

Energi- och resurs- hushållningsanläggning (ERA)

En förstudie

Christian Baresel, Mats Ek, Lars Bengtsson
Halina Rybczynski
B2114
November 2012

Rapporten godkänd:
2013-05-27

John Munthe
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Energi- och resurshushållningsanläggning (ERA) En förstudie Anslagsgivare för projektet ENVIDAN, Läckeby water, Kalmar vatten Naturvårdsverket
Telefonnr 08-598 563 00	
Rapportförfattare Christian Baresel, Mats Ek, Lars Bengtsson, Halina Rybczynski	
Rapporttitel och undertitel Energi- och resurshushållningsanläggning (ERA) En förstudie	
Summary <p>A working group consisting of VA-professionals (the Kalmar-initiative) proposes a new strategy for municipal wastewater treatment that focuses on an increased microbial conversion of organic and inorganic pollutants into valuable resources, i.e. recycling of nutrients, and an increased utilization and production of energy. In order to reach these goals the proposed ERA-design is based on following concept:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Design of the incoming wastewater to a high COD/N ratio. ▪ Selections of the fastest bacteria in the activated sludge (100% biological nitrogen reduction without the use of the slow-growing bacteria for nitrification / denitrification, but the use of a rapid and stable heterotrophic biological assimilation. 100% biological phosphorous reduction without the use of the chemicals.) ▪ Increased sludge production with high energy content. ▪ Central treatment of supernatant (e.g. with anammox and/or regeneration of N and P) <p>This pre-study aimed to investigate whether a conventional wastewater treatment plant can be operated with high organic load, short sludge age and nutrient removal by 100% biological assimilation.</p> <p>The results show that the treatment of wastewater using the ERA concept was acceptable. Nitrogen removal in the experiment was better than in traditional WWTP with the same wastewater. Also phosphorus removal and reduction of organic material was good with a reduction of around 80% and 90%, respectively. The project also showed that the carbon/nitrogen ratio has great impact on sludge characteristics.</p>	

Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren
biologisk assimilering, resurs-effektiv, biogas, kol-kväve kvot

Bibliografiska uppgifter
IVL Rapport B2114

Rapporten beställs via
Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm

Sammanfattning

Sverige har idag en väletablerad och stabil teknik för avloppsvattenrening med god reningsgrad. Samtidigt är återvinningen av näringsämnen låg och processen relativt energikrävande. Konceptet Energi- & Resurshushållnings Anläggning (ERA) som initierades av projektparterna Kalmar kommun och ENVIDAN syftade till att skapa en diskussion kring nya designmål för avloppsvattenrening med visionen att nå en kretsloppsanpassad och energieffektiv hantering av svenskt avloppsvatten för ett uthålligt samhälle. Med hjälp av ett konkret exempel undersöks en intressant möjlighet är att driva en aktivslamanläggning med maximalt slamutbyte och därmed assimilera så mycket som möjligt av vattnets kväve och fosfor i slammet. Fördelen med detta skulle vara att man skulle undvika luftningsenergi för oxidation av ammonium, och utvinna biogas vid rötning av den större slammängden. Samtidigt krävs en extra kolkälla med låg halt av kväve som behöver tillsättas för att ge tillräcklig mängd slam och assimilation. Denna externa kolkälla kan behövas i stora mängder för att skapa de rätta förutsättningar för assimileringen av närsalterna. Dessutom frigörs en stor del av närsalterna vid slamrötning och rejektivattenbehandlingen blir därmed en viktig komponent i upplägget. Avvägningen blir då om en direkt rötning av eventuell extern substrat är att föredra.

Under en workshop som arrangerades av Kalmar kommun framkom det en del invändningar mot konceptet bland annat av kända forskare inom vattenreningsteknik som har jobbat med liknade idéer under 70-talet. Samtidigt var man överens att förutsättningar idag skiljer sig i många avseende från de under tidigare studier och att samhällets fokus på energi- och resurshushållning är mycket mer utpräglat idag. Även hantering av olika avfallstyper som resurs istället för en belastning är mycket mer accepterad idag och nya koncept som leder till ett mer hållbart samhälle är efterfrågade. Man bestämde sig därför att undersöka möjligheten hur diskussionen kring nya designmål kan föras vidare.

I detta samband har en förstudie initierats för att undersöka potentialen för ERA-konceptet, att undersöka invändningarna och som förberedelse för mer djupgående försök att ta idén vidare med en fullskaleimplementering som slutmål. I ett pilotprojekt på FoU-anläggningen Hammarby Sjöstadverk har man därför testat en högbelastad aktivslamanläggning där huvuddelen av kväve och fosfor skulle tas upp i slammet genom biologisk assimilation. Rapporten beskriver ERA-konceptet samt innehållet och resultat av förstudien på försöks- och demonstrationsanläggningen Hammarby Sjöstadverk.

Rapporten ger också en diskussion kring svårigheter och utmaningar med ERA-konceptet. På slutet ges även ett utkast till en eventuell fortsättning av projektet.

Resultaten visar att reningen av avloppsvatten med ERA-konceptet var bra. Kvävereningen i försöket var bättre än i traditionella reningsverk med samma avloppsvatten. Även fosforeringen och reduktion av organiskt material var bra med en reduktion på runt 80% respektive 90%. Projektet visade också att kol/kväveförhållanden har stor inverkan på slamegenskaper.

