saadaan kiinteä vaihe ja vesivaihe, ja vesivaihe on nimeltään hukkavesi. Käsittelemällä hukkavettä voidaan saada parempi ravintokoostumus ja kuivamassapitoisuus liejijätteen kiinteässä vaiheessa. Samanaikaisesti tästä saadaan lannoitetuote ja pienemmät kuljetuskulut, koska liejijäte sisältää suurimmaksi osaksi vettä. Tässä lopputyössä käsitellään myös menetelmiä, joita on käytetty tämän työn toteuttamisessa ja biokaasulaitoksen biokaasuprosessia, raaka-aineesta biokaasun ja liejijätteen jalostamiseen.

Tehtävän tarkoitus oli tutkia mahdollisia puhdistusmenetelmiä, joita voisi käyttää hukkaveden käsittelyssä biokaasulaitoksessa Jepualla. Tehtävän tarkoitus oli myös, että puhdistusmenetelmän avulla voisi poistaa mahdollisimman paljon fosforia ja typpiä hukkavedestä, ja tuote voisi jalostaa lannoitetuotteeksi.

Lopputyön tuloksena oli kaksi mahdollista puhdistusmenetelmää, joita voi käyttää biokaasulaitoksessa Jepualla. Puhdistusmenetelmät ovat lannoitetuotteiden alku.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: liejijätteen hukkavesi, biokaasu, ravintokoostumus, kuivamassapitoisuus, raaka-aine, fosforia, typpiä

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Energibyprojektet.....	1
2	Mål och omfattning.....	2
3	Metoder.....	2
4	Jeppo Biogas Ab.....	2
5	Biogasprocessen.....	3
5.1	Stegen i rötprocessen.....	3
5.1.1	Hydrolys.....	4
5.1.2	Fermentation.....	4
5.1.3	Metanogenes.....	5
5.2	Biogas.....	5
5.2.1	Användningsområden.....	5
5.2.2	Miljövänlighet.....	6
5.2.3	Egenskaper och risker.....	6
6	Substrat.....	7
6.1	Substrategenskaper.....	8
6.1.1	Nedbrytbarhet.....	8
6.1.2	Näringsammansättning.....	8
6.1.3	TS-halt.....	9
6.1.4	VS-halt.....	9
6.1.5	COD.....	9
6.1.6	Förbehandling.....	10
7	Produktion, hantering samt distribution av biogas.....	10
7.1	Hantering.....	10
7.1.1	Uppgradering.....	11
7.2	Distribution.....	11
8	Rötrest.....	13
8.1	Hantering.....	13
8.1.1	Hygienisering.....	13
8.1.2	Avvattning.....	14
8.2	Sammansättning och förädling.....	14
9	Tänkbara reningsmetoder för rejektvatten.....	16
9.1	MAP.....	16
9.1.1	Kemisk fällning, kristallbildning och -tillväxt.....	16
9.1.2	Processparametrar.....	17

9.1.3	Slutproduktens egenskaper och krav	19
9.1.4	Anläggningar med tillämpad teknik.....	20
9.1.5	Fosfor och kvävet avskiljningsgrad	21
9.1.6	Driftproblem.....	21
9.2	Kalkfällning och ammoniakavdrivning.....	21
9.2.1	Kalkfällning	22
9.2.2	Ammoniakavdrivning med luft	22
9.2.3	Processparametrar	23
9.2.4	Slutprodukternas egenskaper och krav	24
9.2.5	Anläggning med tillämpad teknik.....	24
9.2.6	Fosfor och kvävet avskiljningsgrad	26
9.2.7	Driftproblem.....	26
9.3	Leverantörer och tekniker	26
9.4	Ekonomi.....	27
10	Reningsmetodernas tillämpning vid Jeppo Biogas Ab	28
10.1	Val av tillbudsstående teknik och kemikalieanskaffning	28
10.1.1	Avvattningsteknik.....	29
10.1.2	Rejektvattenreningsteknik	29
10.1.3	Kemikalieanskaffning.....	29
10.2	Reningsresultat.....	30
10.3	Slutprodukt.....	30
10.4	Utsläppskrav	30
11	Sammanfattning och diskussion	31
12	Källförteckning	32

Bilageförteckning

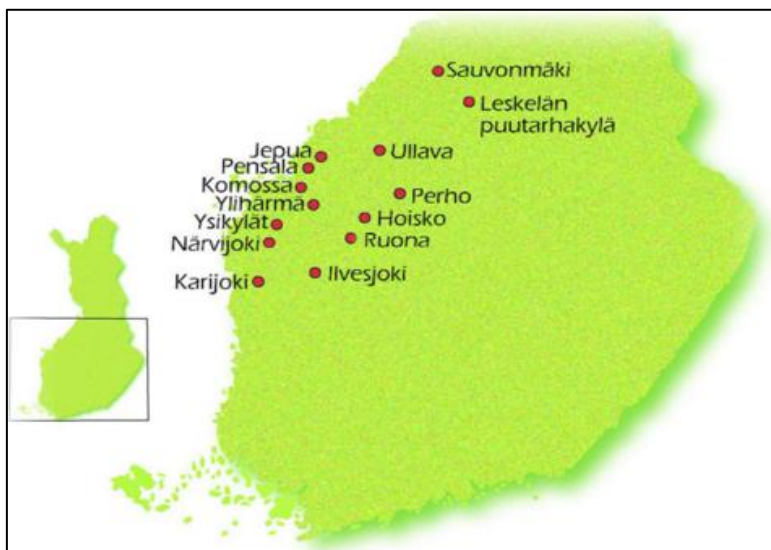
1. Tabell över inkommande organiskt material.
2. Karta över rörens placering för inkommande organiskt material.

1 Inledning

I denna rapport presenteras två tänkbara reningsmetoder för att behandla rejektivatten från rötrest som uppstår vid biogasanläggningen i Jeppo. I rapporten behandlas samtidigt metoderna för genomförandet av examensarbetet samt anläggningens biogasprocess från substrat till biogas- och rötrestförädling. Uppdragsgivaren för detta arbete var Jeppo Biogas Ab och arbetet utfördes inom energibyprojektet vid forskning och utveckling, Yrkeshögskolan Novia i Vasa. Uppgiften tillgavs den 4.3.2014 vid bolagets kontor i Jeppo och för denna uppgift gavs inget specifikt slutdatum.

1.1 Energibyprojektet

Energibyprojektets målsättning var att grunda 10–15 energiby i Österbotten, se figur 1, åren 2011–2014 genom utredningar över förnyelsebara energipotentialer och energikonsumtionen i byarna. Projektets målsättning var även att byarnas energiförsörjning i framtiden skall baseras på det områdets egna förnyelsebara energikällor (Energibyprojektets hemsida).



Figur 1. Energibyarna i energibyprojektet. Källa: Energibyprojektets hemsida.

2 Mål och omfattning

Målet med detta examensarbete var att göra utredningar över tänkbara reningsmetoder för rejektivatten från rötrest samt göra jämförelser mellan dessa beträffande krav, reningsresultat och kostnader för investering och drift. Tillämpning av reningstekniken skulle dessutom resultera i en gödselprodukt.

Eftersom det finns många leverantörer för olika tekniker har arbetet avgränsats och alla tekniker tas därför inte i beaktande vid rejektivattenrening. Informationen om vissa teknikers tillämpning har dessutom varit knapp, vilket har gjort det svårt att komma fram till eventuella slutsatser om reningsmetoden. Examensarbetet har dessutom begränsats tidsmässigt och på grund av saknad finansiering.

3 Metoder

Detta examensarbete baserar sig främst på internetsökningar och i arbetet behandlas examensarbeten inom området. Utöver detta har andra rapporter inom området behandlats samt information från elektroniska källor hämtats. Information gällande lagstiftning har också hämtats från författningssamlingar.

Intervjuer främst via mail har också gjorts med bolagets VD, Kurt Stenvall, och interna dokument har tagits i beaktande.

4 Jeppo Biogas Ab

Jeppo Biogas Ab är ett bolag med fyra anställda som satsar på återvinning av näringsämnen och att producera förnyelsebar energi. Jeppo Biogas Ab är beläget i byn Jeppo, i Nykarleby stad, och dess huvudsakliga mål är att producera energi och gödselprodukter av organiskt avfall. Jeppo Biogas Ab har 25 samarbetspartners, bland dem finns bl.a. Oy Snellman Ab i Jakobstad samt KWH Mirka Ab i Jeppo. Biogasanläggningen har varit i gång sedan hösten 2013 och som bolagets konsultfirma fungerar Doranova i Vesilahti (Jeppo Biogas Ab:s hemsida).

