

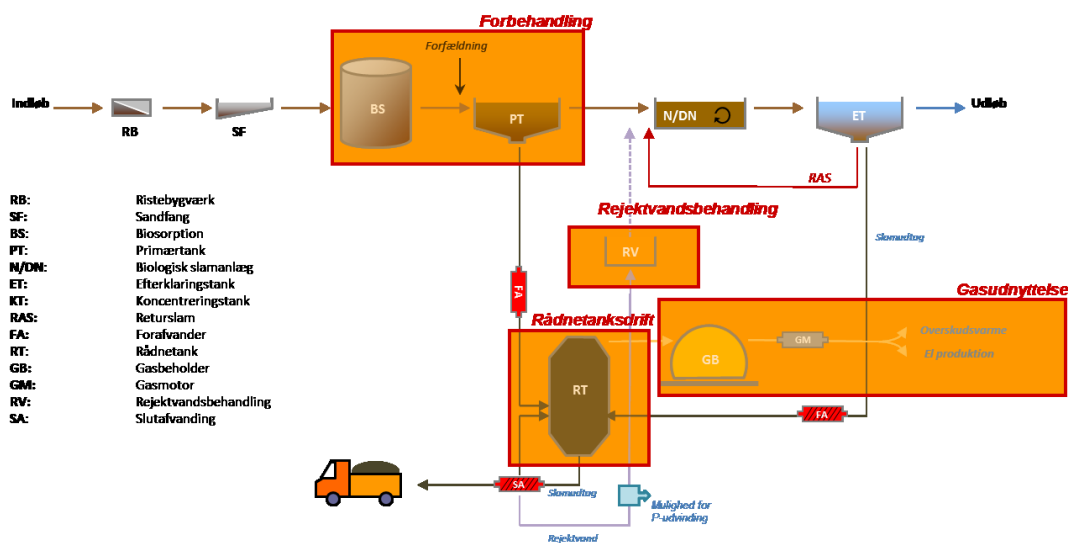


Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renseanlæg

Hovedrapport

November 2013



Titel: Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renselanlæg

Redaktion:

ICEU Hovedrapport
Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renselanlæg

EnviDan A/S

Udgiver:

Illustration:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

EnviDan A/S

År:

ISBN nr.

2013

978-87-7091-963-0

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Sammenfatning	5
Summary	7
1. Indledning.....	9
2. ICEU konceptet	10
2.1 Optimeret forbehandling.....	12
2.2 Optimeret rådnetanksdrift	14
2.3 Optimeret rejektvandsbehandling	15
2.4 Optimeret udnyttelse af gasproduktion.....	17
3. Perspektivering.....	19
3.1 Cirkulært sandfang	19
3.2 ANAMMOX i hovedstrøm	20
3.3 Tilførsel af ekstern biomasse til rådnetanke.....	20
3.4 Online styring af rådnetank.....	21
3.5 Tilsætning af brint til rådnetank	21
3.6 Anaerob membranfiltrering	22
3.7 Afkøling af gas.....	22
3.8 Varmepumper og varmegenvinding	23
4. Virkemidler.....	24
5. Formidling	26

Forord

Dette udviklingsprojekt er udarbejdet af den danske rådgivende ingeniørvirksomhed EnviDan A/S og udgivet af Miljøstyrelsen. Kvalitetssikring af projektet er foretaget af Mogens Henze, Professor Emeritus, DTU Miljø.

Projektet er udarbejdet i perioden fra januar 2012 til november 2013.

Det centrale i EnviDans ICEU koncept er optimal udnyttelse af spildevandets organiske kulstof (COD) på renseanlæg, set i relation til lokale såvel som globale udfordringer indenfor vand- og spildevandsområdet. Ved at betragte spildevand som en ressource er vi allerede et skridt tættere på optimal udnyttelse af spildevandets energipotentialer og en væsentlig minimering af renseanlæggets carbon footprint.

Udviklingsprojektet omhandler optimeret og intelligent udnyttelse af spildevandets indhold af organisk stof, herunder fokus på at minimere energiforbruget til de biologiske processer samt optimal udnyttelse af renseanlæggets gasproduktion. Ved at betragte spildevand som en ressource er vi et skridt tættere på optimal udnyttelse af spildevandets energipotentialer og udviklingen af det energiproducerende renseanlæg.

Udviklingsprojektet Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renseanlæg er delt op i 4 dele omhandlende henholdsvis optimeret forbehandling (del 1), optimeret rådnetanksdrift (del 2), optimeret rejektivandsbehandling (del 3) og optimeret udnyttelse af gasproduktion fra rådnetanksdrift (del 4). Med det samlede koncept kaldet "Intelligent Carbon and Energy Utilisation" (ICEU) tages der udgangspunkt i betingelserne for de danske renseanlæg.

Herudover har EnviDan ved accept af støtte fra Miljøministeriet forpligtet sig til at formidle resultaterne af udviklingsprojektet, her vurderes udarbejdelse af tidsskrifter og artikler, nationale som internationale, samt temadag med undervisning som de mest optimale veje til formidling.

Udviklingsprojektet er udarbejdet med støtte fra Miljøstyrelsen fra puljen miljøeffektiv teknologi, med journal nr. NST-404-00091.

biologiske trin drives med så lille COD restkapacitet som muligt. Herved presses denitrifikation til det yderste, og herved opnås maksimalt udtag af COD til anaerob udrådning.

En måde at reducere COD behovet til kvælstoffjernelse i hovedanlægget er at etablere en separat rejektivandsbehandling. For et 100.000 PE barmarksanlæg, med fokus på intelligent udnyttelse af kulstof og energi vil det naturlige valg af rejektivandsbehandling være et ANAMMOX anlæg. Fordelen ved ANAMMOX processen er først og fremmest, at den ikke har behov for kulstof for at fjerne kvælstof. ANAMMOX teknologien åbner således mulighed for at optimere udnyttelsen af COD på renselanlægget ved f.eks. at tage en større andel COD ud i forbehandlingen og derved øge gasproduktionen.

Det er endvidere essentielt at det kulstof, der udtages til biogasproduktion, bliver udnyttet bedst muligt. Et fokuspunkt i ICEU konceptet er derfor optimering af rådnetanksdrift. På baggrund af forsøgsresultaterne og litteraturstudier vurderes det optimale temperaturområde for mesofil drift at være 39 – 40 °C i forhold til energiinput (opvarmning) og gasproduktion.

Tørstofindholdet tilpumpet rådnetanken anbefales at ligge på maksimalt 6-8 %, når driften af for-afvanding, slutafovanding samt omrøring i rådnetanken tilgodeses. Det vurderes generelt, at der er et stort optimeringspotentiale på danske renselanlæg ved at introducere en mere avanceret styring af rådnetanksdriften.

Optimering af rådnetanksdriften medvirker til en mere stabil udrådningsproces, hvorved indholdet af sporgasser i biogassen minimeres. Et springende punkt i valg af metode til gasudnyttelse er biogassens indhold af urenheder, da de fleste løsninger kræver en vis gaskvalitet. Generelt kræver gasrensning store investeringer og driftsomkostninger, hvorfor alternative løsninger ofte vælges. For at udnytte den producerede biogas optimalt på et 100.000 PE barmarksanlæg anbefales det, at etablere en gasmotor, da biogassen oftest kan udnyttes direkte. Et højt indhold af urenheder påvirker dog driften negativt, hvorfor etablering af simpel gasrensning ofte er fordelagtig.

En alternativ anvendelsesmetode til udnyttelse af biogas er anvendelsen af brændselsceller der kan medvirke til en væsentligt øget effektivitet. Udfordringerne ved brændselscellerne er især de høje omkostninger forbundet med selve investeringen samt de strenge krav til renheden af biogassen. Til udnyttelse på biogasproducerende anlæg er brændselsceller af typen MCFC foreløbigt den mest fordelagtige type af brændselsceller.