Innehållsförteckning

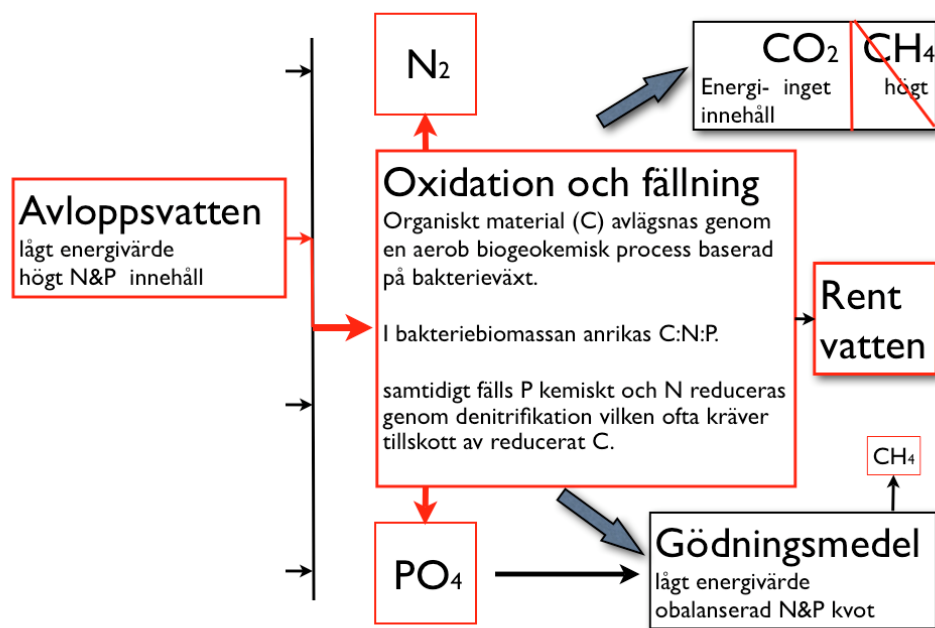
1	Bakgrund.....	4
1.1	Designmål som ligger till grund till ERA-konceptet.....	6
1.2	Det modifierade biologiska reningskonceptet i korthet.....	7
1.3	Designkoncept.....	8
2	ERA förstudie.....	11
2.1	Förväntad nytta av projektresultatet.....	11
2.2	Finansieringen.....	11
2.3	Genomförande.....	11
2.4	Resultat.....	13
2.5	Problem och osäkerheter.....	16
3	Diskussion/Begränsningar.....	17
4	Kvarvarande frågor och fortsättning av projektet.....	18
4.1	Frågor som behöver besvaras.....	18
4.2	Ett möjligt upplägg för ett fortsättningsprojekt.....	18
4.3	Vad finns för behov/möjligheter.....	19
5	Referenser.....	20

1 Bakgrund

Sverige har idag en väletablerad och stabil teknik för avloppsvattenrening med god reningsgrad. Samtidigt är återvinningen av näringsämnen låg och processen relativt energikrävande. Idén med det föreslagna ERA-konceptet (Energi- & Resurshushållnings Anläggning) är att nå en kretsloppsanpassad och energieffektiv hantering av svenskt avloppsvatten.

Rening av avloppsvatten framhålls gärna som ett exempel på Sveriges framsynta miljövård. Målet har varit att rena inkommande vatten till hög hygienisk vattenkvalité samt med låg påverkan på recipienten. Genom en relativt tidig utvecklingsstart av både biologisk och kemisk rening renas avloppsvattnet idag från ca 60 % N och 95 % P (Naturvårdsverket 2006). Förutom mekanisk rening är följande steg vanliga i svensk avloppsvattenrening:

- Kemisk fällning av fosfor;
- Aeroba biologiska processteg där luftning används för att optimera nedbrytning av organiskt material och omvandling av ammonium till nitrat;
- Särskild kväverening; ett anoxiskt processteg där kväve lämnar systemet som kvävgas genom mikrobiell denitrifiering. Drygt 50 % av centralt behandlat svenskt avloppsvatten genomgick detta steg 2008.



DiMedia AB

Figur 1. Nuvarande reningsstrategi.

Genom att avskilja kväve och fosfor och stimulera aerob respiration i systemet hålls produktion av biomassa (slam) nere. En orsak till att begränsa slamproduktion i systemet har varit ett högt innehåll av tungmetaller vilket tidigare begränsat möjligheten att använda slammet som gödningsmedel i jordbruk. 2006 användes bara ca 15 % av slammet som gödning i jordbruket (SCB 2008a). Främst genom certifieringssystemet Revaq har andelen slam till åkermark sedan dess ökat. Huvuddelen av det producerade slammet rötas för att generera biogas men en stor del av den tillgängliga kolresursen i avloppsvattnet oxideras till koldioxid.

Den nuvarande reningstekniken resulterar överlag i ett utgående vatten som väl följer specifikationen som motsvarar gällande recipientkrav. Samtidigt kan följande argument läggas fram för att tänka i nya banor:

- Idag återförs årligen ca 800 ton fosfor till svensk jordbruksmark i form av avloppsslam medan avloppsslam motsvarande 5000 ton fosfor används till "annan markanvändning" eller deponi. Samtidigt tillförs svenska jordbruksmarker 13 000 ton P årligen i form av mineralgödsel till en kostnad av ca 200 miljoner kronor (SCB 2008b). Fosfor är därtill en ändlig resurs och den relativt lättillgängliga och billiga fosforresurser som idag utvinns beräknas vara slut inom 100 år (Steen 1998). Hushållning av fosforresursen är en global problematik kopplad till framtida möjligheter att tillgodose befolkningen med livsmedel.

- Luftning av de aeroba biologiska reningsstegen utgör en betydande del av den totala energikostnaden i ett avloppsreningsverk. Andelen uppskattas i genomsnitt till ca 40 % (Ingildsen 2002) eller 25 % (SVU 2008-01). De olika siffrorna beror sannolikt på vad som räknas in i verkets totala verksamhet.
- Denitrifiering i Sveriges reningsverk leder till ”förlust” av 16 000 ton kväve om året till atmosfären (SCB 2008a). Samtidigt tillfördes 190 000 ton N i form mineralgödsel till jordbruket år 2006 till en kostnad av 1,2 miljarder kronor (SCB 2008b). Syntetisk kvävegödsel står därtill för 1 % av den globala energiförbrukningen och genererar 1,5-3 ton CO₂ per ton producerad NH₃ och bidrar därmed till ett icke försumbart direkt utsläpp av växthusgaser (PSI 2004).
- Dessutom tar de naturresurser som behövs för framställning av handelsgödsels kväve slut betydligt snabbare än reserven av råfosfat. Men i målet för återföring av växtnäring ur avloppssystem är det bara fosfor som tas upp. Det är olyckligt och leder inte till system som tar vara på avloppets alla resurser (Formas 2011).

Sammantaget återvinns endast en liten del av resursen organiskt material och en stor del kväve och kol drivs bort som kvävgas och koldioxid. Det bör tilläggas att differentierade avloppsvattenledningar och enskilda reningsverk vid särskilt belastande industrier har resulterat i kraftigt reducerade tungmetallhalter i avloppsslam. Idag ligger genomsnittliga halter av tungmetaller och organiska miljögifter i avloppsslam långt under riktvärden för användning inom jordbruket (Naturvårdsverket 2006 & SCB 2008a).

1.1 Designmål som ligger till grund till ERA-konceptet

Konceptet Energi- & Resurshushållnings Anläggning (ERA) som initierades av projektparterna Kalmar kommun och ENVIDAN började en diskussion kring nya designmål för avloppsvattenrening. Målet är en kretsloppsanpassad hantering av avloppsvatten där kväve, fosfor och kol i så stor utsträckning som möjligt tas till vara och där netto energianvändningen hålls vid ett minimum genom kombination av energieffektivare processer och effektivare biogasproduktion.