5 Biogasprocessen

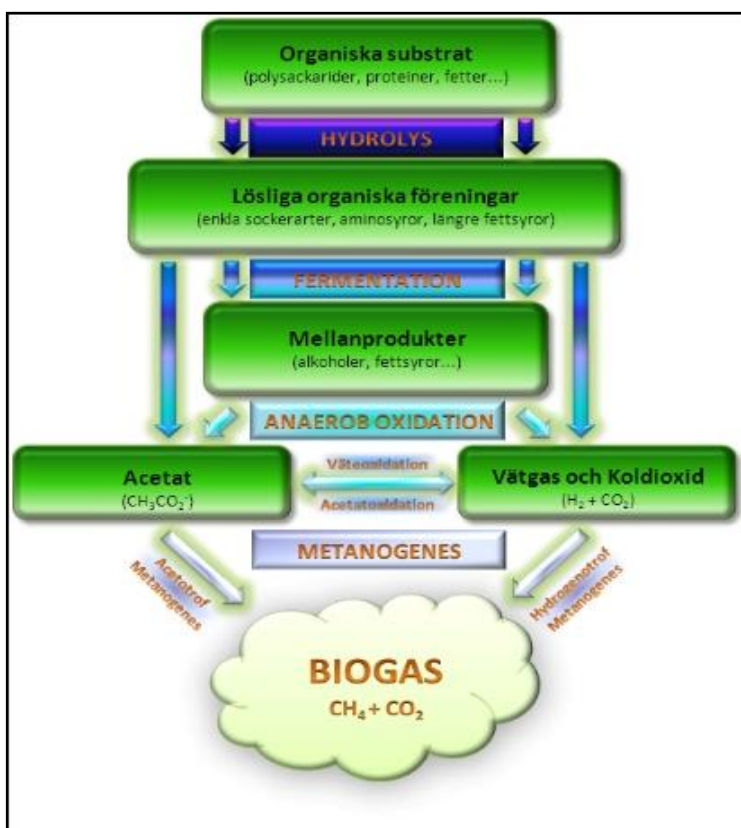
Biogas är en förnyelsebar energikälla och bildas när organiskt material (substrat) så som t.ex. slam från avloppsreningsverk, hushålls- och industriavfall, lantbruksrestprodukter samt gödsel, bryts ner av bakterier och andra mikroorganismer under anaeroba (syrefria) förhållanden, s.k. anaerob rötning. Vid biogasanläggningens rötningskammare arbetar mikroorganismerna med det organiska materialet under varma, syrefria förhållanden och slutprodukterna metan (CH_4) samt koldioxid (CO_2) bildas (Biogasportalen, 2015a). Substratet och dess egenskaper tas upp i avsnitt 6.

Biogas bildas också i naturen med begränsad tillgång på syre, bl.a. i bottengyttjan på sjöar och kärr samt i vommen på idisslare (Svenska lantbrukssällskapets förbund, 2007, s.1).

5.1 Stegen i rötprocessen

Den anaeroba rötningprocessen startar då det organiska materialet som blir rötat har en temperatur på omkring $39\text{ }^\circ\text{C}$ i de syrefria rötningsskammarna (Jeppo Biogas Ab:s hemsida). I detta fall rör det sig om en s.k. mesofil rötning ($20\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$), det betyder att rötningen då är stabilare och mindre känslig för temperaturväxlingar och ämnen som hämmar processen än den termofila rötningen ($50\text{--}70\text{ }^\circ\text{C}$). (Frände, 2010, s.1–2). Biogasanläggningen Jeppo Biogas Ab har en teoretisk rötningstid på omkring 40 dagar.

Rötningprocessen kan delas in i tre huvudsteg, se figur 2. De tre huvudstegen utgörs av: hydrolys (lösningssteget), fermentation (jäsningssteget) samt metanogenes (metanbildningen). (Slf, 2007, s.1).



Figur 2. Stegen i den anaeroba rötningsprocessen. Källa: BioBio:s hemsida.

5.1.1 Hydrolysis

Vid hydrolysen (lösningssteget), vilket utgör det första steget i rötningsprocessen, nedbryts olösta föreningar som kolhydrater, fetter samt proteiner i enklare organiska föreningar som socker, fettsyror och aminosyror. Spjälkningen sker med hjälp av enzymer som utsöndras av anaeroba bakterier, d.v.s. bakterier som klarar sig både med och utan syre (Slf, 2007, s.1).

5.1.2 Fermentation

Vid nästa steg i rötningsprocessen, s.k. fermentationen, sker en jäsning. Fermentationen kan i sin tur delas in i två steg, s.k. acidogenes (syrabildningssteget) samt acetogenes (ättiksyra-steget). I den första delen av jäsningen, nedbryts socker, fettsyror och aminosyror av syrabildande bakterier till enkla fettsyror som propionsyra, smörsyra och ättiksyra. Detta leder till att vätgas och koldioxid frigörs, medan små mängder av mjölksyra och alkohol bildas (Slf, 2007, s.2).

I den andra delen av jäsningen fortsätter nedbrytningen av produkterna från föregående steg med hjälp av ättiksyrabildande bakterier. Detta leder till att ättiksyra, vätgas och koldioxid bildas. Eftersom vätgas är giftigt för de ättiksyrabildande bakterierna är de beroende av att gasen tas till vara av de metanbildande bakterierna i den följande fasen i rötningsprocessen (Slf, 2007, s.2).

5.1.3 Metanogenes

Vid den tredje och sista fasen i den anaeroba rötningsprocessen, s.k. metanogenes, sker bildningen av metan med hjälp av de metanbildande bakterierna. Metanbildningen sker utgående från ättiksyra, vätgas och etanol (Slf, 2007, s.2).

5.2 Biogas

Biogas är ett vätskeformigt eller gasformigt bränsle som består till största delen av metan och koldioxid, där energin fås från metan medan koldioxiden är en del av kretsloppet (Biogasportalen). Halten metan i biogas varierar från 40–80 %, men vanligtvis ligger metanhalten på omkring 60 % (Energigas, 2014). Biogas innehåller dessutom små mängder kvävgas (N_2), ammoniak (NH_3) samt svavelväte (H_2S) som orenad gas (Biogasportalen, 2015b).

5.2.1 Användningsområden

Det finns många olika användningsområden för biogas. Energin i biogas kan bland annat användas för uppvärmning samt för produktion av elektricitet, vilket utgör det vanligaste användningsområdet för biogas. Biogas som renats och uppgraderats till en hög metanhalt kan även användas till fordonsdrift, dock måste metanhalten vara minst 97 % för att kunna fungera som fordonsbränsle (Energigas, 2014). Metanmolekylen kan dessutom användas som råvara vid tillverkning av olika produkter så som t.ex. färger, plaster, möbler, djurfoder samt smörjoljor (Biogasportalen, 2014).

Vid produktion av biogas bildas även en näringsrik rötrest i anläggningens rötchammare, vilket kan användas som gödningsmedel (Biogasportalen, 2014).

5.2.2 Miljövänlighet

Biogas är ett miljövänligt återvinningsbränsle och fungerar idag bl.a. som det bästa alternativa fordonsbränslet. I jämförelse med fossila fordonsbränslen så som t.ex. bensen eller diesel, är de totala utsläppen av koldioxid, kolväten, kväveoxider och partiklar mindre vid användning av biogas som bränsle. Eftersom biogas är ett biobränsle medför förbränningen därför inte något nettotillskott av koldioxid till atmosfären, vilket betyder att biogasen har en fördel när det handlar om klimatpåverkan (Energigas, 2014).

För att minska utsläppen av metan vid produktion och användning av biogas är det dock viktigt att begränsa utsläppen i hela värdekedjan, från produktion till användning, för att biogasen skall utgöra mera nytta än skada då det kommer till klimatpåverkan. Enligt beräkningar på metanutsläpp vid användning av bästa tillgängliga teknik (Best Available Technology, BAT) som gjorts, kan de samlade förlusterna av biogas dock vara av storleken 10–20 procent innan det ger en negativ klimatpåverkan i jämförelse med fossila bränslen (enligt Energigas, 2014).

5.2.3 Egenskaper och risker

Biogas har många egenskaper. Biogas kan bland annat komprimeras, d.v.s. trycksättas, vilket gör gasen lättare att lagras och transporteras. Gasen har vanligen ett energiinnehåll på 5–8 kWh/Nm³ beroende på sammansättningen av metan (Energigas, 2014), och som uppgraderad gas med en halt på minst 97 procent metan har biogasen ett energiinnehåll på 9,67 kWh på en normalkubikmeter (Nm³). (Biogasportalen, 2015c). Genom att multiplicera antalet Nm³ med gasens densitet får man antalet kg, vanligen har fordonsgas en densitet på omkring 0,8 kg per normalkubikmeter. Energiinnehållet i 1 kg fordonsgas motsvarar omkring 1,5 liter bensen och omkring 1,3 liter diesel (Gasbilen, 2015). En liter bensen har ett energiinnehåll på 9,06 kWh, medan en liter diesel har ett energiinnehåll på 9,8 kWh (Biogasportalen, 2015c). Ekonomiskt sätt är också biogas 40 % billigare att använda än t.ex. bensen (Suomen bioauto, 2013).

Biogas har också en högre antändningstemperatur än fossila bränslen så som t.ex. bensen och diesel, vilket betyder att risken för brand eller explosioner är mindre vid trafikolyckor där biogas används som bränsle. Gastankar i fordon tål även mer påfrestningar än en vanlig bensintank (Biogasportalen, 2015d), samt är lika säkra som andra fordon då risken för läckage är liten eftersom bränsletanken i gasfordon har en automatisk avstängningsventil (Energigas, 2014).

Trots biogasens många egenskaper finns det risker vid hantering av biogas. Vid hanteringen förekommer en viss explosionsrisk, och gränsen för explosionsrisken beror på biogasens sammansättning av metan och koldioxid. För biogas med 60 % metan går gränsen vid 7–28 vol-% i luften, medan explosionsgränsen för uppgraderad biogas går vid 4–17 vol-% i luften (Biogasportalen, 2015d).

6 Substrat

Det organiska materialet som rötas kallas substrat. Materialet som hanteras vid biogasanläggningen Jeppo Biogas Ab består av olika sorters slam, sväm, livsmedelsavfall, djurrester samt gräs och halm. Sammanlagt hanteras ungefär 90 000 ton organiskt avfall årligen, se bilaga 1, vid biogasanläggningen, varav 50 000 ton grissväm kommer in via rör (12 km), se bilaga 2, medan resten transporteras på fordon.