Ved at indarbejde endnu flere elementer i et udvidet ICEU konceptet, og inddrage innovative og utraditionelle løsninger på danske renselanlæg er der potentiale til endnu flere energibesparelser i spildevandssektoren. Under perspektivering er der anført 8 forskellige ideer til, hvorledes det er muligt, at optimere udnyttelsen af kulstof og energi på danske renselanlæg yderligere med fremtidens løsninger.

Summary

This research and development project is about intelligent use of the carbon and energy resources in raw municipal wastewater. The project evaluates the energy potential in wastewater and opportunities to optimize wastewater treatment plants to become energy neutral or even produce energy in excess.

Optimal utilization of COD from raw sewage is linked to the different fractions of wastewater and how these are handled at the wastewater treatment plant. Basically, it is about increasing the "harvest" of organic carbon as primary sludge, optimization of digester operation and the best possible way exploiting the biogas produced.

The ICEU concept is based on proven state-of-the-art technologies for 4 different process areas and is the first step in the direction of increased use of the energy potential in raw sewage. It is crucial to consider the treatment plant and all its treatment steps as a whole. The ICEU concept illustrates a holistic approach to how we optimally exploit the available energy potential in wastewater in Danish wastewater treatment plants.

The result of implementing the ICEU concept to at Greenfield wastewater treatment plant serving approx. 100,000 PE is, that it theoretically is possible to achieve a net power generation (incl. heating) of 125%, 145% and nearly 170% , compared with the energy consumption in the Greenfield wastewater treatment plant, with a COD/N ratio of respectively 10.5, 12,5 and 15.5.

It should be noted, that the COD removal potential in the pretreatment depends on the COD/N ratio in the incoming wastewater, as there have to be sufficient carbon available to conventional nitrogen removal in the following biological treatment process. In many treatment plants known technologies, as pre-filtration, pre-precipitation or biosorption can "harvest" more COD than, what must be available if sufficient nitrogen removal must be retained in the following biological treatment plant.

An efficient control of the distribution of the COD between the digester and the biological treatment plant is based on a simple control mechanism that utilizes the collected information about the removal of nitrogen through online control. COD led to the biological treatment plant should be regulated by changing the bypass, the dosage of precipitation chemicals or by recycling of primary sludge to the main treatment process, so that the biological treatment plant is operated with as little residual carbon capacity as possible. By forcing the denitrification to the utmost, maximum "harvest" of COD for anaerobic digestion is done.

One way to reduce the COD needed for nitrogen removal in the biological treatment plant is to establish separate sludge liquor treatment. For a 100,000 PE Greenfield Wastewater Treatment Plant, with focus on intelligent use of carbon and energy, the natural choice of sludge liquor treatment is an ANAMMOX process. The advantage of the ANAMMOX process is primarily, that it has no need for carbon to remove nitrogen. The ANAMMOX technology makes it possible to optimize the utilization of COD in the wastewater treatment plant, by "harvesting" a larger share of COD in the pre-treatment step, and thereby enhancing the gas production.

It is also essential that the carbon, taken out for biogas production, is used in the best possible way.

A focal point in the ICEU concept is therefore optimization of the digester operation. Based on the experimental results and literature studies assessed, the optimal temperature range for mesophilic operation is found to be 39 - 40 ° C, based on energy input (heating) and gas production.

The dry matter content led to the digester is recommended to be maximum 6-8 %, when operation of the pre-dewatering, the final dewatering, and the stirring in the digester are taken in to consideration. It is generally assessed that there is a large optimization potential in Danish wastewater treatment plants, by introducing a more advanced management of digester operation.

Optimization of digester operation contributes to a more stable digestion process by which the content of trace gases in the biogas is minimized. The content of impurities in the biogas is, important for selecting the method for gas usage since most solutions require a certain gas quality. In general, gas cleaning involves high investment and operating costs and therefore alternative solutions are often selected.

To utilize the produced biogas at a 100,000 PE Greenfield wastewater treatment plant optimally, it is recommended to install a gas engine, so the biogas can be used directly. A high percentage of impurities affect the operation negatively, why the establishment of simple gas cleaning often is advantageous.

By incorporating even more elements in an "extended ICEU concept" and incorporate innovative and unconventional solutions to Danish wastewater treatment plants, there is potential for even more energy savings in the wastewater sector. This report lists 8 different ideas on how it is possible to further optimize the utilization of carbon and energy in Danish wastewater treatment plants further with tomorrow's solutions.

1. Indledning

EnviDan søgte i 2011 Miljøministeriet om støtte til en række udviklingsprojekter under puljen "Tilskud til miljøeffektiv teknologi". Tilskuddet blev bevilget af Miljøministeriet til dokumentation af EnviDan's koncept for "Intelligent Carbon and Energy Utilisation" (ICEU), der overordnet omhandler udnyttelsen af energipotentialet i råspildevand afledt til renseanlæg. Ved at betragte spildevand som en ressource er vi et skridt tættere på optimal udnyttelse af spildevandets energipotentialer og det energiproducerende renseanlæg.

Baggrunden for udviklingsprojektet er, at vi står overfor væsentlige klimaforandringer, hvorfor udledningen af drivhusgasser skal reduceres. Regeringen har som ambition, at sikre en reduktion på 40 % af de danske udledninger af drivhusgasser i 2020 i forhold til 1990. Dette gælder ikke mindst for spildevandsområdet, hvor der i håndteringen af vores spildevand anvendes store mængder energi. Omkring 1,5 % af verdens udledning af drivhusgasser stammer fra spildevand [Andersen, 2008].

For energibesparelser på spildevandsrensning har markedet indtil videre haft fokus på optimeret styring samt mere energirigtig maskinbestykning. Markedspotentialer for energirigtigt design af de biologiske processer er endnu ikke fuldt udnyttet, her vurderes det at ICEU konceptet med en holistisk tilgang kan bidrage væsentligt.

Optimal udnyttelse af COD fra råspildevand er knyttet til håndteringen af spildevandets forskellige fraktioner, og hvordan disse håndteres på renseanlægget. Grundlæggende handler det om, at øge "høsten" af organisk kulstof med udtag som primærslam, optimering af rådnetanksdriften og på bedst mulige måde udnytte den producerede biogas.

Det er afgørende, at betragte renseanlægget og alle dets rensetrin som en helhed. ICEU konceptet inkluderer derfor beregning og dokumentation af, hvilke konsekvenser de enkelte rensetrin har for den samlede energibalance på renseanlægget.

Implementering af ICEU konceptet på eksisterende eller nye renseanlæg vil medvirke til positive miljømæssige effekter, i form af øget gasproduktion samt reduceret energiforbrug og carbon footprint.

ICEU konceptet tager udgangspunkt i velafprøvede state-of-the-art teknologier for 4 forskellige procesområder og er første skridt i retningen til øget udnyttelse af råspildevandets energipotentialer.

Med udgangspunkt i de 4 delprojekter under ICEU projektet beskrives der i nærværende hovedrapport et energirigtigt renseanlægsdesign dimensioneret til 100.000 PE, med implementering af de optimale tiltag fra hver delrapport.

2. ICEU konceptet

Nedenfor præsenteres ICEU konceptet for intelligent udnyttelse af kulstof og energi på et barmarksanlæg til 100.000 PE renseanlæg under danske forhold. ICEU konceptet, er her beskrevet ved 3 forskellige spildevandssammensætninger med mere eller mindre industribelastning.

Optimal udnyttelsen af COD fra råspildevand er knyttet til håndteringen af spildevandets forskellige fraktioner, og hvordan disse håndteres på anlægget. Grundlæggende handler det om, at øge ”høsten” af organisk kulstof med primærslam, optimere rådnetanksdriften og på bedst mulig måde udnytte gasproduktionen fra rådnetanken.