Detta bör vara en given utgångspunkt för resursutnyttjande i ett modernt samhälle som bygger på uthållighetsprincipen. I miljömålsrådets utvärdering av Sveriges miljömål 2008 dras också följande slutsats: “För möjligheterna att nå flertalet miljökvalitetsmål behöver konsumtionsmönstren förändras och Sverige vara drivande i internationella forum. Kretsloppsprincipen är central. Det som utvinns ur naturen behöver nyttjas igen och slutligt omhändertaras resurseffektivt och utan att naturen skadas. Generell energieffektivisering behöver prioriteras” (Miljömålsrådet 2008).

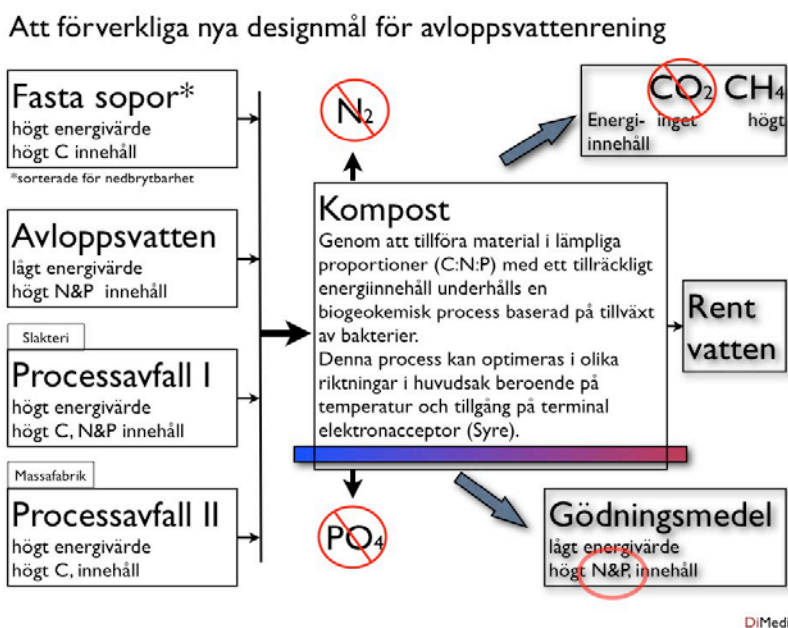
Med de nya designmålen kan även den totala tillförseln av nytt gödselmedel till odlingsmarken minskas. Återvunnet gödselmedel från avloppsrening kan därutöver

tillföras i former som motverkar urlakning. På så sätt kan en utvecklad avloppsvattenrening medverka till att minska eutrofiering av våra vatten och havsområden. Reningsverken ska dessutom producera mer energi (genom biogasproduktion från slamrötning) än det förbrukas till att behandla avloppsvatten. De ska ha en stabil och säker drift samt en låg eller ingen användning av kemikalier. Utsläppsvärden av COD, BOD, kväve och fosfor måste säkerställas på tillräckligt låg nivå.

1.2 Det modifierade biologiska reningskonceptet i korthet

För att nå maximal återvinning och energieffektivitet tar ERA-konceptet sin utgångspunkt i ett modifierat biologiskt reningskoncept. Biologisk rening är redan idag en viktig del av avloppsvattenhantering både genom nedbrytning av organiskt kol och genom denitrifiering. De nya designmålen bygger på att i ännu större omfattning ta till vara mikroorganismers förmåga att omvandla organiska och oorganiska föreningar till värdefulla resurser.

I det modifierade biologiska reningskonceptet är den grundläggande principen att maximera upptag av kväve och fosfor i mikrobiell biomassa. För att maximera produktion av näringsrikt slam krävs optimering av mikrobiella processer där avloppsvattnet kan ses som en lågkoncentrerad näringslösning. Genom en kombination av aerob och anaerob miljö kan biogas (CH₄) genereras direkt från en våt process, alternativt kan det slam som producerats i anrikningsstegen användas till produktion av biogas och växtnäring. Reglering av C:N:P kvoten i det ingående "substratet" blir därvid en central punkt i processen. Genom att återvinna kväve och fosfor kommer den externa tillförseln av handelsgödsel till odlingsmark att kunna reduceras.



Figur 2. De nya designmålen (genomkryssade flöden symboliserar utsläpp som eftersträvas att minska).

I figur 2 redovisas schematiskt ett antal komponenter som kan komma att ingå i en utvecklad design för avloppsvattenrening. Det är viktigt att notera att den kommunala förvaltningen av avloppsrening och avfallshantering kan komma att behöva vara nära kopplad för att möjliggöra en biokemiskt balanserad avloppsvattenrening. Vidare måste betonas att en framtida omläggning av avloppsreningsverkens verksamhet sannolikt kommer att bero av en sofistikerad optimering av kända biokemiska processer snarare än utveckling av ny processteknik.