Totalt pumpas cirka 250 ton substrat dagligen till reaktorerna. Mottagningen av sväm och annat flytande material sker i två stycken mindre bassänger, medan torrt substrat kommer via mottagningshallen, se figur 3. De torra substraten finfördelas och blandas sedan med det våta substraten i MultiMixen, d.v.s. i biogasanläggningens omblandare.



Figur 3. Mottagning av torrt substrat.

6.1 Substrategenskaper

För att rötningsprocessen skall fungera så bra som möjligt krävs det olika substrat till processen. Det är också viktigt att substraten har de egenskaper som behövs för en välfungerande rötningsprocess.

6.1.1 Nedbrytbarhet

Substratet bör framför allt vara anaerobt nedbrytbart för att kunna användas som råmaterial i rötningsprocessen. Det är därför viktigt att veta substratets nedbrytbarhet eftersom det påverkar utröttningsgraden i rötningsprocessen. Med utröttningsgraden avses hur mycket av substratet som brutits ner och bildat metan under en bestämd tid, och anges i procent. Material som innehåller till största delen cellulosa och hemicellulosa, så som t.ex. vallgrödor, halm, pappersmassa och gödsel, har en långsam nedbrytningshastighet. Proteiner och stärkelse är däremot ämnen som har en snabb nedbrytningshastighet medan fetter kan ha en varierande nedbrytningshastighet (Projektet BioBio:s hemsida).

6.1.2 Näringsammansättning

Substratet måste också uppfylla mikroorganismernas näringskrav för en fungerande rötningsprocess. Till näringskraven hör energi och olika komponenter för cellbyggnad, så som t.ex. kol (C), kväve (N) och fosfor (P) samt mikronäringsämnen, vitaminer och spårämnen (Projektet BioBio:s hemsida).

Förhållandet mellan kol- och kväveinnehållet i substratet spelar en viktig roll för rötningsprocessen (Carlsson & Uldal, 2009, s.9). Den mest gynnsamma C/N-kvoten ligger mellan 15 och 25. En lägre kvot än 10–15, d.v.s. överskott på kväve, orsakar ammoniumackumulering eller s.k. ammoniakhämmning och högt pH, vilket kan vara giftigt för mikroorganismerna. Vid en högre kvot än 30, d.v.s. överskott på kol, avtar nedbrytningsprocessen (Projektet BioBio:s hemsida).

6.1.3 TS-halt

Torrsubstanshalten (TS) är det som finns kvar av substratet efter att vatteninnehållet har indunstats vid 105 °C. Substrat med en TS-halt som är högre än 10–15 % behöver vanligen spädas för att fungera i mottagningssystem, pumpar samt omrörare. Detta gäller dock inte fettrika substrat så som t.ex. grädde eller ren glycerol. Grädde har nämligen en TS-halt på 60 % medan ren glycerol har en TS-halt på 100 %, men båda två går trots det bra att pumpa. Material med en TS-halt på under 10 % kan användas för att späda tjockare substrat, vilket leder till förbättrade mekaniska egenskaper (Carlsson & Uldal, 2009, s.7).

6.1.4 VS-halt

Glödförlusten, eller volatile solids (VS), anger materialets innehåll av förbränningsbar substans vid 550 °C, och används för att räkna ut substratets organiska innehåll (Carlsson & Uldal, 2009, s.7). VS-halten fås genom att dividera massan efter förbränningen med massan före förbränningen (Projektet BioBio:s hemsida).

En hög VS-halt ger ett högt gasutbyte per transportenhet, d.v.s. en hög transporteffektivitet, eftersom det endast är den organiska delen av torrsubstansen som kan brytas ned under rötningsprocessen och bidra till att producera biogas. En låg VS-halt förorsakar i sin tur ett lågt gasutbyte per volymenhet, d.v.s. ett ineffektivt utnyttjande av röttningsvolymen (Carlsson & Uldal, 2009, s.7). Det finns dock undantag och en hög VS-halt ger därför inte alltid ett högt gasutbyte. Exempel på detta är att plast och lignin förbränns vid 550 °C, men bryts ändå inte ner under rötningsprocessen (Projektet BioBio:s hemsida).

6.1.5 COD

Med kemisk syreförbrukning, eller chemical oxygen demand (COD), avses mängden syre som krävs för att bryta ner en viss mängd organiskt material. Metoden används liksom vid beräkning av VS-halten, vid beräkning av substratets organiska innehåll. En hög koncentration COD ger därför ett högt gasutbyte per transportenhet (Carlsson & Uldal, 2009, s.8).

6.1.6 Förbehandling

För att mottagningssystem, pumpning, omrörning och nedbrytning skall fungera gynnsamt, samt för att bli av med material som inte skall finnas i rötningsprocessen, krävs det att vissa substrat genomgår en förbehandling i form av olika processer. Till förbehandling hör finfördelning, förtjockning eller spädning samt separering (Carlsson & Uldal, 2009, s.9).

7 Produktion, hantering samt distribution av biogas

Biogasanläggningen Jeppo Biogas Ab producerar årligen ungefär fyra miljoner normalkubikmeter rå biogas. Den råa biogasen har en metanhalt på omkring 60 % och en koldioxidhalt på omkring 40 %. Efter att biogasen producerats, hanteras och distribueras den enligt behov till kunder, till biogasanläggningens panna för produktion av värme samt till uppgraderingsanläggningen för att renas på bl.a. koldioxid. Biogasanläggningens årliga energiproduktion utgör ungefär 20–25 GWh.

7.1 Hantering

Vid biogasanläggningen i Jeppo samlas den producerade biogasen ihop från de tre reaktorernas gaslager ($3 \times 12\,000 \text{ m}^3$) för att sedan komprimeras, d.v.s. tryckhöjas, se figur 4. Biogasen komprimeras till 350 mbar och en grundläggande torkning sker, p.g.a. av att biogasen är mättad med vatten.

För att kunna använda biogasen som fordonsbränsle bör biogasen dessutom renas på koldioxid och övriga små föroreningar. Detta sker i en s.k. uppgraderingsanläggning, se figur 4, vilket tas upp i följande avsnitt.



Figur 4. Anläggningens uppgraderings- och kompressorenhet.

7.1.1 Uppgradering

För att kunna använda biogas som fordonsbränsle bör metanhalten i gasen först höjas genom att renas från koldioxid, s.k. uppgradering. Vatten och föroreningar så som t.ex. svavelväte måste också avskiljas från biogasen, och detta görs i en uppgraderingsanläggning (Biogasportalen, 2015e). Uppgraderad biogas kallas vanligen biometan (Energigas, 2014).

Biometanen vid anläggningen i Jeppo har en metanhalt på ungefär 99 %, vilket betyder ett mycket högt energiinnehåll. Priset på fordonsbränslet vid gastankningsstationen är 1,40 euro per kg, vilket motsvarar 0,92 euro per bensinliterekvivalent.

7.2 Distribution

Den komprimerade biogasen på 350 mbar, distribueras via rör enligt behov till KWH Mirka Ab, till biogasanläggningens gas/olja-panna för produktion av värme samt till uppgraderingsanläggningen (se föregående avsnitt) för borttagning av biogasens koldioxid och övriga små föroreningar.

Efter att biogasen uppgraderats, komprimeras biogasen ytterligare till 250 bar och fylls sedan på transportflak, se figur 5 och 6, för användning vid Oy Snellman Ab i Jakobstad, medan en liten del gas levereras som fordonsbränsle vid biogasanläggningens gastankningsstation, se figur 7.



Figur 5. 5045 normalkubikmeter biometan (250 bar) per container.



Figur 6. 5045 normalkubikmeter biometan (250 bar) redo för transport till kunder i Jakobstad.



Figur 7. Anläggningens gastankningsstation för fordonsbränsle (CBG).

8 Rötrest

I biogasanläggningens rötchammare bildas förutom biogas dessutom en näringsrik restprodukt, s.k. rötrest, som kan användas till gödningsmedel (Biogasportalen, 2014). Genom att använda rötresten som uppstår till gödningsmedel, kan man ersätta handelsgödsel med ett organiskt alternativ (Frände, 2010, s.1).

8.1 Hantering

Eftersom biogasanläggningen behandlar material med animaliskt ursprung bör rötresten först hanteras genom hygienisering. Rötresten kan dessutom genomgå en avvattningsmetod för att resultera i en fast fas samt en vattenfas, där vattenfasen kallas rejektvatten. Inget rejektvatten finns dock vid biogasanläggningen i Jeppo i nuläget.

8.1.1 Hygienisering

Vid biogasanläggningen i Jeppo sker hygieniseringen efter rötchammaren, och rötresten pumpas därför från rötchammaren vidare till hygieniseringsanläggningen, se figur 8. Hygieniseringsanläggningen består av tre stycken hetvattenackumulatorer som rymmer 10 m³ styckvis. I hetvattenackumulatorerna upphettas rötresten till 70 °C i en timme, och värmen i rötmassan återvinns sedan för att användas i nästa hygieniseringsbatch samt för att värma biogasanläggningens reaktorer.

Efter hygieniseringen pumpas rötresten ut till lagringsbassängerna (6 stycken) varifrån den transporteras till jordbrukarna som biogödsel.



Figur 8. Hygienisering av rötresten sker i tre stycken hetvattenackumulatörer (3×10^3 m³).

8.1.2 Avvattning

Eftersom fukthalten i rötresten är hög kan man avvattna rötresten för att få en högre torrsubstanshalt och samtidigt öka näringsammansättningen i rötresten. Detta gör det mer miljövänligt och mera ekonomiskt vid exempelvis transport, lagring och spridning av rötresten, eftersom rötresten i oavvattnad form innehåller till största delen vatten (Dahlberg, 2010a, s.2). Vid biogasanläggningen i Jeppo finns en skruvseparator för avvattning.