Ved de konventionelle kvælstoffjernelsesprocesser sker kvælstoffjernelsen via processerne nitrifikation af ammonium til nitrat og denitrifikation af nitrat til frit kvælstof ved brug af kulstof. For at sikre en tilstrækkelig god denitrifikation i hovedanlægget, skal COD/N forholdet være større end 5,5-7,5 i spildevandet til det biologiske afsnit med konventionel kvælstoffjernelse. Den laveste værdi kan accepteres, såfremt der er implementeret avanceret onlinestyling og slamhydrolyse. COD/N forholdet er baseret på, at hovedparten af den videreførte COD fra primærtankene er letomsætteligt, bestående af en høj fraktionen af opløst COD.

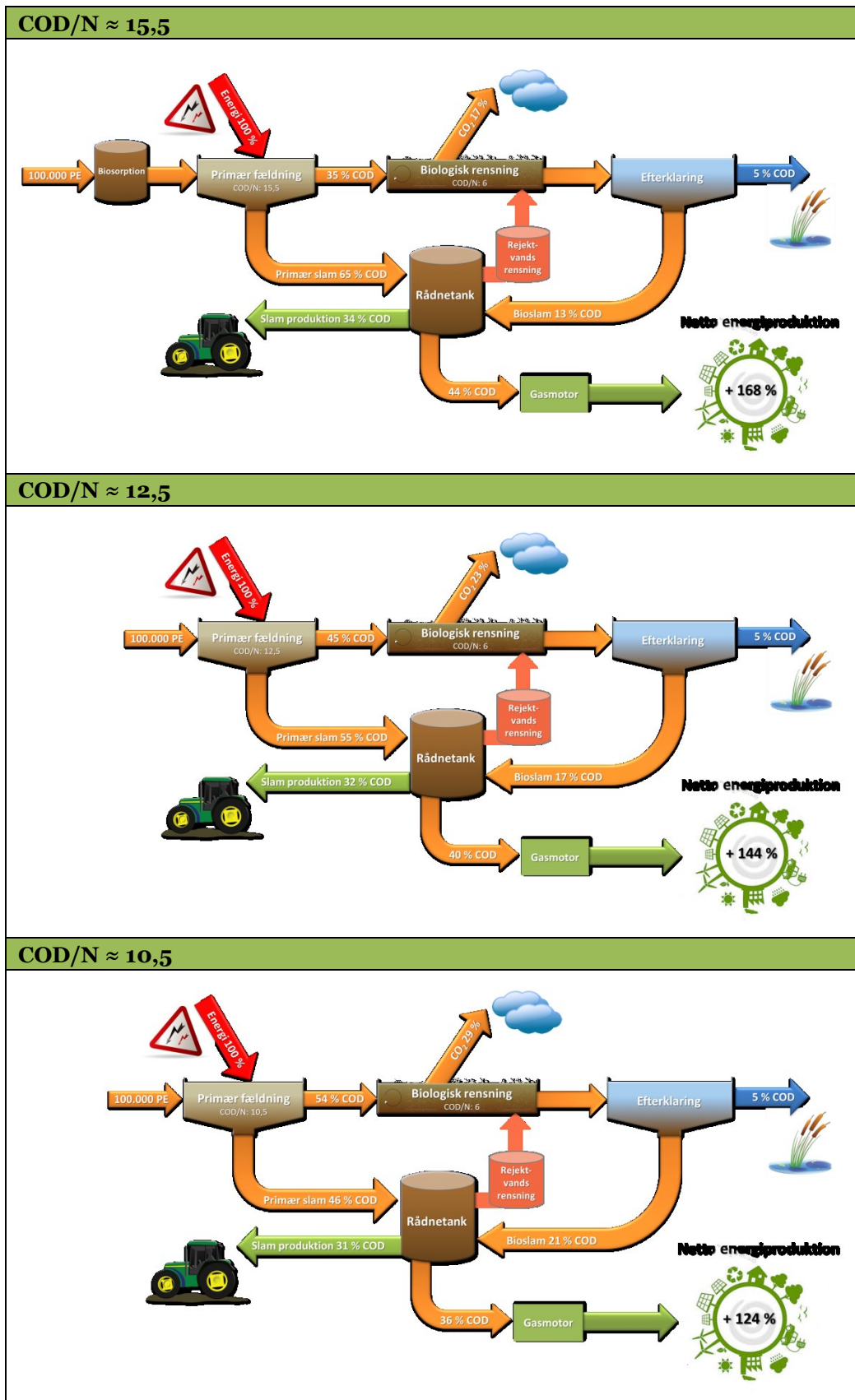
Som beskrevet under perspektivering, vil introduktion af teknologier med større innovationshøjde, såsom etablering af ANAMMOX processen i hovedstrømmen, muliggøre fjernelse af kvælstof fra spildevandet uden brug af kulstof. Såfremt der ikke er afhængighed af spildevandets COD/N-forhold, kan en større andel af COD udtages i forbehandlingen og dermed udnyttes til gasproduktion. Dette resulterer samlet set i en højere nettoenergiproduktion.

ICEU konceptet tager dog udgangspunkt i velafprøvede state-of-the-art teknologier for 4 forskellige procesområder og forudsætter således, at kvælstoffjernelsen i hovedanlægget baseres på konventionelle kvælstoffjernelsesprocesser under danske forhold.

Med udgangspunkt i de 4 delprojekter under ICEU projektet beskrives et energirigtigt renseanlægsdesign dimensioneret til 100.000 PE, med implementering af de optimale tiltag fra hver delrapport. I Figur 2 på næste side er ICEU konceptet præsenteret for intelligent udnyttelse af kulstof og energi på et barmarksanlæg til 100.000 PE renseanlæg under danske forhold for 3 forskellige COD/N-forhold.

Resultatet af implementering af de i ICEU konceptet anførte tiltag vil resultere i, at barmarksanlægget på 100.000 PE teoretisk set kan opnå en nettoenergiproduktion (inkl. varme) på henholdsvis 125 %, 145 % og knap 170 %, i forhold til energiforbruget på renseanlægget, ved COD/N-forhold på 10,5, 12,5 og 15,5.

Ved at betragte renseanlægget og alle dets rensetrin som en helhed, bidrager ICEU konceptet til positive miljømæssige effekter, i form af øget gasproduktion samt reduceret energiforbrug og carbon footprint.

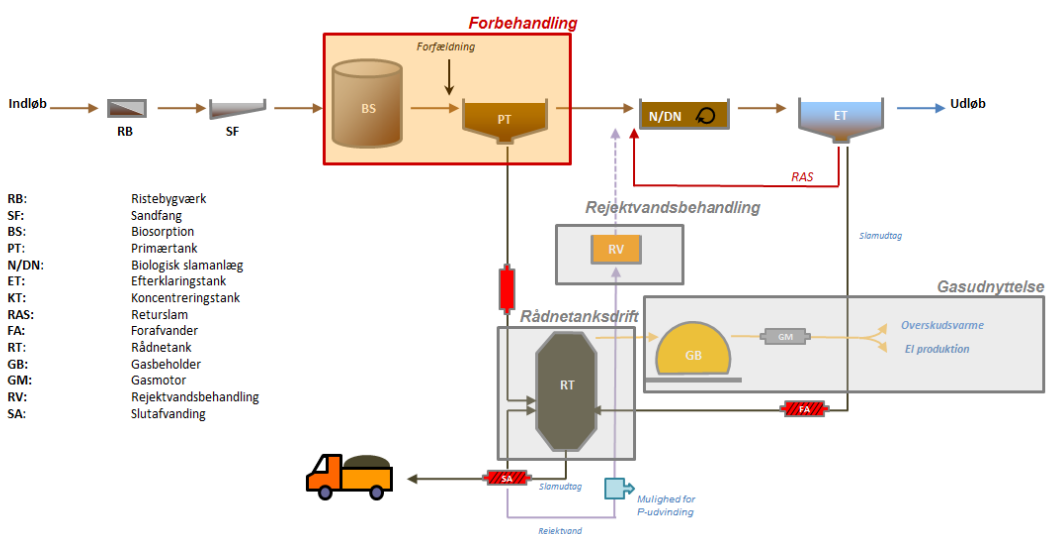


FIGUR 2: ICEU KONCEPTET PÅ ET BARMARKSANLÆG TIL 100.000 PE RENSEANLÆG UNDER DANSKE FORHOLD VIST VED 3 FORSKELLIGE SPILDEVANDSSAMMENSÆTNINGER.