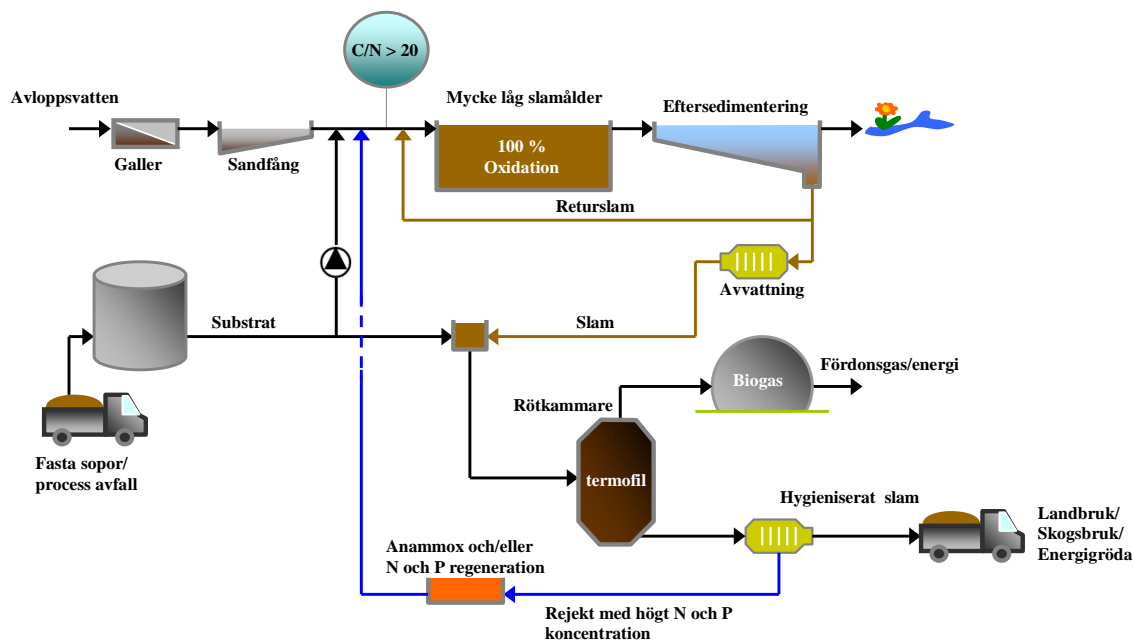
1.3 Designkoncept

Kommunalt avloppsvatten innehåller förhållandevis liten mängd kol jämfört med C:N:P behovet hos reningsverkets mikrobiella flora. I ERA-konceptet ingår därför den totala avfallsresursen dvs. även annat nedbrytningbart avfallsmaterial, så att förutsättningen för de nya designmålen kan uppfyllas.

Designen enligt ERA innebär

- ett inkommande avloppsvatten med høgt COD/N förhållande (t.ex. genom blandning med förbehandlade fasta sopor!).
- Selektion av de snabbaste bakterier i det aktiva slammet
- Stor slamproduktion med høgt energiinnehåll.
- Separat rening av rejecktattnet (t.ex. med anammox och/eller avskiljning av N och P)

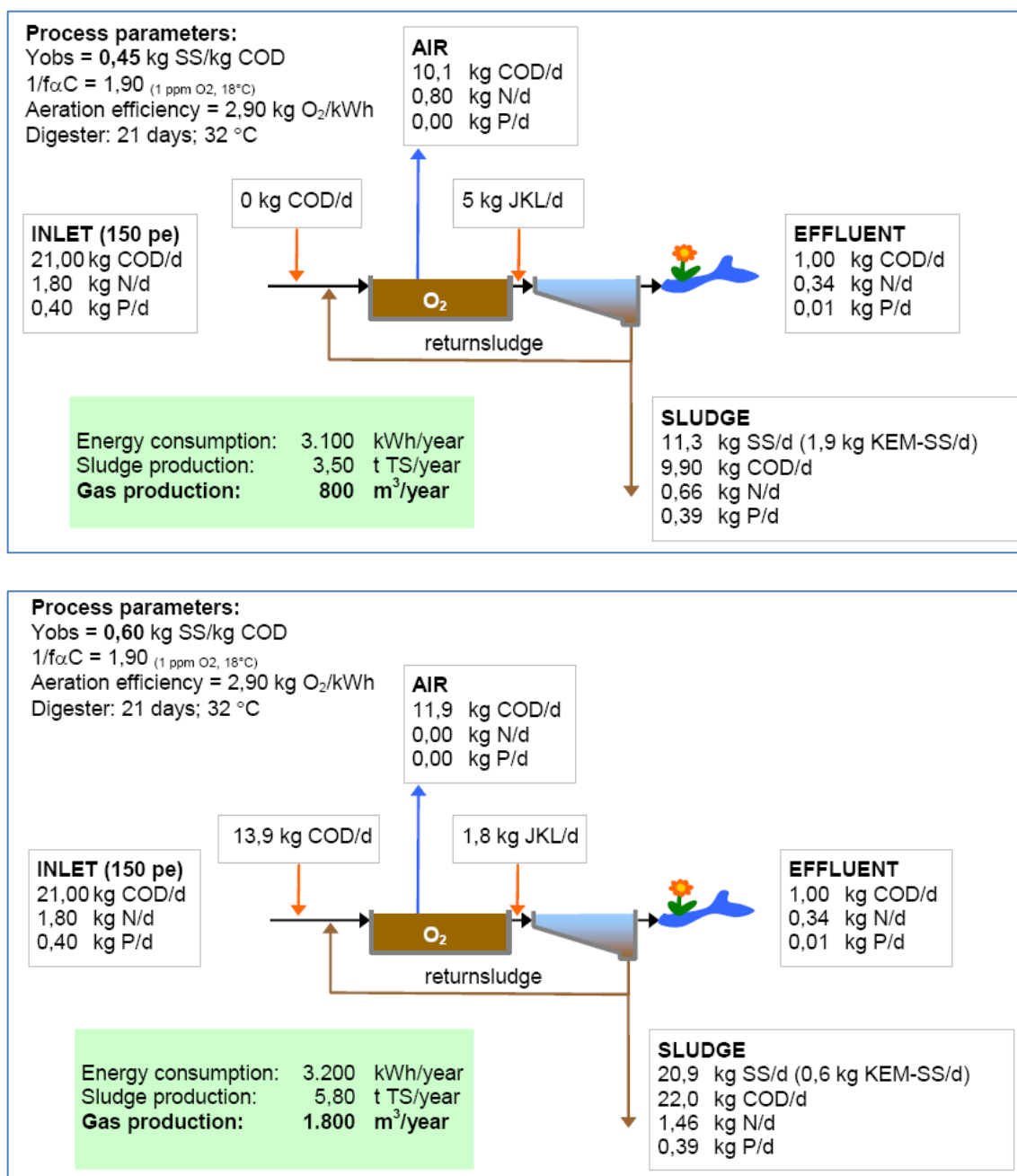
Figuren nedan visar hur en anläggning designad enligt ERA-konceptet skulle se ut.



Figur 3. ERA-designkoncept.

Massbalanser för en konventionell och en 150 pe ARV enligt ERA-designkonceptet ställdes upp av ENVIDAN och användes som grund för diskussioner. Figur 4 utgår ifrån en optimalt fungerade ERA-process enligt de uppsatta designmålen. Inflödet till reningsverken, reningskrav och andra processparametrar som luftningseffektiviteten m.m. stämmer överens i båda exemplen.

I ERA-konceptet (figur 4b) tillsätts dock en extern kolkälla för att höja C/N-kvoten för biologiskt P och N assimilering vilket leder till en ökad energiförbrukning för luftningen men också en ökad slamproduktion med högt energiinnehåll och ökad kvävehalt i slammet. Noterar att denna balans är baserat på förväntade flöden och att rejektivattenbehandlingssteget inte är inkluderat i balanserna.



Figur 4. Massbalanser för en (a) konventionell och (b) en ARV enligt ERA-designkonceptet vid förutsättning att storleken (150 pe), inflödet och utflöde har samma kvalitet i båda fallen (ENVIDAN 2008).

