

# Anammox – det nye sort i spildevandsrensning

Bakteriernes verden rummer store muligheder også for rensning af spildevand med et meget reduceret energiforbrug. Der har i en del år været arbejdet med fuldskala implementering af deammonifikationsprocesser – også kaldet anammox processer på danske renselanlæg. Det er dog ikke uden udfordringer, og hvad der lignede en oplagt succes, har vist sig at have betydelige negative sideeffekter.

PER HENRIK NIELSEN &  
ALMA SKJOLD KNUDSEN

## Energieffektiv rensning

Spildevandsrensning er en selvfølge i vores samfund, og tiltagende krav om effektivitet har affødt påbud om både høj renseevne og samtidig et ønske om et lavt forbrug af energi.

Anammox processer lignede løsningen på denne opgave, men har vist sig at rumme et dilemma. Dette består i, at der under processen dannes lattergas i et omfang, som ikke kan ignoreres, når teknologien evalueres.

I spildevandet er der 3 hovedelementer, der skal omsættes før det rensede spildevand kan udledes til recipienten, nemlig ammonium, fosfor og ikke mindst organiske materiale. Traditionelt består det første rensetrin på et rensenanlæg af en mekanisk rensning, hvor større objekter ristes fra spildevandet, og bundfældelige partikler sedimenteres. Det partikulære materiale fjernes herefter enten som sand i sandfanget eller som organisk materiale i forklaringsstankene. Det sedimenterede organiske materiale kan udrådnes, hvorved der produceres biogas, som typisk anvendes til elproduktion.

Herefter undergår det nu mere eller mindre 'partikelløse' spildevand en biologiske rensning - of-test med brug af den såkaldte aktivslam proces. På denne måde omsættes ammonium til frit kvælstof. Processen kan fysisk udformes på en række måde, men fælles for



Figur 1: Anammox-anlægget på Ejby Mølle hvor bakterier omsætter ammonium til frit kvælstof (VandCenter Syd)™

disse er, at der helt grundlæggende er der tale om en nitrifikations proces efterfulgt af en denitrifikations proces. Især nitrifikationsfasen er meget energikrævende, idet denne kræver tilstedeværelse af ilt og dermed vedvarende beluftning af spildevandet.

## Deammonifikation

Det er derfor attraktivt at søge efter alternativer til de velkendte aerobe processer. I den sammenhæng er det også værd at bemærke, at de traditionelle rensprocesser, som benyttes i dag, har et højt energiforbrug og derfor et negativt CO<sub>2</sub> aftryk. Når dette sam-

menholdes med, at der i rensprocesserne omsættes organisk materiale (kulstof), hvorved der udledes biogent CO<sub>2</sub>, er det tydeligt, at denne praksis ikke er bæredygtig på den lange bane. Der eksisterer med andre ord et stort behov for processer, der bruger mindre energi til omsætningen fra ammonium til frit kvælstof.

Siden 1990'erne har man kendt til den røde Ca. B. anammoxidans bakterie, der uden brug af kulstof kan omsætte ammonium til frit kvælstof. Under anammox processen dannes N<sub>2</sub> ud fra en reaktion mellem NH<sub>4</sub> og NO<sub>2</sub>. Herved er der kun behov for at halvdelen af

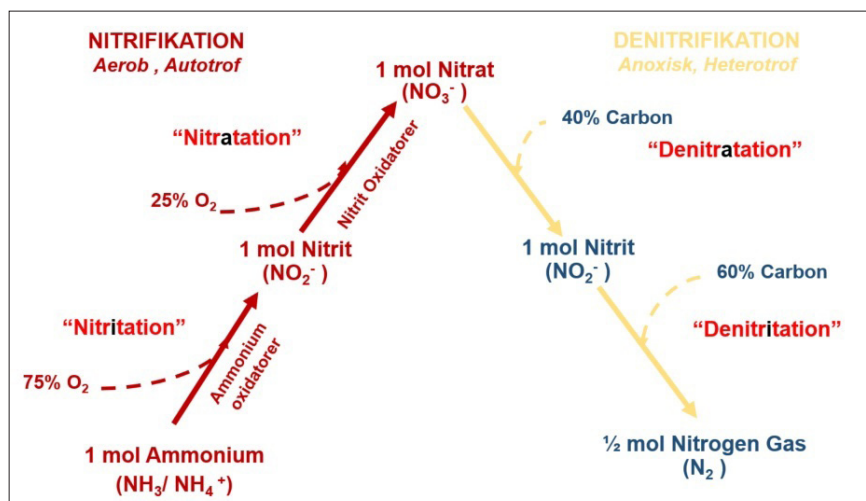
spildevandets reducere-de kvælstof skal iltes. Desuden kan man nøjes med at ilte ammonium til  $\text{NO}_2^-$  og ikke helt til  $\text{NO}_3^-$ , som det sker i den klassiske nitrifikation vist i figur 2 og 3. Dette giver et lavere behov for tilførsel af ilt til processen og dermed en besparelse på strømforbrug til beluftning. Desuden sparer man på det organiske stof man har brug for i en klassisk denitrifikationsproces. Det løser som ved et trylleslag udfordringen med det store energiforbrug i nitrifikationsprocessen.