2.1 Optimeret forbehandling

I delprojekt 1 omhandlende optimeret forbehandling er mulighederne for optimal udnyttelse af spildevandets energipotentialer blevet undersøgt. Delrapporten indeholder anbefalinger til et energirigtigt design af forbehandling til optimal udtag af kulstof, der efterfølgende udnyttes til gasproduktion. Andelen af organisk stof, der kan anvendes til gasproduktion øges gennem:

- Nytænkning af opbygningen af forbehandlingen med f.eks. biosorption og belastningsstyret forfældning/forfiltrering.
- Indføring af en styret fordeling af kulstoffet mellem rådnetank og de biologiske rensprocesser på baggrund af behovsmåliger ved f.eks. monitorering af kvælstoffraktioner, denitrifikationsraten, COD/N eller COD/P forhold.
- Optimering af rensanlæggets biologiske kvælstoffjernelse og bio-P, så letomsætteligt overskydende kulstof ikke tabes ved beluftning, og dermed heller ikke resulterer i øget CO₂ emission, men anvendes til det rette formål og kun i den akkurat nødvendige mængde.



FIGUR 3: DET SAMLEDE KONCEPT "INTELLIGENT CARBON AND ENERGY UTILISATION" (ICEU) MED MARKERING AF 1. DEL OMHANDLENDE OPTIMERET FORBEHANDLING.

Gennem traditionel kemisk forfældning med dosering af fældningskemikalier f.eks. jern- eller aluminiumholdige produkter, kan der opnås en øget fjernelse af COD henover forklaringsstankene. COD fjernelsen er typisk på 55 %.

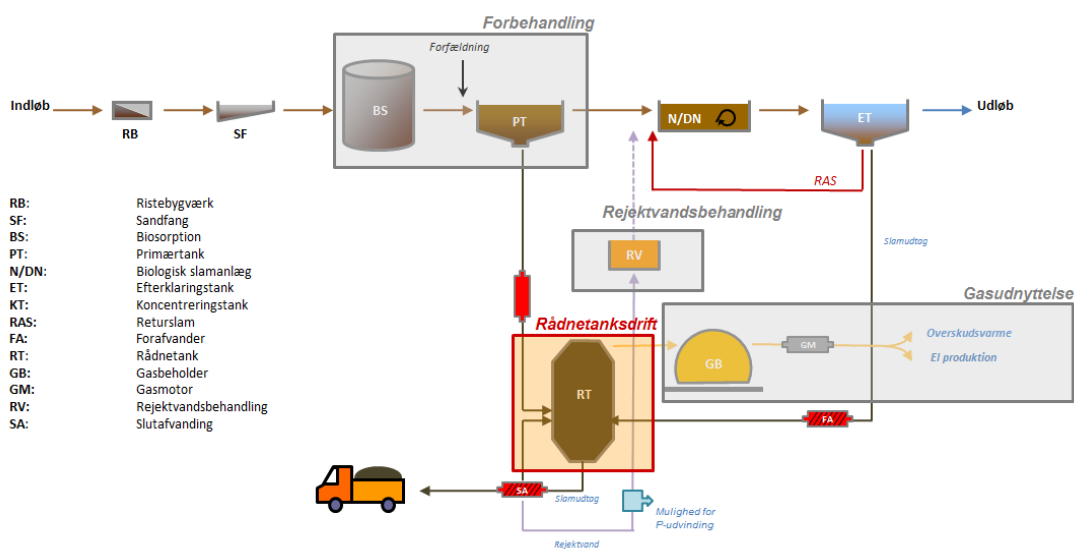
Ved biosorption blandes spildevandet med primærslam samt tilføres en mindre luftmængde, hvor der sker en øget adsorption af COD og suspenderet stof til primærslammet. Efter biosorptions-tanken sker en separering af forrenset spildevand og primærslam i en forklaringsstank. COD fjernelsen er typisk 60-70 %. Styrken ved en biosorptionsproces er at kolloid materiale indfanges, således at dette udtages i forklaringsstankene. Biosorption bør af samme grund kun anvendes i tilfælde af, at der er en meget høj opløst organisk fraktion i råspildevandet.

Forfiltrering med f.eks. skivefiltre kan ligeledes anvendes som teknologi til øget udtag af kulstof fra råspildevandet. I forbindelse med forfiltrering benyttes fældningskemikalier. COD fjernelsen ved benyttelse af fældningskemikalier (jernsalte og polymer) er typisk 60-70 %.

For at kunne udnytte COD-reduktionspotentialet der er ved biosorption eller forfiltrering kræves et COD/N forhold på omkring 15,5, forudsat rejektivandsbehandling. Det vil således kun være relevant med biosorption eller forfiltrering, fremfor forfældning, på renseanlæg, hvor f.eks. en industribelastning øger den organiske stoftilledning og dermed COD/N forholdet til minimum omkring 15,5.

2.2 Optimeret rådnetanksdrift

På baggrund af undersøgelsen af 18 rådnetanksanlæg med mesofil drift og 5 rådnetanksanlæg med termofil drift i Danmark konkluderes, at samtlige anlæg kun er styret efter en anbefalet opholdstid, idet alle anlæg har et driftspunkt svarende til det anbefalede. Kortlægningen har vist, at mange rådnetanksanlæg har et driftspunkt med et for lavt tørstofindhold og lav temperatur i forhold til optimum med hensyn til gasproduktion og energiinput til opvarmning.



FIGUR 5: DET SAMLEDE KONCEPT "INTELLIGENT CARBON AND ENERGY UTILISATION" (ICEU) OMHANDLENDE OPTIMERET FORBEHANDLING, RÅDNETANKSDRIFT, REJEKTIVANDSBEHANDLING OG OPTIMERET UDNYTTELSE AF GASPRODUKTION FRA RÅDNETANKSDRIFT

I delprojekt 2 om optimeret rådnetanksdrift er følgende 4 hovedområder blevet undersøgt:

- Driftstemperaturens indvirkning på animalsk fedts nedbrydningspotentiale
- Maksimalt tørstofindhold i forbindelse med rådnetanksdrift
- Rådnetanksdrift med recirkulering
- Efterudrædningspotentiale og afgangning til atmosfæren

Resultatet af laboratorieforsøg omkring anaerob omsætning af animalsk fedt i rådnetanke har vist at denne omsætning er afhængig af driftstemperaturen. Der ses således potentiale for en øget omsætning af animalsk fedt ved at hæve driftstemperaturen i rådnetanke med mesofil drift til omkring 40-43 °C.

Det er erfaringsmæssigt svært at opnå mere end 6-7 % TS ved forafvandning af primærslam specielt uden, at udgifter til polymer stiger voldsomt i forhold til den opnåede effekt. Dette svarer til en slamkoncentration i rådnetanken på ca. 4-5 % TS pga. tørstofreduktionen i rådnetanken. Skal driften af en forafvanding, slutafvanding samt omrøring i rådnetanken tilgodeses anbefales tørstofindholdet tilpumpet rådnetanken, at ligge på maksimalt 8 % TS, hvilket giver en slamkoncentration i rådnetanken på maksimalt 5-5.5 % TS.

Ud fra teoretiske overvejelser er der fordele ved seriel koblet rådnetanksdrift frem for almindelig CSTR-drift (Continuous **S**tirred-**T**ank **R**eactor). Ved seriel drift er andelen af partikler med meget kort opholdstid mindre end ved drift af en enkelt separat rådnetank. Med én tank er der ca. 23 % af slammet med en opholdstid på under 5 døgn, hvor der i et serielt system med en opholdstid i tank 2 på 3 eller 5 døgn er 13 % eller 11 % af slammet med en opholdstid på under 5 døgn. Modelleres tabsprofilen af fede syrer, vurderes dette at være 5-10 procentpoint højere ved drift med 1 tank sammenholdt med 2 serielle tanke, hvor de to sammenlignede systemers totale volumen er identiske.