2 ERA förstudie

Syftet med pilotförsöket i projektet "Kalmar ERA-konceptet" var att undersöka om reningsverket kan köras med hög organisk belastning, kort slamålder och närsaltsreningen med upp till 100 % biologiskt assimilering.

2.1 Förväntad nytta av projektresultatet

Pilotförsöket var tänkt som förberedelse för ett större projekt tillsammans med de inblandade samt andra intresserade företag. Studien skulle visa om det är möjligt att behålla en stabil minskning av COD, N och P med biologisk assimilation. Dessutom behövdes förstudien för att bestämma ett antal nyckelparametrar:

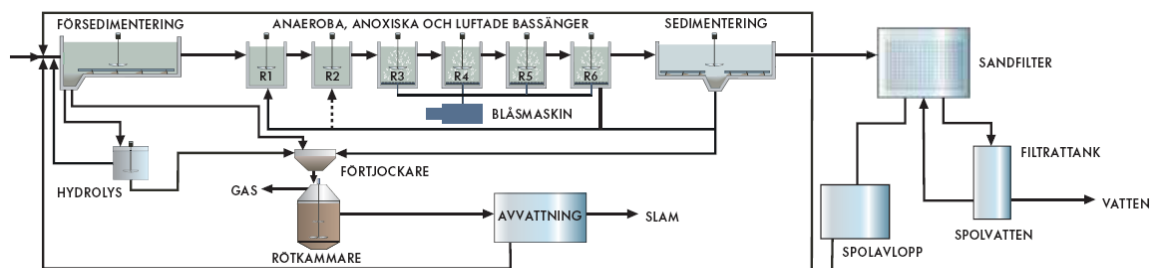
- C/N kvoten som krävs för biologi
- Optimal slamålder
- Luftning
- Biologisk slamproduktion
- Slamegenskaper

2.2 Finansieringen

Förstudien finansierades genom Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårds forskning (SIVL)(50 % motsvarande 195 kkr) och de tre företagspartner Kalmar Vatten, Envidan och Purac/Läckeby som vardera bidrog med 65 kkr.

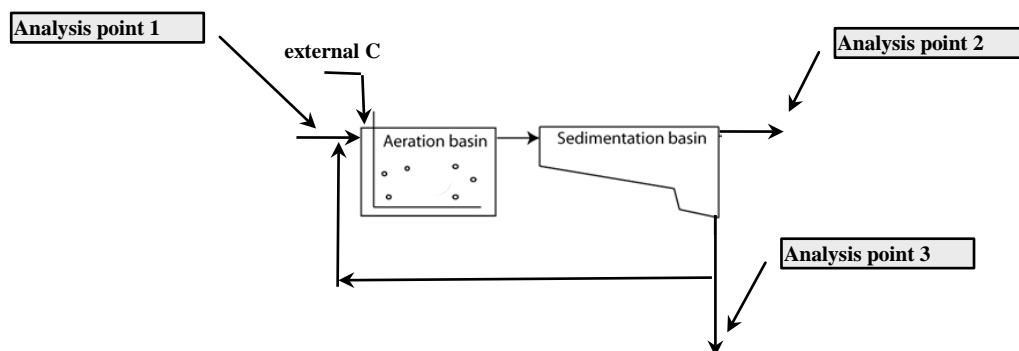
2.3 Genomförande

Projektet startades i september 2009 på försöks- och demonstrationsanläggningen Hammarby Sjöstadverk (www.sjostadsverket.se) som ägs av IVL och KTH. Förstudien använde sig av den existerande reningslinje 1 som är uppbyggd som ett konventionellt modernt svenskt ARV, med förfällning och sedimentering, 6 olika steg för biologisk behandling, eftersedimentering och sandfilter med möjlighet till efterfällning ingår i systemet (se figur 5).



Figur 5. Försökslinje 1 på Hammarby Sjöstadsvverk som motsvarar ett konventionellt modernt svenskt reningsverk.

Av denna försökslinje användes två luftade bassänger samt eftersedimenteringen kompletterad med doseringsmöjlighet av extern kolkälla i den första bassängen (Figur 6).



Figur 6. Experimentell setup av förstudien samt analyspunkterna.

Pilotstudien genomfördes i ett antal experimentella serier med olika driftförhållanden. Hela försöket genomfördes med en belastning med vanligt kommunalt avloppsvatten utan försedimentering och med konstant flöde ($0,4 \text{ m}^3/\text{tim}$).

Utöver dessa ändrades och undersöktes effekterna av följande driftparametrar under försöksperioden:

- slamålder (varierande för att hitta optimum)
- C/N kvot (varierande för att hitta optimum)
- dosering av extern kolkälla (konstant, tidsstyrd, styrning i realtid via ammoniumhalter i biosteget)

I uppföljningssyfte och för utvärdering genomfördes följande analyser:

- Inkommande avloppsvatten (3 dygnsprov/vecka) $\text{NH}_4\text{-N}$, Tot-N, Tot-P, COD, TOC
- Utgående vatten, (3 dygnsprov/vecka) $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Tot-N, Tot-P, $\text{PO}_4\text{-P}$, COD, TOC, SS.
- Sockerlösning: (analyseras efter varje ny blandning) TOC, COD, kontroll av doseringsflöde.
- I biosteg: TS (3ggr/v), Slamvolym (dagligen), luftförbrukning (on-line)
- I överskottsslam (3 ggr/vecka) TS, Tot-N, Tot-P.