Då rötresten genomgår avvattning fås förutom en fast fas också en vattenfas, s.k. rejektvatten, vilket i sin tur kan genomgå olika reningsprocesser. Rötresten som uppstår vid biogasanläggningen i Jeppo har en fukthalt på 97,10 %, och inget rejektvatten finns i nuläget. I avsnitt 9 kommer det att tas upp tänkbara metoder för att behandla rejektvatten från rötrest.

8.2 Sammansättning och förädling

Då biogas har tagits till vara och rötresten hanterats, är näringsinnehållet i rötresten nästan likadan som innan rötningen. Rötresten som uppstår vid biogasanläggningen i Jeppo har en torrsubstanshalt på 2,9 %, vilket betyder att rötresten har en hög fukthalt (Jeppo Biogas Ab:s hemsida). Rötresten som uppstår vid biogasanläggningen i Jeppo transporteras till jordbrukarna som jordförbättringsmedel.

De viktigaste näringsämnen för växter är kväve (N), fosfor (P) samt kalium (K), och dessa ämnen utgör de huvudsakliga ämnena i produktdeklarationen för gödselprodukten.

(Frände, 2010, s.2). En del av produktdeklarationen för gödselproduktens förädling finns i tabell 1. Enligt gödselkrav får totalkväve årligen användas på åkermark i högst 170 kg/ha (Nitratförordningen 931/2000), och användningen av jordförbättringsmedlet begränsas av mängden kväve den innehåller. Gödselprodukten får årligen användas som jordförbättringsmedel i högst 46 m³/ha. Med den nämnda årsmängden kommer dessutom vattenlöslig fosfor i 4,4 kg/ha, vattenlöslig kväve i 121 kg/ha samt kalium i 69 kg/ha (Jeppo Biogas Ab:s hemsida).

Förutom näringsämnen för växter innehåller gödselprodukten också skadliga metaller, se tabell 1, men halterna överstiger dock inte Jord- och skogsbruksministeriets angivna gränsvärden för tungmetallhalter i gödselprodukt (Jord- och skogsbruksministeriet 24/2011). (Jeppo Biogas Ab:s hemsida).

Totalt skall årligen omkring 80 000 m³ rötrest spridas, vilket kräver en åkerareal på ungefär 3000–4000 ha. Mellan 15.10 och 15.4 är det normalt förbjudet att sprida gödselprodukten på odlingsmark.

Tabell 1. En del av produktdeklarationen för jordförbättringsmedlet (Näringsinnehållet angivet per färskvikt och torrsvikt).

Näringsinnehåll	förs.fuktig produkt	torrsubstans
Kväve (N)	3,7 kg/m ³	130 g/kg
Löslig kväve (N)	2,6 kg/m ³	92 g/kg
Fosfor (P)	0,8 kg/m ³	27,1 g/kg
Löslig fosfor (P)	<0,1 kg/m ³	3400 mg/kg
Kalium (K)	1,5 kg/m ³	53 g/kg

Skadliga metaller:

	Maksimihalt MMM 24/11 mg/kg torrsubstans	Halt i produkten mg/kg torrsubstans
Arsen (As)	25	<5,0
Kvicksilver (Hg)	1	<0,07
Kadmium (Cd)	1,5	0,36
Krom (Cr)	300	8,6
Koppar (Cu)	600	120
Bly (Pb)	100	2,3
Nikkel (Ni)	100	7,5
Zink (Zn)	1500	700

Källa: Jeppo Biogas Ab:s hemsida.

9 Tänkbara reningsmetoder för rejektivatten

Genom att hantera rejektivatten från rötrest strävar man främst till att uppnå så hög torrsubstanshalt i rötrestens fasta fas som möjligt för att minska på bl.a. transportkostnader. Vid hantering av rejektivatten genom att rena rejektet på kväve och fosfor kan man samtidigt producera en restprodukt med hög näringsammansättning. Det finns flera olika metoder och tekniker för att behandla rejektivatten, både fysikaliskt-kemiska och biologiska. Exempel på vanliga metoder för att behandla rejektivatten är ammoniakavdrivning, magnesiumammoniumfosfatfällning (MAP), nitrifikation-denitrifikation samt omvänd osmos (Falk & Hansson, 2002, s.13). Andra metoder för behandling är indunstning och torkning. I detta kapitel kommer dock MAP samt kemisk fällning i kombination med ammoniakavdrivning att behandlas.

9.1 MAP

Vid magnesiumammoniumfosfatfällning, eller s.k. MAP ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), faller man ut löst fosfor med hjälp av struvit som utfällningsprodukt i lösningar som innehåller magnesium- (Mg^{2+}), ammonium- (NH_4^+) och fosfatjoner (PO_4^{3-}). Struvit är en vit, kristallin förening som löses ut i sura lösningar och fälls ut i basiska lösningar (Baresel, et.al., 2014, s.13).

9.1.1 Kemisk fällning, kristallbildning och -tillväxt

Vid kemisk fällning blandas och reagerar två lösningar med varandra vilket resulterar i att en löslig samt en olöslig delmängd bildas. Fällningar kan vara amorfa eller kristallina, där kristallina fällningar är rena och regelbundna i sin struktur medan amorfa fällningar är oregelbundna i strukturen (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.6).

Reaktioner vilka genom fällning resulterar i kristallina produkter består av två faser: kärnbildning, s.k. heterogen samt homogen, och tillväxt. Heterogen kärnbildning inträffar på partiklar som finns i lösningen, så som t.ex. kvartssand eller mindre struvitkristaller, medan homogen kärnbildning inträffar vid övermättnad i lösningar med hög renhetsgrad. Tillväxten av kristall kräver mera tid än kärnbildningen, och varar tills det uppnåtts jämvikt i lösningen (Fransson, Löwgren & Thelin, 2010, s.8). Vid jämvikt är koncentrationerna i lösningen konstanta.

9.1.2 Processparametrar

Det finns olika processparametrar som påverkar struvitfällningen. Till dessa hör bland annat: mättnadsgraden med avseende på lösningens ingående joner, lösningens sammansättning samt andra närvarande joner i lösningen så som t.ex. kalcium, samt lösningens pH, tid och temperatur (Fransson, Löwgren & Thelin, 2010, s.7).

En av de viktigaste processparametrarna vid struvitfällning är att lösningen bör vara övermättad med avseende på magnesium-, ammonium- och fosfatjonerna i lösningen (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.7). Om övermättnadsgraden är hög, bildas också flera kristaller. Vid studier utförda av Bouropoulos & Koutsoukos visar att en övermättnadsgrad på över två fordras för att en homogen kärnbildning skall ske (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.11). Bouropoulos & Koutsoukos definierar övermättnadsgraden (Ω) (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.7–8) som kvoten mellan produkten av aktiviteterna i lösningen och löslighetskonstanten (K_{so}), där löslighetskonstanten är löslighetsprodukten av aktiviteterna i lösningen.

Det har studerats att groddmaterial så som t.ex. kvartssand eller små struvitkristaller kan tillsättas för att påverka fällningsreaktionen genom att skapa struvitfällning utan övermättnad i lösningen (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.8). Då ett groddmaterial tillsätts blir också kristallerna större i storleken. Det är dock viktigt att använda struvit som groddmaterial eftersom struvitens renhet annars påverkas negativt om det förekommer en blandning av ett annat groddmaterial. Studier har dessutom visat att för att få en bra fosforavskiljning och bra egenskaper för utfällning bör man använda struvitkristaller med en storlek på omkring en millimeter i diameter som groddmaterial (enligt Heldt, 2005, s.8).

Struvitfällningen påverkas också av samspelet mellan andra närvarande joner i lösningen. Om det t.ex. finns för mycket kalciumjoner i lösningen i förhållande till magnesiumjoner kan det bildas kalciumfosfater, vanligen i form av hydroxyapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), s.k. HAP, i stället för struvit. För att undvika att HAP bildas bör man hålla Mg/Ca-kvoten hög samt kontrollera pH (Heldt, 2005, s.7). Studier har visat att HAP fälls ut inom pH-intervallet 9–10,5, och en blandning av struvit och HAP fälls ut vid pH-intervallet 8–8,5 (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.11).

En annan viktig processparameter vid struvitfällning är pH. pH utgör tillsammans med övermättnadsgraden de viktigaste parametrarna vid struvitfällning. Studier som gjorts visar att det mest gynnsamma pH-intervallet för struvitfällning är omkring 8,5–9 (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.9). Struvitfällningen ger upphov till en pH-sänkning, och sänkningen av pH-nivån kan därför användas som ett mått på om struvitfällningen pågår och när reaktionen har upphört. Studier har också visat att det finns flera möjliga metoder för att höja på pH-värdet i lösningen för att hålla värdet på en gynnsam nivå, bl.a. kan man tillsätta natriumhydroxid (NaOH), eller använda magnesiumhydroxid ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) eller magnesiumoxid (MgO) som magnesiumkälla (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.9–10). Man kan dessutom utföra koldioxidstripping för att höja pH-värdet till en önskad nivå, vilket innebär att luftning utförs.

En annan processparameter som påverkar struvitfällningen är tiden. Struvitfällningens totala reaktionstid beräknas som summan av tiden för kärnbildningen samt tiden som fordras för kristalltillväxten (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.11). I satsvisa försök visade Stratful m.fl. att mindre kristaller av struvit på 0,1 mm, vilka tillverkats i lösningar innehållande fosfat-, magnesium- och ammoniumjoner, har fällts ut redan efter en minut. Större struvitkristaller på 3 mm har dock haft en längre reaktionstid på 180 minuter (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.11). Induktionstiden är i sin tur en del av reaktionstiden, vilket anger tiden mellan lösningens övermättnad tills den första kristallen uppstår (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.9).