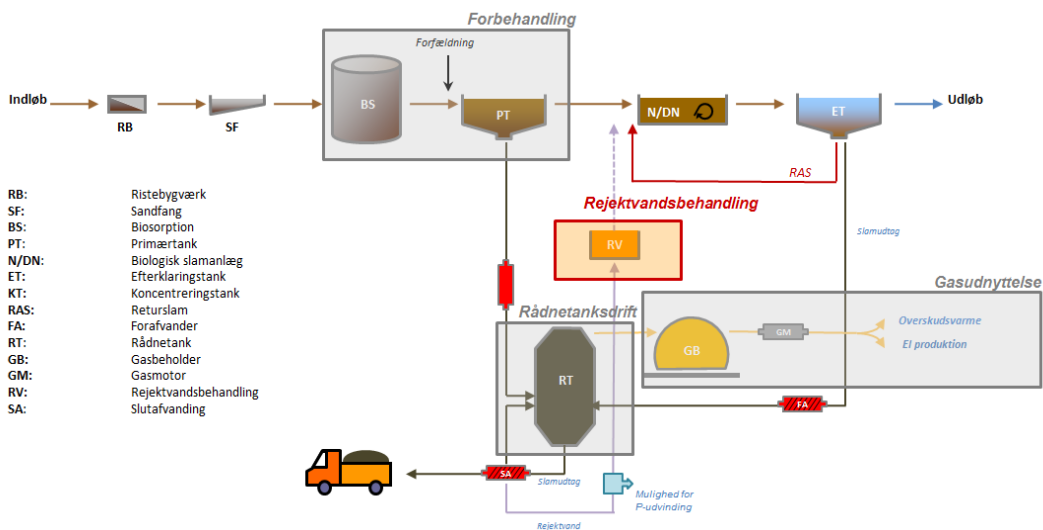
På grund af den tidsforsinkelse der er i et serielt system, er dette design ligeledes bedre til at fange ubalancer i driften, så som støbelastninger, i forhold til enkelttankssystemer. Optimal seriel drift opnås bedst ved opholdstider i første tank der kun lige er høje nok til at give en stabil gasproduktion koblet med tank nr. 2 med 10-20 % af det samlede volumen.

Der kan ses bort fra metanfrigivelsen ved udpumpning af udrådnet slam til lagertank/homogeniseringstank og efterfølgende slutfvanding for de undersøgte anlæg, da denne udgør 0,1-0,2 % i forhold til den årlige metanproduktion. Laboratorieforsøg med efterudrådning af slam viser, at der ligeledes kan ses bort fra gasproduktionen fra en ”kold” efterudrådning svarende til opbevaring af slam i få døgn i lagertank/homogeniseringstank inden slutbehandling.

Det vurderes, at der generelt er et stort optimeringspotentiale ved at introducere en mere avanceret styring af rådnetanksdriften.

2.3 Optimeret rejektivandsbehandling

I delprojekt 3 er der udarbejdet et idékatalog, der beskriver 2 forskellige udvalgte metoder til rejektivandsbehandling, nemlig ARP processen (Aktiv Returslam Proces – baseret på aktiv slam) og ANAMMOX processen (baseret på ANAMMOX bakterien).



FIGUR 6: DET SAMLEDE KONCEPT ”INTELLIGENT CARBON AND ENERGY UTILISATION” (ICEU) MED MARKERING AF DEL 3 OMHANDLENDE REJEKTIVANDSBEHANDLING.

For ANAMMOX processen, er de 3 følgende typer af anlæg sammenlignet:

- DEMON - ANAMMOX bakterier i suspension
- ANITA Mox - ANAMMOX bakterier på bæremedie
- ANAMMOX PAQUES - ANAMMOX slamgranuler

Formålet er, at ruste forsyninger, så de har bedre forudsætninger for at kunne vælge imellem de mulige alternativer. Desuden er der i projektet opstillet nogle logiske beslutningsveje, for lettere at kunne vælge den mest optimale løsning for den enkelte forsyning.

Litteraturstudier har vist, at både ARP processen og ANAMMOX processerne kan behandle det ammoniumholdige rejektivand fra udrådning af spildevandsslam på offentlige spildevandsanlæg, og derved fjerne denne ekstra kvælstofbelastning fra hovedanlægget.

Ved etablering af et separat anlæg til behandling af rejektivandet vil afløbskoncentrationerne af kvælstof blive reduceret i forholdt til et tilsvarende anlæg uden separat rejektivandsbehandling. Specielt hvis der er tale om et i forvejen fuldt, eller overbelastede anlæg, idet det samlede renseanlægs behandlingskapacitet herved øges. Hvilken teknologi, der er mest økonomisk og miljømæssig attraktiv, afhænger af forholdene på det enkelte anlæg.

Fordelen ved ANAMMOX processen er først og fremmest, at den ikke har behov for kulstof for at fjerne kvælstof. ANAMMOX teknologien åbner således mulighed for at optimere udnyttelsen af COD på renseanlægget, ved at tage en større andel COD ud til gasproduktionen i forbehandling. Ved en reduceret COD belastning på aktiv-slam anlægget bliver der et lavere energiforbrug til beluftning, og samtidig en større biogasproduktion, begge er forhold som gavner det samlede energiregnskab på renseanlægget. Ved et 100.000 PE barmarksanlæg, med fokus på intelligent udnyttelse af kulstof og energi vil det naturlige valg af rejektivandsbehandling være et ANAMMOX anlæg.

ANAMMOX processen er en veldokumenteret teknologi til rejektivandsbehandling hvor spildevandstemperaturerne typisk er 25-35 °C og der er en høj ammoniumkoncentration. Der arbejdes dog mange steder i verden med at få processen til også at forløbe stabilt ved lavere temperaturer.

Hvilken type ANAMMOX proces, der er mest hensigtsmæssig at etablere, afhænger i det enkelte tilfælde i høj grad af om der er eksisterende tankvoluminer til rådighed på anlægget, som kan ombygges, eller om det nødvendige tankvolumen etableres som nyetableret tankanlæg. Den plads, der er til rådighed for anlægget, kan ligeledes have betydning for procesvalget. ANAMMOX anlægget fra PAQUES er det mest kompakte anlæg med en kapacitet på 2-2,5 kg N/m³/d og vælges på denne baggrund som udgangspunkt for barmarksanlægget til 100.000 PE.

Det nødvendige volumen af ANAMMOX tanken ligger således på omkring 80 m³, hvis der skal fjernes omkring 155 kg N/d fra rejektivandet, svarende til eksemplet hvor COD/N forholdet i råspildevandet ligger på omkring 12,5.

Sammenlignet med løsningen hvor rejektivandet ledes til hovedanlægget og fjernes ved konventionel kvælstoffjernelse ved brug af kulstof, vil der, ved etablering af et ANAMMOX anlæg potentielt kunne "høstes" omkring 1.000 kg COD mere pr. dag på et anlæg med en belastning på 100.000 PE, for eksemplet hvor COD/N forholdet ligger på omkring 12,5.

Ved en gasproduktion på omkring 0,35 Nm³ CH₄/kg COD omsat, et metan indhold i gassen på 65 % og en el-produktion på omkring 2,5 kWh per Nm³ biogas, svarer den øgede mængde COD der bliver udrådnat til en potentiel energigenvinst på omkring 1.350 kWh/d. Ved en el-pris på 0,8 kr./kWh svarer dette til en potentiel ekstra "indtægt" på omkring 330.000 kr./år, når der indregnes 0,3 kr./Nm³ til vedligeholdelse. Eksemplet forudsætter dog, at det er fysisk muligt at udtage den øgede mængde COD i forbehandling.

relativt lave indtægt på omkring 170 kr. pr. GJ produceret opgraderet biogas, svarende til knap 4 kr./Nm³ gas.