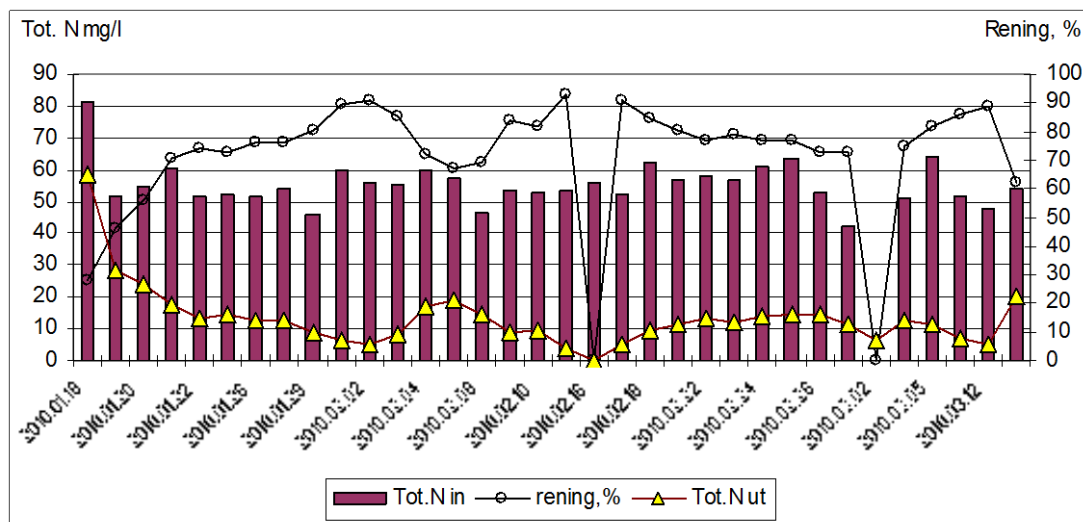
Under försöksperioden har ett antal projektmöten (fysiska och via telefon) hållits för att informera och stämma av. En mindre grupp bestående av driftingenjörer från Kalmar Vatten, Sjöstadsverket och ENVIDAN diskuterade dessutom med jämna mellanrum hur förstudien skulle genomföras och anpassas enligt de senaste resultaten och problem som kom fram i försöket.

2.4 Resultat

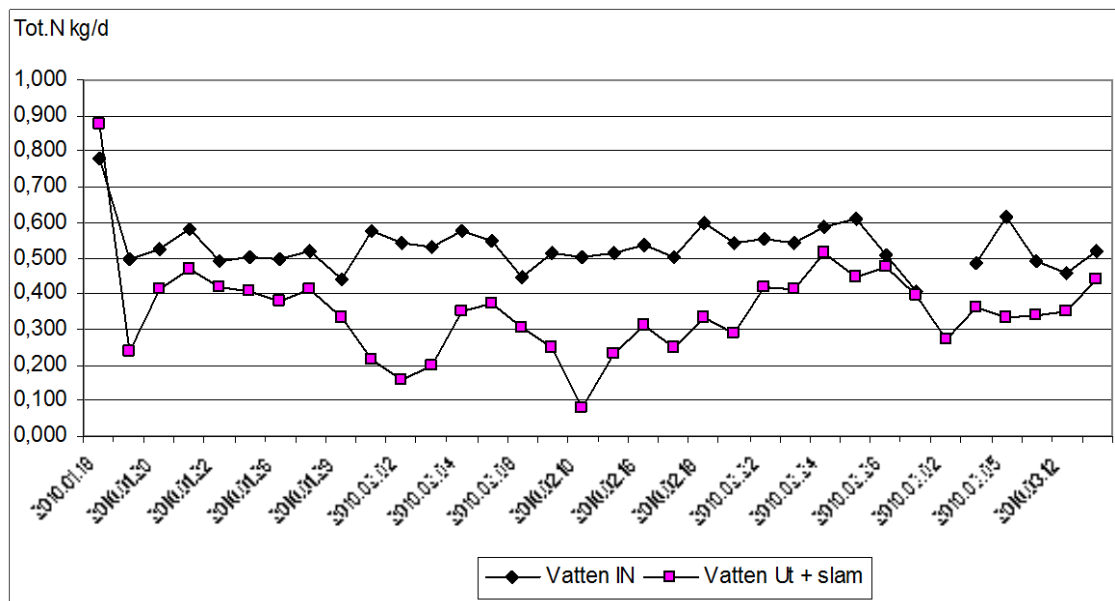
Under perioden september-december 2009 kördes linje 1 med hög organisk belastning, låg slamålder och kontinuerlig dosering av extern kolkälla. Första analysresultat visade en bra reduktion av både fosfor och kväve vilket tydde på biologiskt assimilering, analyser av halterna i slam hade dock ännu inte gjorts. Problem med dåliga slamegenskaper (hög slamvolym vilket visar att slammet har dålig sedimenterings- eller kompakteringsförmåga) gjorde att slamåldern höjdes till 7 dygn efter att problemen blev för stora vid slamålder 5 dygn. För att komma åt problemet med slammet föreslogs prova både att öka och att minskar doseringen av extern kolkälla samt att göra en COD analys av sockret som användes som extern kolkälla.

Efter nyår tömdes hela anläggningen och en helt ny försöksserie kördes igång för att se om samma resultat som innan årsskiftet skulle fås. Resultaten (se nedan samt bilaga 1) visar att reningen var bra. Kvävereningen (figur 7) i försöket var bättre under vintertid än i det stora reningsverket Henriksdal (Stockholm Vatten AB) som har samma inkommande avloppsvatten. Det finns vissa osäkerheter då kvävebalansen inkluderande halterna i slam och vatten inte riktigt går ihop. Detta kan bero på analysfel eller på att vi ändå har vissa andra processer som nitrifikation och denitrifikation i försöket trots den låga slamåldern.

Tester har dock visat att denitrifikation i större utsträckning inte förekommer. Eftersom halterna av suspenderat material inte motsvarar de halter som skulle förklara den delen av kväve som saknas i vatten och slam tyder allt på att kväve ändå lämnar systemet som kvävgas.

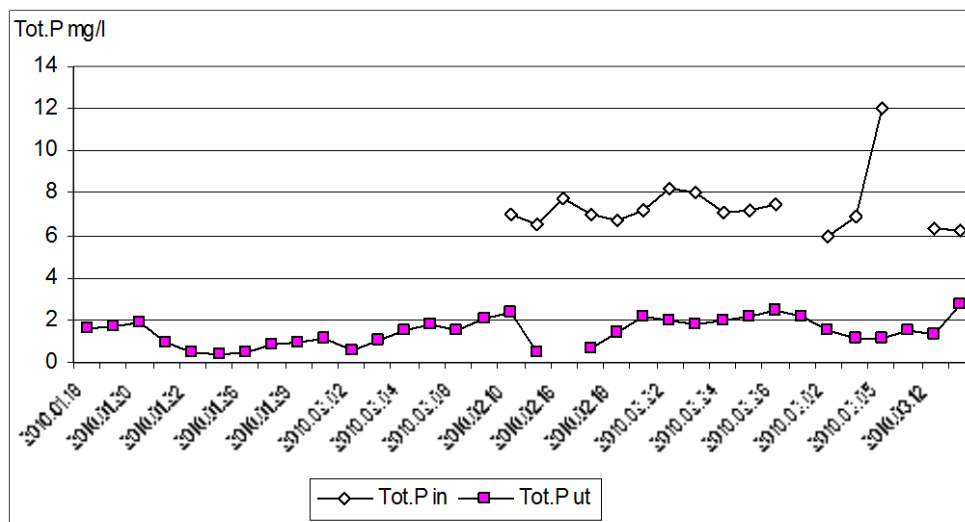


Figur 7a. Sammanställning av analysresultat för kvävereningen under perioden januari-mars 2010.