Temperaturen är en annan processparameter för struvitfällningen. Struvits löslighet ökar med temperaturen mellan 10°C–50°C, för att sedan minska upp till 64°C. Då temperaturen är över 64°C faller struviten sina sex vattenmolekyler och på det viset ändras kristallstrukturen (Heldt, 2005, s.7). Den optimala temperaturen vid struvitfällning beror på hurdan avfallstyp som behandlas samt på metoderna vilka använts för pH-höjningen, och på struvitfällningsprocessen. Enligt litteraturen har temperaturen vanligen varit omkring rumstemperatur.

9.1.3 Slutproduktens egenskaper och krav

Struvit är ett gödselmedel som löses upp långsamt i jorden vilket minskar risken för näringsläckage. För att struvit skall kunna användas som gödselmedel måste produktens innehåll av medicinrester, tungmetaller och andra organiska föreningar hållas på en låg nivå. Struvitproduktens renhetsgrad beror på rejektivattnets näringsinnehåll samt hurdan teknik som används.

I en pilotstudie där struvit fälldes på ett avloppsreningsverk i Australien visar von Münch & Barr att halten tungmetaller i produkten är låg; mindre än 5,5 mg kadmium per kg fosfor, mindre än 7 mg fosfor per kg produkt samt mindre än 0,2 mg kvicksilver per kg produkt (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.13). Andra studier som gjorts, se tabell 2, visar också att struvit har ett lågt kadmiuminnehåll i jämförelse med andra fosforprodukter (enligt Baresel, et.al., 2014, s.8).

Tabell 2. Jämförelse av fosforhalten och kadmiumfosforkvoten i olika produkter.

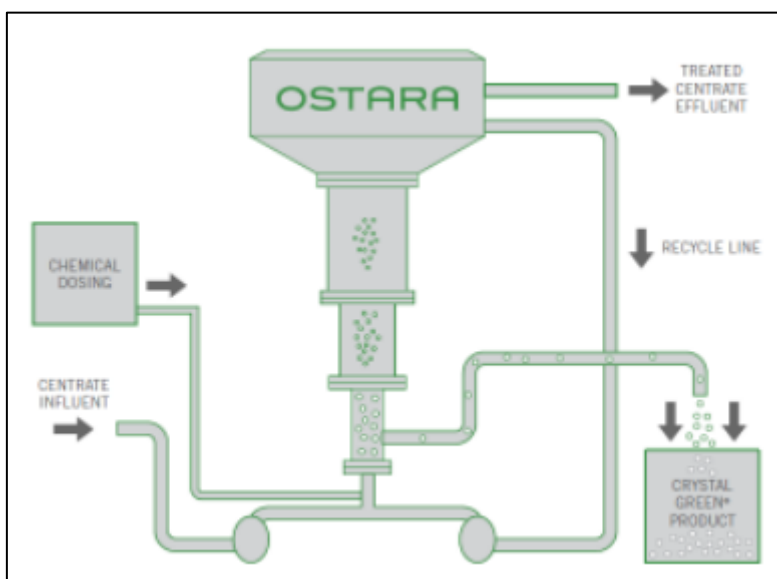
Produkt	Fosfor [% av TS]	Kadmiumfosforkvot [mg Cd/kg P]
Struvit	11	3
Askgranuler (Ash Dec)	4	6
Mineralgödsel		3-25
Avloppsslam svenskt (medelvärde)	2,8	33
Avloppsslam certifierat (median)	3,0	26

Källa: Baresel, et.al., 2014, s.8.

9.1.4 Anläggningar med tillämpad teknik

Det finns flera olika tekniker för struvitfällning. Den teknik som dock fått mest spridning är tekniken PEARL™ vilket har utvecklats av det Kanadensiska företaget Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc. i samarbete med University of British Columbia. Processen består av samma teknik som används i en fluidiserad bädd och kallas krystallaktor, se figur 9 (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.31). Vid denna process blir stora struvitkorn kvar i reaktorns nedersta zon samtidigt som små partiklar som kan sedimentera inte följer med utgående rejekt. Struvitprodukten som bildas har en regelbunden kornstorleksfördelning på högst 8 mm och kan utvinnas ur reaktorns nedersta zon, medan den behandlade vattenvolymen rinner ut i toppen av struvitprocessen. Slutligen kan gödselprodukten Crystal Green® avskiljas utan vidare behandling. Anläggningen ansluts till ett avloppsreningsverk, vanligen efter avvattning med centrifug (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.31).

Det finns i dagsläget minst två anläggningar för struvitfällning i drift. År 2007 byggdes den första anläggningen som en demonstrationsanläggning i Edmonton, Kanada, och den första kommersiella fullskaleanläggningen sattes i drift år 2009 i närheten av Portland, Oregon i USA. Som exempel kan nämnas att anläggningen i Edmonton kan avskilja omkring 80 % av fosfor samt 15 % av ammoniumkvävet ur ett rejektflöde av omkring 500 000 l/dygn, samtidigt som omkring 500 kg Crystal Green® produceras (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.31).



Figur 9. Ostaras struvitfällningsprocess. Källa: Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.31.

9.1.5 Fosfor och kvävet avskiljningsgrad

Mängden fosfor och kväve som kan avskiljas ur rejektivattnet beror på vilken teknik för struvitfällningen som tillämpas och hur väl denna fungerar samt på rejektivattnets näringsammansättning. I litteraturen behandlas struvitfällningen främst som en metod för att avskilja och återvinna fosfor ur rejektivatten eftersom kvävet avskiljningsgrad oftast inte är optimerad. Struvitfällningen kan dock även användas som metod för att avskilja ammoniumkväve ur t.ex. rötrest eller andra processvatten med hög halt av ammoniumkväve (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.19).

Stratful m.fl. har bl.a. undersökt hur en ökning av pH har inverkat på struvitfällningen. Försöket som utfördes visade att vid pH 7,5 producerades små mängder struvit, och vid pH 8,5 hade 92 % av magnesiumet avskiljts från lösningen medan endast 85 % av fosfor hade reagerat. Vid pH 10 fanns endast 3 % av magnesiumet och 12 % av fosfatet kvar (enligt Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.16).

9.1.6 Driftproblem

Det kan förekomma driftproblem vid struvitfällning och groddmaterial som finns i lösningen kan påverka processen negativt genom igensättning. Det är därför viktigt att ta kristallstorleken i beaktande vid design av anläggning för struvitfällning eftersom små struvitkristaller utgör problem för processen. Förutom igensättning kan små kristaller som finns i lösningen dessutom orsaka oönskad struvitfällning. För att undvika detta kan man bl.a. filtrera utgående rejektivatten (Fransson, Löwgren, & Thelin, 2010, s.8).

9.2 Kalkfällning och ammoniakavdrivning

En annan reningsmetod för rejektivatten är kemisk fällning av fosfor i kombination med ammoniakavdrivning, där man använder kalk som fällningsmedel. Då kalk tillsätts ökar pH, vilket leder till att ammoniak drivs av (Eriksson, et.al., 2001, s.27).

Vid ammoniakavdrivning bör en stripperteknik tillämpas för att processen skall kunna utföras, och i denna avskiljs den lösta ammoniaken från rejektivattnet till en renare och mer koncentrerad lösning. Ammoniakavdrivning kan ske med hjälp av luftstripper eller ångstripper (Dahlberg, 2010b, s.6). I detta kapitel kommer dock kalkfällning i kombination med luftstripping att behandlas.

Vid kalkfällning i kombination med luftstripping produceras ammoniumsulfat alternativt ammoniumnitrat, beroende på vilken syra som tillsätts till gasfasen i samband med tvättningen för att avskilja löst kväve från vätskefasen.

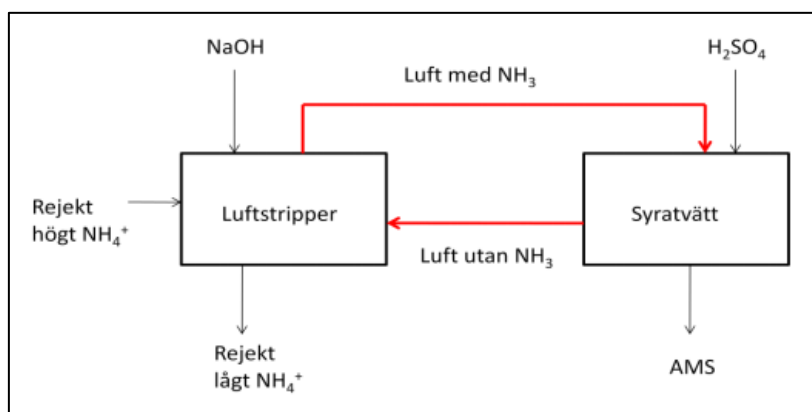
9.2.1 Kalkfällning

Vid kemisk fällning av fosfor med kalcium som fällningsmedel tillsätts vanligen kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) direkt i rötresten innan avvattningen, vanligen i form av alkali, så som t.ex. bränd kalk (CaO). Reaktionen leder till att kalciumkarbonat (CaCO_3), s.k. kalksten, fälls ut eftersom rötresten har hög alkalinitet (Eriksson, et.al., 2001, s.33). Alkalinitet är ett mått på vattnets förmåga att klara av ett tillskott av vätejoner utan att pH-värdet sänks, d.v.s. buffertkapacitet. Ju högre alkalinitet desto större är vattnets förmåga att motstå försurning. Då kalk tillsätts ökar samtidigt pH till en gynnsam nivå, vilket leder till att kalciumöverskottet reagerar med fosfaterna i rejektvattnet och hydroxylapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) fälls ut (Heldt, 2005, s.4).