Ved anvendelse af biogas i f.eks. turbiner eller brændselsceller kræves en effektiv gasrensning, da disse metoder er meget følsomme overfor urenheder. For at kunne udnytte gassen i brændselscelleanlæg eller turbiner, og dermed opnå en øget effektivitet, er det nødvendigt med gasrensning. Da anlægsinvesteringen endnu er anseelig ift. den øgede el- og varmeproduktion er brændselsceller sjældent den mest økonomisk fordelagtige metode til at udnytte gassen, dog har løsningen andre miljømæssige fordele.

På baggrund af de indsamlede data er der udarbejdet nøgletal, der kan bruges som guideline for, hvornår gamle, ineffektive gasmotorer bør udskiftes med nye, mere effektive, gasmotorer eller andre alternative teknologier.

Udskiftning af udtjent materiel bør overvejes/undersøges:

- Hvis en eksisterende gasmotor drives med drifts- og vedligeholdelsesomkostninger på over ca. 0,50 kr. pr. m³ biogas produceret
- Eller hvis der ikke opnås en el-effektivitet på over ca. 2,0 kWh pr. m³ biogas produceret

I undersøgelsen ses en klar indikation af, at jo ældre gasmotoren er, jo større bliver drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne. Generelt vil en investering i en gasmotor være interessant for renseanlæg der belastes med ned til ca. 50.000 PE. Det er dog i høj grad de politiske strømninger, samt udviklingen i afgiftspolitikken, der spiller en stor rolle i valget om, hvilken energiform der med fordel kan produceres.

3. Perspektivering

ICEU konceptet tager udgangspunkt i velafprøvede state-of-the-art teknologier for 4 forskellige procesområder og er første skridt i retningen til øget udnyttelse af råspildevandets energipotentiale.

Nedenstående er et forslag til andre temaer, der kan være relevante ved implementering af et **udvidet ICEU koncept**, hvor der inddrages flere forskellige løsninger til andre procesområder, måske endda på et højere innovationsniveau, så målet om øget udnyttelse af kulstof og nettoenergiproduktion kan øges yderligere.

3.1 Cirkulært sandfang

I Danmark er forbehandlingen på renseanlæg traditionelt baseret på beluftede sandfang, med heraf tab af kulstof til følge.

Kendetegnende for beluftede sandfang er:

- Pladskrævende specielt ved større renseanlæg
- Stor anlægsinvestering
- Energiforbrug til beluftning
- Tab af COD – primært opløst og letomsætteligt COD
- Arbejdsmiljøproblem ved dannelse af aerosoler

Fordelen ved et beluftet sandfang er at sandudskillelsen er uafhængig af tilløbsvandmængden. En væsentlig del i funktionen af et beluftet sandfang er naturligvis luftindblæsningen, da denne sætter vandmassen i en roterende bevægelse, hvorpå store uorganiske partikler (såsom grus og sand) bundfældes. Beluftningen giver dels anledning til et energiforbrug til blæseren og dels, at der omsættes en del af råspildevandets indhold af organisk stof, hvilket medfører, at det efterfølgende gaspotentiale i rådnetanken reduceres.

Idéen med et cirkulært sandfang er at optimere forbehandlingen på renseanlæg, hvor der er fokus på at minimere uønsket omsætning af let nedbrydeligt organisk stof samt energiforbrug. For at kunne maksimere de biologiske omsætningshastigheder i hovedanlægget er der behov for opløst organisk stof, gerne VFA.

Ved valg af løsninger med fokus på bevarelse af råspildevandets indhold af opløst organisk stof er der mulighed for at biologisk fosforjernelse og høj denitrifikationshastighed med et lavt COD/N-forhold. Lykkedes dette, kan der udtages en større mængde COD til anaerob udrådning.

Det cirkulære sandfang har nogle markante fordele i forhold til de traditionelle beluftede sandfang, som er givet ved følgende:

- Meget kompakt løsning selv ved høj hydraulisk belastning
- Væsentligt reduceret anlægsinvestering
- Ingen energiforbrug til beluftning
- Minimalt tab af letnedbrydeligt COD

Princippet i det cirkulære sandfang er, at man udnytter centrifugal- og tyngdekraften til at udskille sandet fra spildevandet, hvilket gør, at sandfanget kan etableres meget kompakt selv ved meget høje

flow og ikke er forbundet med et energiforbrug til beluftning og dermed spild af COD i råspildevandet til gavn for det endelige energiregnskab.

3.2 ANAMMOX i hovedstrøm

For at maksimere COD-reduktionspotentialen og producere mest muligt biogas kan nye teknologier, herunder ANAMMOX i hovedstrømmen, være interessante. ANAMMOX processen muliggør, modsat konventionel spildevandsrensning, fjernelse af kvælstof fra spildevandet uden brug af kulstof. Processen kræver en lidt højere spildevandstemperatur end vi normalt har i Danmark om vinteren, en høj ammoniumkoncentration og et kontrolleret lavt redox potentiale, for at få de iltfølsomme ANAMMOX bakterier til at udføre deres specielle arbejde, hvor de fjerner kvælstof uden COD behov.

Ved de nuværende konventionelle kvælstoffjernelsesprocesser sker kvælstoffjernelsen via processerne nitrifikation af ammonium til nitrat og denitrifikation af nitrat til frit kvælstof. Med ANAMMOX processen er det muligt at undgå omvejen via nitrat-N og brugen af kulstof til denitrifikationsprocessen, hvis nitritdannelse og den anaerobe nitritreduktion kombineres. ANAMMOX bakteriens direkte omsætning af nitrit-N og ammonium-N til frit kvælstof er essensen i reduktionen af kulstofbehov til kvælstofomsætning, som dermed kan udnyttes til energiproduktion.

Ved 1-trins ANAMMOX teknologien sameksisterer 2 bakteriekulturer i samme tank. Én bakteriekultur der omdanner NH_4^+ til NO_2^- under aerobe-forhold, og en ANAMMOX bakteriekultur der omdanner den resterende del af NH_4^+ til frit kvælstof ved brug af NO_2^- under iltfrie forhold. Udfordringen ved ANAMMOX processen er at få omdannet NH_4^+ til NO_2^- under aerobe-forhold, uden at NO_2^- oxideres videre til NO_3^- , mængden af NOB (nitrit-oxiderende bakterier), skal således holdes nede.

Den væsentligste fordel ved ANAMMOX teknologien er, at der ikke er behov for kulstof for at få processen til at fungere, og kulstoffet derfor kan bruges til energiproduktion i stedet for til kvælstofrensning.

Potentialet ved at etablere ANAMMOX processen i en del af hovedstrømmen, er at ændre energiforbruget fra omkring 16 kW/PE/år ved konventionel kvælstofrensning til en nettoenergiproduktion på 8 kW/PE/år ved etablering af ANAMMOX teknologien.

ANAMMOX processen er en veldokumenteret teknologi til rejektivandsbehandling hvor spildevandstemperaturerne er høje, typisk 25-35 °C. Der arbejdes mange steder med, at få ANAMMOX processen til at fungere på hovedstrømme på renseanlæg, hvor spildevandet typisk har en lavere temperatur og koncentrationen af ammonium ligeledes er lavere.

Udfordringen ved de lave temperaturer er, at ANAMMOX bakterierne har en meget lav vækstrate ved de lave temperaturer, hvilket stiller store krav til tilbageholdelsen af ANAMMOX bakterierne for at opretholde renskapaciteten.

3.3 Tilførsel af ekstern biomasse til rådnetanke

Afledt af Regeringens ressourcestrategi ”Danmark uden affald” er det oplagt at udnytte overskydende kapacitet i rådnetanke til produktion af biogas ud af kildesorteret organisk dagrenovation. En sådan udnyttelse af organisk affald er helt i tråd med Regeringens målsætning. På de danske renseanlæg findes allerede i dag rådnetanke med overskudskapacitet og kompetencer til at drive disse anlæg. De danske renseanlæg kan således bidrage positivt til opnåelse af en fordobling af genanvendelsen af husholdningsaffaldet.