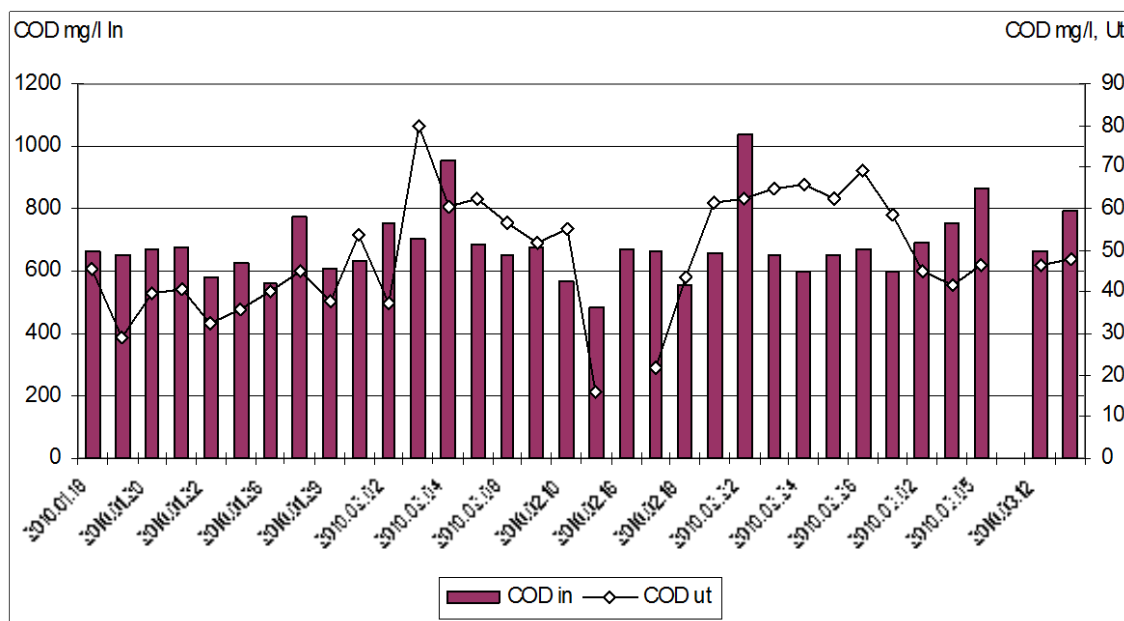


Figur 7b. Massbalans för kvävereningen under perioden januari-mars 2010.

Även fosforreningen och reduktion av organiskt material var bra med en reduktion på runt 80 % respektive 90 % även om det fortfarande skulle betyda att en efterbehandling för fosforreduktion skulle behövas. Normala svenska ARV har minst 95 % minskning av fosfor.



Figur 8. Sammanställning av analysresultat för fosforreningen under perioden januari-mars 2010.



Figur 9. Sammanställning av analysresultat för COD under perioden januari-mars 2010.

Tester visade också att en ökad dosering av extern kolkälla, alltså en för hög C/N kvot (> 20) gav sämre slamegenskaper. Därför kompletterades upplägget med en tidsstyrd dosering av den externa kolkällan när C/N kvoten var lägre än 20 och ingen dosering när C/N-kvoten nådde denna nivå (C/N kvoten i det inkommande avloppsvatten varierar mellan 8 - 20 över dygnet). Detta resulterade i att slamegenskaperna rent visuellt blev mycket bättre i den mycket lågbelastade eftersedimenteringen. Det syntes dock inte i

slamvolymbestämningen efter 30 minuter. Det är teoretiskt rimligt att mindre överskott av en lättnedbruten kolkälla ger mindre extracellulärt material som hindrar kompaktering.

Utöver den tidsstyrda doseringen planerades även att koppla in en automatisk styrning av den externa kolkällan enligt ammoniumhalten i reaktorn. Förväntningen var att detta ska ge ännu bättre slamegenskaper. Denna testserie kunde dock inte genomföras pga. problem med installationer som tillverkaren inte kunnat lösa. Tiden användes dock för att testa ytterligare driftsätt bl.a. med reducerad slamålder vilket inte har varit möjligt vid konstant dosering av den externa kolkällan pga. de dåliga slamegenskaperna. De analyser som hann genomföras tyder på att slamegenskaper faktiskt förbättrades med detta driftläge.

2.5 Problem och osäkerheter

Det finns vissa osäkerheter i det uppmätta värden för både kväve och fosfor då halterna i slam och vatten inte riktigt går ihop med totalmängden. Detta kan delvis förklaras med att en viss denitrifikation fortfarande fanns kvar i processen (t.ex. i eftersedimenteringen med fortfarande relativt mycket COD kvar) eller utflöde via suspenderat material. En del av förklaringen kan även vara mätosäkerheter och att enklare analysmetoder som användes under förstudien kan ha missat en del av kväve eller fosfor i t.ex. slammet.

Ett förväntat problem har varit de dåliga slamegenskaper med slamflykt som följd. I testanläggningen har detta inte skapat några större problem då försöket var kopplat till en för det aktuella flödet överdimensionerad eftersedimentering. Den automatiska styrningen av den externa kolkällan efter ammoniumhalten i reaktorn förväntas ge bättre slamegenskaper vilket dock inte kunde testas pga. ovan nämnda problem.

3 Diskussion/Begränsningar

Pilotförsöken på Hammarby Sjöstadverket har varit begränsade på att undersöka om reningsverket kan köras med hög organisk belastning, kort slamålder och närsaltsreningen med upp till 100 % biologisk assimilering. Det är dock viktigt att trots lovande pilotförsök redan nu diskutera begränsningar i eventuella implemetirngsförsök. Avgörandet för hela ERA-konceptet är tillsatsen av rätt stora mängder extern kolkälla i form av tillsatsavfallet. Detta externa tillsatssubstrat behöver vara lättnedbrutet för ett högre utbyte i rötning än vanlig bioslam. Ett sådant substrat skulle dock i så fall vara attraktivt att rötas direkt istället för att användas i en ERA-process. Det är därför avgörande att ha tillgång till ett sådant substrat som kan användas i ERA-konceptet. Kommunernas helhetsbild av avloppsvattenhantering i relation till kommunens övriga tillgångar och verksamheter blir då en viktig del i hela uppläget som även påverkar driftekonomin i hela systemet.