9.2.2 Ammoniakavdrivning med luft

Vid ammoniakavdrivning med luft används en luftstripperteknik. I denna avskiljs kvävet från vätskefasen genom att svavelsyra tillsätts till gasfasen i processens andra kolonn, vilket resulterar i att en ammoniumsulfatlösning, s.k. AMS ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), bildas (Waste Refinery, 2010, s.15), se figur 10. Alternativt kan salpetersyra (HNO_3) tillsättas vilket resulterar i en ammoniumnitratlösning ($(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$) (Dahlberg, 2010b, s.6).

Rejektvattnet tillförs första kolonnen från toppen, vilken är fylld med fyllkroppar för att ge en stor yta för massöverföring samt turbulens. Rejektvattnet med hög kvävehalt möter en ren luftström, vilken tillförs underifrån, och renat rejekt tas sedan bort i botten på den första kolonnen. Strippluften innehållande det avskilda kvävet (ammoniak) leds sedan in i den andra kolonnen där syratvättningen sker, vilket resulterar i ammoniumsulfat alternativt ammoniumnitrat beroende på vilken syra som tillsätts (Waste Refinery, 2010, s.15–16).



Figur 10. Bild som illustrerar luftstripperprocessen för rejecktattenbehandling.
Källa: Waste Refinery, 2010, s.15.

9.2.3 Processparametrar

Vid kalkfällning i kombination med luftstripping finns liksom vid struvitfällning viktiga processparametrar som bör tas i beaktande för att processen skall fungera så effektivt som möjligt. För att ammoniak skall kunna drivas av behöver rejecktattnet främst innehålla en hög halt ammoniak eftersom det är enbart ammoniaken som kan strippas. De viktigaste processparametrarna för kalkfällning i kombination med luftstripping är pH, jämviktskonstanten samt temperatur (Waste Refinery, 2010, s.14).

pH är en viktig processparameter vid kalkfällning i kombination med luftstripping, och värdet bör hållas på en hög nivå för att ammoniakavdrivningen skall ske. Vid ett pH på över 10 reagerar kalciumöverskottet med fosfatet i rejecktattnet vilket resulterar i att hydroxylapatit fälls ut (Heldt, 2005, s.4). pH-höjningen med kalk sker innan rejecktattnet leds in i stripperkolonnen (Waste Refinery, 2010, s.14).

Ammoniakavdrivningen sker tills jämvikt uppnåtts mellan gasfasen och vätskefasen, vilket i sin tur är beroende av pH och temperatur. Det finns grafer där man kan läsa av sambandet mellan temperatur och pH för andelen ammoniak i en ammonium/ammoniak lösning. Ett högt pH-värde och en hög temperatur ger vanligen en hög andel ammoniak i lösningen (Waste Refinery, 2010, s.14–15).

9.2.4 Slutprodukternas egenskaper och krav

Vid kalkfällning i kombination med luftstripping bildas ammoniumsulfat eller ammoniumnitrat beroende på vilken syra som används i processen. Ammoniumsulfat kan användas som gödselmedel, men avsättning finns också inom läder- och trävaruindustrin samt som rening av rökgaser vid förbränningsanläggningar. Ammoniumsulfat har ett kväveinnehåll på omkring 8,6 % (Waste Refinery, 2010, s.16).

Ammoniumnitrat är däremot explosivt om det kommer i kontakt med bl.a. organiskt material, varför rejektivattnet bör hållas rent för att uppfylla produktens kvalitetskrav. Höga kvalitetskrav ställs på produkten av bl.a. YARA Industrial AS (enligt Dahlberg, 2010b, s.32–33), se tabell 3 i avsnitt 9.2.5.

9.2.5 Anläggning med tillämpad teknik

Vid avloppsreningsverket, Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS), tillämpas kalkfällning i kombination med luftstripping. Avloppsreningsverket finns i närheten av Oslo, Norge, och är ett av de största i skandinavien. Under åren 1991–1997 byggdes anläggningen ut med biologisk kväverening, rötning av slam, produktion av biogas samt med ammoniakavdrivning med luft från rejektivatten. Dahlberg besökte denna anläggning i maj 2010, och blev guidad runt vid anläggningen (Dahlberg, 2010b, s.26). Dahlberg har skrivit om besöket vid anläggningen i sitt examensarbete (Dahlberg, 2010a).

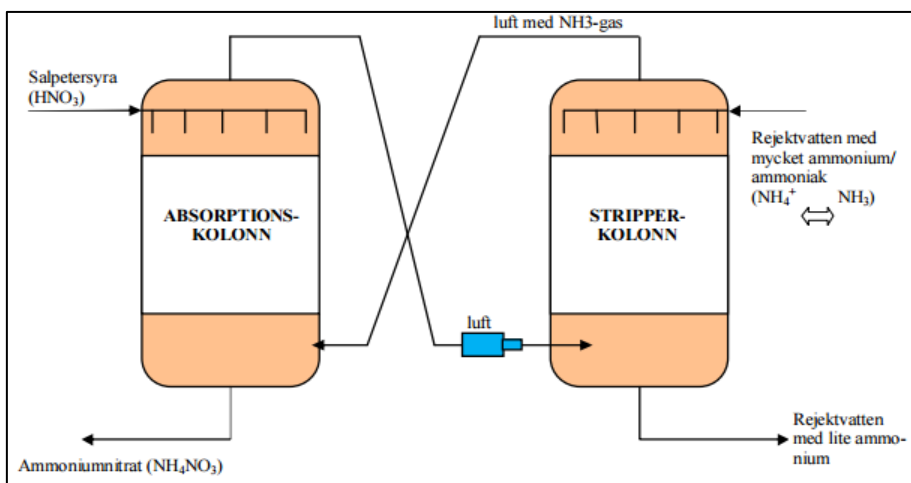
Vid anläggningen behandlas rötresten med en TS-halt på 3,8–4 % med bränd kalk, vilket ger en bättre avvattningsgrad samt ökar rötrestens kvalitet och dess pH-värde inför ammoniakstrippingen. Därefter avvattnas rötresten i fyra steg i kombinerade kammarfilterpressar samt termiska vakuomtorkar. Detta ger ett hygieniserat slam med en TS-halt på omkring 53 %. Enligt anläggningens årsrapport 2008 är massan slam årligen 15 188 ton TS/år (Dahlberg, 2010b, s.27–28).

Efter avvattningen går rejektivattnet till ett förfilter på omkring 3,5 mm, vilket sker som en extra säkerhetsåtgärd. Därefter leds rejektivattnet till toppen av stripperkolonnen och ammoniakavdrivningsprocessen startar. Det ingående rejektivattnet i kolonnen har ett temperaturintervall på 35–40 °C, och innehåller 1000–1400 mg ammoniumkväve per liter. Då rejektivattnet efter ammoniakavdrivningsprocessen leds tillbaka till det inkommande vattnet i avloppsreningsverket har halten ammoniumkväve minskat till omkring 130–196 mg per liter, vilket innebär en ammoniumkvävereduktion på omkring 86–87 % (Dahlberg, 2010b, s.28–29).

Stripperkolonnen vid anläggningen har en droppfångare som luftströmmen passerar efter att luften passerat genom fyllkropparna, för att minska mängden rejektvatten, innehållande små rester av TOC (totalt organiskt kol) vilket kunde följa med luften till absorptionskolonnen. I absorptionskolonnen sker tillsättningen av salpetersyra och vatten. Luftflödet, vilket drivs av en fläkt, leds sedan till botten av absorptionskolonnen och tas ut i toppen för att åter igen gå till stripperkolonnen. Anläggningen har en densitetmätare som styr salpetersyratillförseln samt ammoniumnitratuttaget vid absorptionskolonnen (Dahlberg, 2010b, s.30–31).

Kalk i basisk lösning resulterar i utfällningar på bl.a. stripperkolonnens fyllkroppar, varför stripperkolonnen tvättas med saltsyra (HCl) med 6–8 veckors intervall vid anläggningen för att förhindra igensättning (Dahlberg, 2010b, s.30).

En bild som illustrerar ammoniakavdrivningsprocessen vid anläggningen finns att ses här nedan i figur 11.



Figur 11. Bild som illustrerar ammoniakavdrivningsprocessen vid Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS).

Källa: Dahlberg, 2010b, s.30.

Enligt anläggningens årsrapport 2008 producerades 3 920 ton (55 %) ammoniumnitrat, vilket resulterade i att 377 ton kväve avskiljdes från rejektvattnet medan 59 ton passerade igenom stripperprocessen och leddes tillbaka till inkommande vatten. Samma år tog avloppsreningsverket emot 2 863 ton kväve och släppte ut 823 ton kväve (Dahlberg, 2010b, s.33).

På ammoniumnitrat ställs kvalitetskrav av köparen YARA Industrial AS (Dahlberg, 2010b, s.33), några av dessa kan ses i tabell 3 här nedan. Tabellen innehåller gränsvärden och larmgränser för stripperanläggningens styrsystem samt för egenkontroll.

Tabell 3. Några kvalitetskrav för producerad ammoniumnitrat (YARA Industrial AS).

PARAMETER	GARANTERADE VÄRDEN	LARMGRÄNSER
Densitet vid 20°C	1,22 - 1,26 kg/dm ³	<1,22 eller >1,26 kg/dm ³
TOC	< 100 mg/l	> 50 mg/l
Klorider	< 30 mg/l	> 20 mg/l

Källa: Dahlberg, 2010b, s.33.