Udnyttelse af industrielle restprodukter med et højt indhold af organisk materiale er en anden oplagt mulighed for at opnå en øget biogasproduktion på danske renselanlæg. Tilførsel af ekstern biomasse vil medvirke til, at forbedre energibalancen over anlægget (madaffald/køkkenkvarne).

3.4 Online styring af rådnetank

Det generelle billede i dag er, at rådnetankene drives uden nogen form for onlinestyling. Procesovervågningen begrænser sig sædvanligvis til pH, flow- og temperaturmålinger. Herudover foretages manuelle målinger af f.eks. tørstof. Med den nuværende drift og begrænsede styring af biogasproduktionen ses der et stort potentiale for at kunne optimere udrådningen af biomasse og dermed øge gasproduktionen. Hidtil har renselanlæggenes primære formål med anaerob udrådning været at reducere slammængden og sekundært at producere energi. Fokus har de seneste år ændret sig og der er nu stor fokus på at producere energi, der vægter positivt i det samlede energiregnskab. Online styring vil forbedre muligheden for at drive rådnetanke optimalt ved dels at måle online på de tilførte biomasser, dels at måle de parametre der er med til at kortlægge om processen forløber optimalt. Det vil bl.a. være værdifuldt at kunne overvåge og styre rådnetanksdriften efter koncentrationen af organiske syrer (VFA), alkalinitet og tørstof (TS) etc.

Der ses et stort potentiale i online styring af rådnetanke. Herved vil driften af reaktoren kunne stabiliseres og belastningen vil kunne udjævnes, således at anlægget drives optimalt. Det vil således blive muligt at udnytte kapaciteten af reaktoren yderligere ved at supplere med alternative biomasser end den primære, når der viser sig at være ekstra kapacitet i reaktoren. Ved procesovervågning kan belastningen og produktionen således planlægges i højere grad end i dag, hvorved driften af reaktoren kan optimeres og udnyttes optimalt.

Optimeringsværktøjet baseres på online overvågning af udrådningssproessen samt procesanalyser. På baggrund af disse aktuelle måleværdier, der beskriver de nuværende konditioner i reaktoren, sendes feedback, i form af setpunkter tilbage til SRO'en. Tilbage meldingen fra reaktoren kan således bruges til at give direkte feedback til pumper etc. eller benyttes som udgangspunkt for personalet til at foretage en objektiv vurdering af tilstanden i reaktoren. På nuværende tidspunkt varierer omfanget af procesovervågning og styring af biogasproduktionen på de danske anlæg meget, og der er derfor et stort potentiale i udviklingen af et værktøj til optimering af anaerob udrådning af biomasse.

3.5 Tilsætning af brint til rådnetank

I forbindelse med anaerob udrådning af primærslam og biologisk overskudsslam produceres der biogas med et metanindhold på omkring 65 %. Ud over metan vil biogassen primært indeholde CO₂. Bakteriekulturen i en anaerob reaktor er sammensat af mange forskellige kulturer, hvoraf en gruppe af disse er i stand til at omdanne brint og CO₂ til metan.

Ved tilførsel af brint i gasfasen inde i rådnetanken, kan der opnås en forbedret metanproduktion, idet der sker en bakteriologisk omdannelse af brint og CO₂ til metan. Herved opgraderes biogassens metanindhold og metanproduktionen øges. Derudover vil doseringen af brint afkoble biogasproduktionen fra den mængde organisk stof, der er til rådighed gennem tilførsel af primærslam og biologisk overskudsslam. Biogasproduktionen er således ikke kun afhængig af den organiske stoffbelastning afledt til renselanlægget.

Yderligere vil der være mulighed for at udnytte affalds-CO₂ fra udstødningsgasser mm. til øget biogasproduktion, hvilket vil nedbringe renselanlæggets CO₂-emission yderligere. Fx. kunne udstødning fra gasgeneratoren føres til reaktoren og varmen i gassen udnyttes til at holde rådnetanken opvarmet – en dobbelt win-win situation!

For at producere brint til processen kunne der tilføres bæredygtig energi i form af grøn el leveret af vind eller solenergi. Konceptidéen kan anvendes på både meso- og termofilt drevne anlæg.

Idéen er baseret på ønsket om at øge biogasproduktionen og gøre produktionen uafhængig af den tilførte belastning afledt til rensesanlægget. I takt med, at en voksende andel af vores el-produktion skabes gennem sol og vindenergi, er udsvingene på energiproduktionen store og ikke altid i harmoni med det reelle behov. Periodisk er der en overproduktion til nettet. Denne overskudsproduktion udnyttes til brintproduktion, der i en anaerob reaktor konverteres til metan. Kvaliteten af den producerede biogas er så høj (> 95 % CH₄), at denne vil kunne indgå i naturgasnettet. Herved åbnes der mulighed for at akkumulere produceret overskudsenergi fra f.eks. solceller og vindmøller via metanen produceret i rådnetanken, idet denne kan integreres i naturgasforsyningen.

3.6 Anaerob membranfiltrering

Konceptidéen anaerob membranfiltrering går på at adskille slamopholdstiden (SRT) fra den hydrauliske opholdstid (HRT) i en rådnetank. Typisk drives rådnetanke som CSTR (Continuous Stirred-Tank Reactor), hvor SRT = HRT. Ved at øge SRT opnås en mere effektiv slamudrådning med større COD fjernelse, hvilket bidrager med både mere biogas og mindre slam til slamdisponering. Erfaringen viser også, at afvandeligheden af slam øges med udrådningsgraden (faldende glødetab). Effektivisering af slamudrådning fordrer lang slamopholdstid for at kunne nedbryde sværere nedbrydeligt organisk materiale. Typisk vil mesofil slamudrådning have hydraulisk opholdstider på 3 uger, mens termofil udrådning ofte kun har 2 ugers opholdstid.

Ved at foretage en membranfiltrering af det udrådnede slam er det muligt at tilbageføre bakterier til reaktoren og samtidig opnå et filtrat med meget lavt indhold af suspenderet stof. Denne metode gør det muligt at opnå høj SRT og samtidig lav HRT (SRT > HRT). Membranfiltrering er specielt velegnet, idet processen kan holdes anaerob og dermed ske uden skade for de methanogene bakterier. En yderligere fordel ved membranfiltreringen er, at filtratet med et højt ammonium indhold efterfølgende vil være særdeles velegnet til rejektvandsbehandling i fx et ANAMMOX anlæg. Specielt kontaminering af suspenderet stof i en ANAMMOX proces kan være forskellen mellem succes eller fiasko.

Energibalancen på traditionelt drevne anaerobe reaktorer udviser stort varmetab på væskesiden, hvorfor slamvarmeveksling på filtratet vil være oplagt. Det vil sige, at membranlægget drives med samme temperatur som rådnetanken og filtratet varmeveksles med indgående slam. Konceptidéen kan anvendes på både meso- og termofilt drevne anlæg.

Idéen er baseret på ønsket om at øge SRT til f.eks. 30-50 døgn i en rådnetank uden at tabe energi til længerevarende omrøring og varmetab gennem rådnetankens klimaskjold. Anvendelsen af membraner er velafprøvet på aktivt slam anlæg og enkelte anaerobe installationer. Erfaringen fra installationer med anaerobe membraner har været relativt gode med høje flux værdier ved lavt TMP (Trans Membrane Pressure).

3.7 Afkøling af gas

Udnyttelse af varm luft fra blæsere til vandopvarmning ved varmeveksling.

Idéen er installation af 2 varmevekslere på gasgeneratorer, hvor den første varmeveksler sænker temperaturen på gassen til 180 grader, mens den anden varmeveksler i serie kan sænke afkastluftens temperatur ned til 110 grader. Herved kan energien fra afkastluften udnyttes til vandopvarmning eller til andre formål på rensesanlægget.