Ytterligare en begränsning som behöver tas med är att det mesta av både N och P frigörs i röttningsprocessen. Rejektvattenbehandlingen blir därmed ett avgörande steg som trots nya framsteg i form av t.ex. anammoxprocessen inte är ett resurseffektivt system att utvinna N och P.

Förstudien har visat att reningsverket skulle kunna köras med hög organisk belastning, låg slamålder och närsaltsreningen som går till åtminstone 80 % via biologisk assimilering. Försöket har även visat att det är möjligt att behålla en stabil minskning av COD, N och P med biologisk assimilation. Dessutom kunde ett antal nyckelparametrar som den optimala C/N kvoten som krävs för biologi, effektiva slamåldrar, slamproduktion och slamegenskaper undersökas. Utfallet av förstudien har således varit positivt och de största och fundamentala invändningarna mot ERA-konceptet kunde besvaras

4 Kvarvarande frågor och fortsättning av projektet

Försöken visade tydligt att det finns ett antal saker som behöver en mer detaljerat uppföljning innan ett fullskaleförsök. Till detta räknas framförallt hanteringen av de sämre slamegenskaperna jämfört med konventionell drift respektive möjliga sätt att förbättra slamegenskaperna. Detta kan även inkludera alternativa tekniker för slamhantering. Processen behöver dessutom utvärderas under realistiska förhållanden t.ex. med hänsyn till typ av extern kolkälla, styrning av doseringen och systemanalys av både energi och massbalanser.

4.1 Frågor som behöver besvaras

För de undersökningar som skulle behöva göras i nästa steg kan följande ordning ses som en prioritetslista:

1. Undersökning hur slamegenskaper kan förbättras eller hanteras t.ex. med hjälp av styrning av dosering kopplad till analyser i realtid
2. Intensivprovtagning och analys från flera punkter i processen bl.a. inkommande vatten och extern kolkälla, i bioreaktorerna, och utgående vatten och slamfas.
3. Användning av en "realistisk" kolkälla t.ex. en delström av hydrolyserat organiskt avfall som matas in i biosteget (resten av det hydrolyserade avfallet matas in i röt-kammaren). Viktigt i detta sammanhang är att välja ett avfall som ger en hög C/N-kvot i biosteget.
4. Undersökning och kvantifiering av biogaspotential för det producerade slammet. Vid alltför lågt utbyte av metan är det energimässigt orimligt att låta tillsatssubstratet gå till det aeroba steget i stället för direkt till rötning.
5. Systemanalys med fokus på energiförbrukning och energibudget (inkl. biogasproduktion, luftning m.m.) men även massbalanser för olika nyckelämnen (t.ex. COD, N, P) samt användning av kemikalier m.m.
6. Undersökning hur konceptet kompletteras med en separat rening av rejektvattnet t.ex. med anammox och/eller avskiljning av N och P.
7. Rötningförsök med det genererade slammet.

4.2 Ett möjligt upplägg för ett fortsättningsprojekt

Ett fortsättningsprojekt skulle behöva löpa över minst 6 månader för att undersöka de olika moment som beskrivs ovan. Projektet skulle även inkludera en period för referenskörning för att få den information som krävs för t.ex. energi- och massbalansen. Inom fortsättningsprojektet skulle det även behövas mer detaljerade och mer omfattande provtagningar och analyser vid ett flertal punkter. Mycket fokus behöver läggas på

slamegenskaperna och hur dessa kan förbättras, alternativt hanteras. Dessutom kommer användningen av ett riktigt substrat att kräva en mer avancerad utrustning och underhåll. Systemanalysen av ERA-konceptet kräver att ett antal parametrar bestäms vid olika driftlägen.

Ett möjligt upplägg skulle därför bestå av ett antal försöksfaser som utgörs av olika driftlägen både enligt ERA-konceptet och en referensfas. Olika tester kan inkludera olika slamålder eller substrategenskaper för att hitta de mest optimala betingelserna för att få konceptet att fungera.

Försöken skulle genomföras på test- och demonstrationsanläggningen Hammarby Sjöstadsverk.

Utöver dessa praktiska försök skulle resultaten ligga till grund för både en livscykelanalys (LCA), en kostnadsanalys (LCC), och en energianalys av ERA-konceptet.

4.3 Vad finns för behov/möjligheter

Eftersom förstudien genomfördes på Sjöstadsverket finns det mycket kännedom om de olika problem och frågor som ett fortsättningsprojekt kommer behöva hantera. Anläggningen har den infrastruktur och utrustning som skulle krävas för studien. T.ex. kan nämnas att det redan tidigare genomförts försök med hantering och rötning av hydrolyserat matavfall vilket gör att utrustning för detta finns på plats och inte behöver införskaffas. Det måste dock undersökas vilken organiskt avfall som skulle vara lämpat med tanke på den önskade C/N-kvoten i biosteget.

De olika moment som ingår med ett antal olika analyser och utmaningar gör också att ett fortsättningsprojekt skulle vara lämpligt att inkludera examensarbeten vilket skulle minska kostnaderna. Då SLU och KTH redan i ett tidigare skede har visat intresse i projektet skulle även den akademiska expertisen komma till nytta för projektet.

5 Referenser

- Forskningsrådet Formas 2011. Återvinna fosfor - hur bråttom är det? Birgitta Johansson (red). ISBN 978-91-540-6064-1.
- Ingildsen 2002. Realising Full-Scale Control in Wastewater Treatment Systems Using In Situ Nutrient Sensors. Doctoral Dissertation in Industrial Automation Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund University, Sweden.
- Miljömålsrådet 2008. Miljömålen - nu är det bråttom. Miljömålsrådets utvärdering av Sveriges miljömål 2008.
- Naturvårdsverket 2006. Rening av avloppsvatten i Sverige år 2004.
- PSI 2004. "Energy efficiency and CO2 emissions: benchmarking of IFA ammonia plants, 2002-2003. General edition." Plant Surveys International. Petersburg, Virginia, USA.
- SCB 2008a. Utsläpp till vatten och slamproduktion 2006. Statistiska meddelanden MI22 SM 0801. Sveriges officiella statistik, Naturvårdsverket, Statistiska centralbyrån.
- SCB 2008b. Jorsbruksstatistisk årsbok 2008. Sveriges officiella statistik, Jordbruksverket, Statistiska centralbyrån.
- Steen, I. 1998. Phosphorus availability in the 21st century Management of a non-renewable resource. Phosphorus & Potassium, Issue No. 217.
- SVU, 2008. Nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning, Anders Lingsten, Mats Lundkvist, rapport 2008-01.