9.2.6 Fosfor och kvävet avskiljningsgrad

Vid kalkfällning i kombination med luftstripping avskiljs endast löst kväve (ammonium) från rejektvatten, och bildar genom syratvätt lösningar med hög kvävehalt. Mängden kväve som kan avskiljas beror på mängden rejektvatten och dess kväveinnehåll samt hur väl luftstripperprocessen fungerar.

9.2.7 Driftproblem

Det kan förekomma driftproblem vid kalkfällning i kombination med ammoniakavdrivning och utfällningar som förekommer på fyllkropparna i stripperkolonnen kan resultera i igensättning. Igensättningen kan dock förhindras genom att tvätta luftstripperkolonnen med saltsyra, vilket nämnts tidigare i avsnitt 9.2.5.

9.3 Leverantörer och tekniker

Det finns flera olika tekniker för rejektvattenrening och det är svårt att samla information om alla som finns på marknaden eftersom utveckling inom området sker hela tiden. Det förekommer också att information om tekniker hemlighetsålls från offentligheten av företagen för att undvika att tekniken plagieras (Dahlberg, 2010b, s.8). Tidigare i denna rapport, i avsnitt 8.1 och 8.2, har struvitfällning respektive kalkfällning i kombination med luftstripping behandlats. Tekniker för struvitfällning har det funnits en hel del information om, medan det har varit svårt att hitta information om tekniker vilka tillämpar luftstripping.

Dahlberg har i sitt examensarbete sammanställt en tabell över tänkbara leverantörer för biogödsel förädling samt de leverantörer vilka dessutom fungerar som konsulter (Dahlberg, 2010b, s.8), se tabell 4.

Tabell 4. Några leverantörer för rötresthantering och rejektvattenrening.

FÖRETAG	AVVATTNING	ULTRAFILTER	OMVÄND OSMOS	INDJUNSTNING	STRIPPING	TORKNING	STRUVIT	ANAMMOX	PROCESSLÖSNING	KONSULT
4.1 Anhydro	X			X		X			X	
4.2 Aquasystems Technology				(x)						X
4.3 A3 Water solutions		X	X						X	
4.4a Christian Berner - GEA	X			X	X	X			X	
4.4b GEA Wiegand				X						
4.4c GEA Barr-Rosin						X				
4.5 Ecofys										X
4.6 Envimac					X					
4.7 GEA Westfalia	X									
4.8 Green Farm Energy		(x)	(x)		(x)					X
4.9 Haarslev				X		X			X	
4.10 Haase		X	X						X	(x)
4.11 HOH Water Technology		X	X							
4.12a Lesni					X					
4.12b MEC Energy Nordic					X					
4.13 Mercatus Engineering		X								
4.14 Noxon	X									
4.15 Ostara							X			
4.16 Paques								X	X	
4.18 Renew Energy			(x)		(x)					X
4.19 Schmack Biogas										(x)
4.20 Seaborne					X				X	
4.21 Splitvision					X		X		X	
4.21 VEAS					X					
4.22 Watergroup	X				X				X	
4.23 Waterleau										X

Källa: Dahlberg, 2010b, s.9.

9.4 Ekonomi

Kostnader för att tillämpa reningstekniker för MAP respektive kalkfällning i kombination med luftstripping inverkar på många faktorer. Faktorerna vilka inverkar på kostnaderna är bl.a. tekniken som används och dess energiförbrukning samt kemikalieförbrukningen och andra material nödvändiga för att utföra de olika rejektvattenreningsprocesserna.

I tabell 5 här nedan finns några fosforåtervinningstekniker respektive kostnader för att använda dessa sammanställda av Norén m.fl. (2013) (enligt Baresel et.al., 2014, s.17). Teknikerna Ash Dec, Pasch samt SesalPhos skall dock uteslutas eftersom de behandlar aska från förbränning av avloppsslam. Enligt den sammanställda tabellen är Seaborne den dyraste tekniken med 46 euro/kg P. Seaborne är en fosforåtervinningsteknik med flera kemiska processteg där fosfor faller ut som struvit, och den höga kostnaden för processen beror därför på dess flera processteg och kemikalieförbrukning (Baresel et.al., 2014, s.17).

Seaborne fungerar också som leverantör för strippertekniker, vilket kunde ses i tabell 4 i avsnitt 8.3. Ostara däremot har en något lägre kostnad på omkring 10 euro/kg P.

Tabell 5. Kostnad för fosforåtervinning för några tekniker (Växelkurs: 1 EUR = 8,7 SEK).

Metod	Euro/kg P	kr/kg P	Referens
Pasch	4,40	38	Pinnekamp m.fl. (2011)
Crystalactor	5,9-6,8	44-59	Nieminen (2010)
Phosnix	7,7-9	97-78	Pinnekamp m.fl. (2011)
P-Roc	3,0-12	26-104	Pinnekamp m.fl. (2011)
Fix-Phos	2,0 -7	17-61	Pinnekamp m.fl. (2011)
Phoxnan	11-25,0	96-218	Pinnekamp et al (2011)
SesalPhos	7,5-9	65-78	Pinnekamp m.fl. (2011)
Ostara	10	87	Nieminen (2010)
Berlin /Airprex	3	26	Nieminen (2010)/Carlson m.fl. (2013)
Seaborne	46	400	Nieminen (2010)
Ash Dec	2,20	19	Pinnekamp m.fl. (2011)

Källa: Baresel et.al., 2014, s.17.

10 Reningsmetodernas tillämpning vid Jeppo Biogas Ab

Vid biogasanläggningen i Jeppo vill man sträva till att behandla rejektvattnet som uppstår genom att avlägsna kvävet och fosfor så mycket som möjligt, för att sedan kunna förädla produkten som bildas vid hanteringen av rejektvatten som gödselmedel. Som tidigare nämnts, finns inget rejektvatten vid biogasanläggningen i Jeppo i nuläget och rötresten transporteras ut till jordbrukarna efter hygieniseringen.

I kapitel 9 behandlades MAP samt kalkfällning i kombination med ammoniakavdrivning med luft som tänkbara metoder för rejektvattenrening. Dessa metoder kommer därför att behandlas i detta kapitel som tänkbara metoder för rejektvattenrening vid biogasanläggningen i Jeppo. Teknikerna kräver avvattning av rötrest för att kunna tillämpas.

10.1 Val av tillbudsstående teknik och kemikalieanskaffning

I tabell 4 i avsnitt 9.3 fanns leverantörer för olika rejektvattenreningstekniker sammanställda och någon av dessa kunde därför väljas som tänkbar teknik för att rena rejektvattnet vid biogasanläggningen. Det är dock osäkert hur väl metoderna för rejektvattenrening fungerar i kombination med biogasanläggningens avvattningsteknik. Förutom val av teknik för rejektvattenrening bör dessutom eventuell kemikalieanskaffning utföras.

10.1.1 Avvattningsteknik

Vid biogasanläggningen i Jeppo finns en skruvseparator, vilket kommer att användas för att separera rötresten i en vattenfas och en fast fas. Den fasta gödselprodukten kommer i samband med detta att innehålla en högre TS-halt. Rejektvattnet som uppstår vid avvattningen beror på hur mycket som kan avskiljas i skruvseparatorn. Enligt biogasanläggningens miljötillståndsbeslut har rejecktvattnets mängd beräknats till omkring 37 800 ton årligen och omkring 100 m³/dygn.

10.1.2 Rejecktattenreningsteknik

I tabell 4 i avsnitt 9.3 finns några leverantörer för olika reningsmetoder sammanställda. Det finns flera faktorer som inverkar vid val av rejecktattenreningsteknik. Tillstånd för att utföra reningsprocessen krävs och utsläppskrav bör tas i beaktande liksom restproduktens avsättning för att göra reningsprocessen ekonomisk lönsam.

10.1.3 Kemikalieanskaffning

Vid tillämpning av struvitfällning krävs eventuell kemikalieanskaffning av magnesiumhydroxid eller magnesiumoxid beroende på vilken magnesiumkälla som tillsätts i samband med pH-höjningen i reningsprocessen. Alternativt krävs natriumhydroxid vid koldioxidstripping för att öka på pH.

Vid kalkfällning i kombination med ammoniakavdrivning med luft krävs det att kalkbaserade produkter, så som t.ex. bränd kalk eller lut, används. En kalkanskaffning bör därför göras. Dessutom krävs svavelsyra alternativt salpetersyra, beroende på vilken restprodukt man vill förädla, för att reningsprocessen skall genomföras. I detta fall rekommenderas att svavelsyra används eftersom detta ger en restprodukt vilket kan förädlas som gödselprodukt. Utöver detta krävs en anskaffning av saltsyra för att tvätta anläggningen som utför ammoniakavdrivningsprocessen.

10.2 Reningsresultat

Reningsresultaten vid tillämpning av reningsteknik beror på mängden rejektvatten som uppstår vid avvattningen och dess näringsinnehåll samt på rejektflödet och hur välfungerande reningsprocessen är. I avsnitt 9 behandlades också anläggningar som tillämpat de redovisade reningsmetoderna där det framkom reningsresultat för respektive reningsmetod. Anläggningarna vilka tillämpats är dock storskaliga, vilket bör tas i beaktande.

10.3 Slutprodukt

Vid tillämpning av teknikerna produceras slutprodukter. Struvitfällningen ger en struvitprodukt och kalkfällningen i kombination med ammoniakavdrivning med luft ger ammoniumsulfat alternativt ammoniumnitrat beroende på vilken syra som tillförs absorptionskolonnen i ammoniakavdrivningsprocessen. Restprodukternas renhet beror bl.a. på hur väl reningsprocesserna fungerar.