3.8 Varmepumper og varmegenvinding

Generelt er der i dag sjældent sat fokus på udnyttelse af den varmeenergi der eksisterer i de tilførte spildevandsmængde samt udnyttelse af den varmeenergi, der genereres gennem de rense- og arbejdsprocesser der foregår på renseanlæggene.

Der er 2 oplagte eksempler på varmeenergi der kan bruges til varmegenvinding eller til varmepumpe:

- Varmegenvinding på mesofile rådnetanke (slam/slam varmeveksling)
- Varmegenvinding på udløbet fra renseanlægget med en varmepumpe (afhænger naturligvis af temperatur forholdene om vinteren)

Det primære formål med at fokusere på ovennævnte er at reducere den varmeenergi der skal bruges til processerne, samt at udnytte den procesvarme der skabes gennem rensetrinnene bedst muligt. Fokus har de seneste år ændret sig og der er nu stor fokus på at producere energi og reducere energiforbrug, der vægter positivt i det samlede energiregnskab, men genvinding af varmeenergi bør også være en naturlig del af denne proces.

Der ses et stort potentiale i også at sikre sig bedst mulig genvinding og udnyttelse af den potentielle varmeenergi der findes på både renseanlæg og biogasanlæg.

4. Virkemidler

For at kunne fremme innovation og grøn omstilling inden for Vandsektoren, bør der skabes både motivation, samt miljømæssig og økonomisk incitament til denne omstilling. Oftest kræver en grøn omstilling relativt store investeringer i ny og forbedret teknologi, hvilket måske mange gange stopper ideer på et for tidligt stadie, da den økonomiske investering synes uoverskuelig at gennemføre.

Der synes, at være en del barrierer der begrænser innovationen inden for spildevandsområdet. De væsentligste barrierer synes pt. at være:

- Manglende økonomisk incitament
- Incitament på baggrund af miljø- og energifgifter
- Politiske strømninger og tendenser på afgiftspolitik, energipolitik, vandsektorens prisloft etc.

Et økonomisk incitament ved udvikling og implementering af innovative løsninger på spildevandsområdet er alfa og omega. Det er derfor vigtigt med muligheder for at opnå tilskud fra diverse fonde til investering i innovativ grøn teknologi. Generelt er der stor økonomisk risiko ved praktisk prøvning af ny teknologi. Det er således ofte en for stor risiko for forsyningsselskaberne at etablere eller afprøve nye innovative løsninger, da det i sidste ende er forbrugerne der kommer til at betale prisen, hvis det viser sig at være en dårlig forretning. Staten har derfor en vigtig rolle i teknologiudviklingen inden for vand- og varmforsyningen.

Forsyningsselskaberne er underlagt et prisloft. Indtægtsrammen fastsættes, så vandselskaberne kan få dækket alle udgifter til investeringer, udgifter til alm. drift samt alle øvrige udgifter til klimatilpasninger, kvalitetsforbedringer og statsafgifter mv. Der bør sammensættes en afgiftspolitik så forsyningsselskaberne bliver belønnet for at anvende og fremme grøn energi. Som tilskuds- politikken ser ud i dag, er det eksempelvis ikke fordelagtigt eller attraktivt for forsyningsselskaber at benytte nye innovative teknologier som brændselsceller og varmepumper til energiudnyttelse. Den eneste fordel er den øgede virkningsgrad, men denne finansierer næppe en acceptabel tilbagebetalingstid på investeringen.

Som afgiftspolitikken ser ud i dag, er det ikke specielt attraktivt for forsyningsselskaber at producere el- og varmeenergi, da den mulige afsætningspris ikke er favorabel. En sikring af afsætningsprisen per MWh (både for varme og el produktion) samt en sænkning og fjernelse af afgifterne på grøn energiproduktion, vil kunne gøre interessen for grøn omstilling meget mere interessant for forsyningsselskaberne. Desuden vil det være en mulighed at indføre emissionsafgifter på produceret ikke grøn energi. Herved vil der være en større gevinst ved at producere vedvarende grøn energi med lave emissioner.

Desværre har de seneste års energipolitik og lovgivning ikke gjort energiområdet let forståeligt og operativt for forsyningsselskaberne. De politiske strømninger bevæger sig i disse år ellers i en positiv retning i forhold til at fremme den grønne omstilling. Men det er dog kun gennem konkrete politiske beslutninger og forenklet lovgivning, at man kan opnå den politiske gode effekt på grøn omstilling. Energipolitikken kan fremme udvikling af dansk miljørigtig teknologi, hvilket også giver flere danske arbejdsplader.

Ved at inddrage andre aktører og oprette diverse energifællesskaber i fremtiden, kan den lokalt producerede energi (el, varme, gas) udnyttes endnu bedre og man vil få mest mulig gevinst ud af samarbejdet. Det vil endvidere være formålstjenesteligt at fjerne barrierer for udnyttelse af energipotentialet i kildesorteret organisk dagrenovation samt industrielle restprodukter, så disse fraktioner kan tilføres rådnetaanke på danske renselanlæg.

5. Formidling

Nærværende hovedrapport benyttes som et idékatalog over udviklingsprojektets resultater, så de opnåede erfaringer og konklusioner kan udnyttes bredt i spildevandsbranchen. Erfaringerne fra det samlede udviklingsprojekt "Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renseanlæg" vil desuden summeres i flere artikler til danske og internationale tekniske tidsskrifter.

Udviklingsprojektets resultater formidles primært til danske renseanlæg og forsyninger samt til myndighederne og relevante interesseorganisationer ved nærværende afrapportering, indlæg på konferencer, temadage, undervisning samt artikler i faglige tidsskrifter

Det vurderes, at størstedelen af de danske aktiv-slamanlæg vil være målgruppe for teknologien bag det energineutrale renseanlæg. Yderligere ses fremtidige renseanlæg i Danmark og ikke mindst i udlandet også som en væsentlig målgruppe, hvor tendensen i stigende grad er, at der allerede fra projektets begyndelse er indskrevet specifikke krav til CO₂- samt energineutralitet.

Resultaterne fra udviklingsprojektet formidles på følgende konferencer i form af posters, mundtlige indlæg og artikler:

- Døgnkursus, Spildevandsteknisk Forening, 2. - 3. november, 2012, Kolding, Danmark
- IWA, Holistic sludge management, 6.-8. May, 2013, Vesterås, Sverige
- Nordisk Spildevandskonference, 8.-10. oktober, 2013 Malmø, Sverige
- Døgnkursus, Spildevandsteknisk Forening 1. og 2. november, 2013, Kolding, Danmark
- IWA Conference on pretreatment of water and wastewater, 18-21 May 2014, Shanghai (abstract indsendt)

Desuden formidles resultaterne ved indlæg på relevante kurser og undervisning inden for spildevandsrensning. Her kan bl.a. nævnes:

- Rådnetankursus, Ferskvandscenteret d. 3.-4. december 2012
- Rådnetankursus, Ferskvandscenteret 9-10. december 2013
- Kursus og undervisning (DTU, Den Kommunale Højskole, Ferskvandscenteret)
- Nyhedsbreve og temadage i EnviDan regi

Der udarbejdes desuden 4 individuelle artikler omkring hvert af delprojekterne samt en artikel der formidler resultaterne fra nærværende hovedrapport. Disse udgives i bl.a. Spildevandsteknisk tidsskrift, DanskVand, samt en svensk version til de svenske tidsskrifter Cirkulation og Svensk Vatten.

EnviDan afholder i foråret 2014 en række temadage for spildevandsbranchen, hvor resultaterne fra ICEU rapporten præsenteres.

Med udgangspunkt i det danske marked, vil der være rig mulighed for at afholde temadage for potentielt interesserede, herunder renseanlæg der står overfor øgede krav særligt på energisiden.

Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renselanlæg
Hovedrapport



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Haraldsgade 53
DK - 2100 København Ø
Tlf.: (+45) 72 54 30 00

www.nst.dk