Struvitprodukten är en gödselprodukt med hög fosforhalt, medan ammoniumsulfat respektive ammoniumnitrat innehåller en hög kvävehalt. Ammoniumsulfat kan förädlas som bl.a. gödselprodukt, medan ammoniumnitrat främst säljs vidare för industriellt bruk.

10.4 Utsläppskrav

Vid rening av rejektvatten bör också utsläppskrav tas i beaktande. Anslutning till avloppsreningsverk görs vanligen i samband med rening av rejektvattenrening och rejektet bör därför uppfylla alla krav för att få släppas ut för vidarebehandling. Utsläppskraven baserar sig på EU-direktiv och finsk lagstiftning, och varierar för olika anläggningar. Biogasanläggningen i Jeppo sammanställs troligen kraven i samband med miljötillståndsprocessen för reningsprocessen.

11 Sammanfattning och diskussion

Målet med detta arbete var att göra utredningar över lämpliga reningstekniker för rejektvatten från rötrest som i framtiden kunde tillämpas vid biogasanläggningen i Jeppo. I arbetet fokuseras det på två tänkbara metoder och jämförelser gjordes mellan dessa. Det finns en hel del olika tekniker för att utföra struvitfällning samt kalkfällning i kombination med ammoniakavdrivning med luft, vilket gör det svårt utan bredare omfattning av utredningar att hitta den metod som är mest lönsam ur en ekonomisk synvinkel. I litteraturen har det framkommit att anläggningar för struvitfällning samt anläggningar för kalkfällning i kombination med ammoniakavdrivning med luft har fungerat tillfredsställande, men de olika processkraven för respektive reningsprocesser är av stor betydelse för hur väl reningsprocessen fungerar. Dessutom inverkar faktorer så som rejektflödet, kemikalieåtgång samt hur energikrävande reningsprocesserna är. Vid tillämpning av reningsmetoderna producerades dock slutprodukter vilka kan förädlas som gödselprodukter.

På basis av denna rapport kan Jeppo Biogas Ab gå vidare med hjälp av experter inom området för att i framtiden kunna tillämpa en reningsteknik för att behandla rejektvattnet som uppstår vid biogasanläggningen. Denna rapport kan även vara till fördel för andra verksamheter samt andra intresserade inom området.

12 Källförteckning

Rapporter

- Baresel, C., Ek, M., Fortkamp, U., Levlin, E., Ljung, E., Palm, O. & Tjus K., 2014. *Metoder för fosforåtervinning ur avloppsslam*. IVL Rapport Nr B2184. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Carlsson, M. & Uldal, M., 2009. *Substrathandbok för biogasproduktion*. Rapport Nr SGC 200 (u.o.): Svenskt Gastekniskt Center AB.
- Dahlberg, C., 2010a. *Biogödsselförädling – Tekniker och leverantörer*. Rapport Nr SGC 221 (u.o.): Svenskt Gastekniskt Center AB.
- Dahlberg, C., 2010b. *Biogödsselförädling – Tekniker och leverantörer*. Rapport Nr U2011:03. Malmö: Avfall Sverige.
- Eriksson, L., Hultman, B., Levlin, E., Palm, O., Thyselius, L. & Wikberg, A., 2001. *Förädling av rötrest från biogasanläggningar*. Rapport Nr 01:09. Malmö: Svenska Renhållningsverksföreningen.
- Falk, A. & Hansson, S., 2002. *Rejektvattenbehandling med SBR-teknik – Erfarenheter från rejektivattenanläggningen vid Sundets avloppsreningsverk i Växjö*. Luleå: Lärdomsprov för civilingenjörsexamen. Luleå tekniska universitet, Institutionen för Samhällsbyggnadsteknik.
- Fransson, L., Löwgren, S. & Thelin, G., 2010. *Återvinning av näringsämnen från rötrest genom struvitfällning*. Rapport Nr SGC 218 (u.o.): Svenskt Gastekniskt Center AB.
- Heldt, D., 2005. *Återvinning av fosfor från avloppsvatten som behandlas med biologisk fosforering: En studie i att fälla ut struvit ur rejektivatten från rötat Bio-P-slam*. Stockholm: Lärdomsprov för magisterexamen. Kungliga Tekniska Högskolan, Industriell Ekologi.
- Svenska lantbrukssällskapets förbund, 2007. *Produktion av biogas på gården*. Vasa: Fram Ab.
- Waste Refinery, 2010. *Förädling av rötrest från storskaliga biogasanläggningar*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Elektroniska källor

- Biogasportalen*, 2015a. (Online)
<http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas> (hämtat: 15.1.2015).

Biogasportalen, 2015b. (Online)

<http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas/Biogasfakta>
(hämtat: 21.2.2015).

Biogasportalen, 2014. (Online)

<http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Anvandning> (hämtat: 5.3.2015).

Biogasportalen, 2015c. (Online)

<http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas/Energiinnehall>
(hämtat: 2.3.2015).

Biogasportalen, 2015d. (Online)

<http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas/RentoSakert>
(hämtat: 26.2.2015).

Biogasportalen, 2015e. (Online)

<http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Produktion/Uppgradering>
(hämtat: 9.3.2015).

Energibyprojektets hemsida (u.å.). (Online)

<http://energiakyla.fi/se/projektet.html> (hämtat: 27.2.2015).

Energiprojektets hemsida (u.å.). (Online)

http://energiakyla.fi/se/projektet_byar.html (hämtat: 3.12.2015).

Energigas Sverige, 2014. (Online)

<http://www.energigas.se/Energigaser/FAQ/FAQBiogas> (hämtat: 22.10.2015).

Gasbilen Sverige, 2015. (Online)

<http://www.energigas.se/Energigaser/FAQ/FAQBiogas> (hämtat: 6.12.2015).

Jeppo Biogas Ab:s hemsida (u.å.). (Online)

<http://www.jeppobiogas.fi/om/> (hämtat: 10.1.2015).

Jeppo Biogas Ab:s hemsida (u.å.). (Online)

<http://www.jeppobiogas.fi/om/samarbetspartners/> (hämtat: 16.10.2015).

Jeppo Biogas Ab:s hemsida (u.å.). (Online)

<http://www.jeppobiogas.fi/biogasprocess/> (hämtat: 17.1.2015).

Jeppo Biogas Ab:s hemsida (u.å.). (Online)

<http://www.jeppobiogas.fi/biogasprocess/hantering-av-rest/> (hämtat: 20.3.2015).

Jeppo Biogas Ab:s hemsida (u.å.). (Online, PDF)

<http://www.jeppobiogas.fi/assets/Jeppo-vaextkraft-sv-2015-01.pdf> (hämtat: 16.3.2015).

Projektet BioBio:s hemsida (u.å.). (Online)
<http://biobio.novia.fi/nedbrytningsprocessen.html> (hämtat: 21.4.2015).

Projektet BioBio:s hemsida (u.å.). (Online)
<http://biobio.novia.fi/nedbrytbarhet.html> (hämtat: 13.2.2015).

Projektet BioBio:s hemsida (u.å.). (Online)
<http://biobio.novia.fi/substrat.html> (hämtat: 9.2.2015).

Projektet BioBio:s hemsida (u.å.). (Online)
<http://biobio.novia.fi/forbehandling.html> (hämtat: 23.2.2015).

Suomen Bioauto:s hemsida, 2013. (Online)
<http://www.suomenbioauto.fi/den-daligt-kanda-biogasen-ar-svaret-pa-manga-problem-i-trafiken/> (hämtat: 10.12.2014).

Författningssamlingar

Europaparlamentets och rådets förordning 21.10.2009/1069.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:SV:PDF>
 F (hämtat: 23.2.2015).

Jord- och skogsbruksministeriet 13.9.2011/24.
http://www.mmm.fi/attachments/elo/newfolder/lannoiteaineet/61fA18BFZ/MMMMa_24_1_1_lannoitevalmisteista_FL.PDF (hämtat: 16.3.2015).

Statsrådets förordning om begränsning av utsläpp i vattnen av nitrater från jordbruket 9.11.2000/931. <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2000/20000931> (hämtat: 16.3.2015).

Interna dokument

Energibyprojektet – 1.6.2011–31.5.2014. Information om energibyprojektet, 25.10.2013.

Forskningsrapport för rötrest. Sammanställd rapport om analysuppgifter för rötrest, som uppstår vid biogasanläggningen Jeppo Biogas Ab, som gjorts av Eurofins Viljavuuspalvelu Oy den 07.01.2015.

Frände, N., 2010. *Rötrestdistribution – Grundläggande information för planering av rötrestdistribution för biogasanläggningar*. Yrkes högskolan Novia, Vasa.

Päätös. Beslut av Aluehallintovirasto om förändring av biogasanläggningen Jeppo Biogas Ab:s verksamhet, 11.02.2014.

Ympäristölupapäätös. Miljötillståndsbeslut av Aluehallintovirasto för biogasanläggningen Jeppo Biogas Ab:s grundande, 22.12.2011.

Tabell över inkommande organiskt material.

Bilaga 1

	Antal ton/ år
Svinsväm	47 500
Nötkreatursslam	9 000
Pälsdjursgödsel	8 000
Förbehandlingslam från pot.förädling	4 000
Skalrester från potatisförädling	3 000
Hårslam från läderindustrin	2 500
Livsmedelsindustrislam	96
Livsmedelsavfall	53
Mag- och tarminnehåll	7 744
Slam från reningsverk	140
Slam från fettavskrapning	3 500
Gräs och halm	4 000
SAMMANLAGT	89 533

Karta över rörens placering för inkommande organiskt material.

Bilaga 2