De deammonificerende bakterier har en række egenskaber, som burde lette opformering. Bakterier trives for det første bedst ved høje temperaturer, gerne 30-35 grader  $^{\circ}\text{C}$ , hvilket er en fordel da konkurrerende bakteriekulturer bliver udfordret ved disse temperaturer. For det andet har anammox bakterierne en tendens til at samle sig i kolonier, som danner granuler, der kan vokse til mm størrelse. Det betyder at bakteriekolonierne bundfælder hurtigere end andre partikler i spildevandsslammet, som ofte er samlet i en løs flokstruktur. I teorien kan netop de ønskede bakterier således let adskilles fra det mere svært bundfældelige slam. Med baggrund i denne egenskab kan de ønskede bakterier selekteres ved brug af hydrocykloner. Ved at sende granulerne og spildevandet gennem hydrocykloner kan man meget simpelt sikre en hurtig bundfældning af de lidt tungere partikler og dermed tilbageholde det ønskede materiale. Det kræver derfor en række tilpasninger at gøre brug af disse meget dekorative, røde bakterier.

### Anammox i rejektvand

Hos VandCenter Syd i Odense har der været arbejdet med anammox siden 2014, hvor vi som de første i Danmark etablerede et renselinje baseret på deammonifikations-teknologien. Baggrunden for at implementere denne type proces var oplagt – mindre energiforbrug til omsætning af ammonium. Det mest optimale sted at starte var og er på behandlingen af rejektvand, der kommer fra afvandingen af udrådnet slam. Slammet har gennemgået en udrådning i renselanlæggenes råd-netanke med henblik på biogas produktion og har herefter typisk en tørstofkoncentration på 2-4% TS. Det skal derfor afvandes, inden det kan slutdisponeres enten ved forbrænding eller som jord-forbedring. Netop rejektvandet, der opstår i forbindelse med afvanding, er det oplagte mål for deammonifikationsprocesserne.

Vandet er varmt, det kommer typisk fra en mesophil udrådningssproces hvor temperaturen er 35-40 grader  $^{\circ}\text{C}$ . Derudover er ammoniumkoncentrationen typisk meget høj og kul-



Figur 2: Traditionel nitrifikation/denitrifikation (VandCenter Syd)

stofmængden meget ringe. Altså helt ideelle betingelser for de deammonificerende bakterier – anammox bakterierne.

I 2014 blev der derfor designet et anlæg bestående af to tanke til behandling af rejekt vandet på Ejby Mølle renselanlæg i Odense. I forhold til tidligere design af denne type anlæg, var anlægget på Ejby Mølle ændret radikalt. Alle andre anlæg var på det tidspunkt udført med Sequencing Batch Reactor (SBR) og havde typisk åbne tanke, hvorimod anlægget i Odense blev etableret med en kontinuert proces i lukkede tanke. Af hensyn til optimeringsmulighederne blev der valgt to parallelle tanke, hvilket muliggør procesoptimering og sammenligning af forskellige driftsparametre.

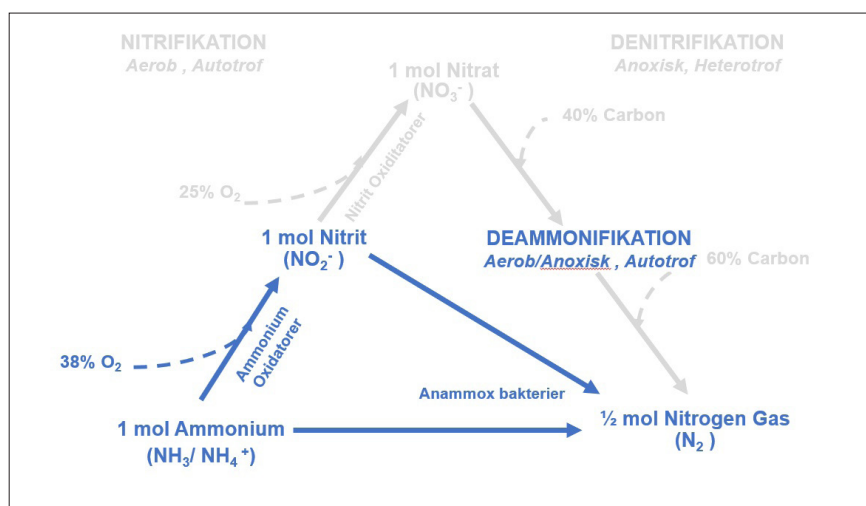
Da anlægget blev etableret, var der håb om at anammox processen kunne overføres til hovedstrømmen på renselanlægget og altså ikke blot til behandling af en sidestrøm. Udbredelsen af anammox til hovedstrømmen har igennem flere år været et mål, og tidlige resultater fra Changi renselanlægget i Singapore

viste lovende resultater [1]. Derfor var det også et mål at forsøge etablering af en anammox population i hovedstrømmen på Ejby Mølle. Dette skulle lykkes ved at selektere på slammet samt ved at tilføre anammox granuler til hovedstrømmen fra rejektvandsbehandlingen.

Efter en længere optimeringsproces er denne tilgang nu opgivet, og generelt må det konstateres, at der internationalt ikke længere er en forventning om at gøre anammox teknologien til hoved-processen i renselanlæg – specielt ikke i koldt klima.

### Lattergas og driftsudfordringer

Det har også vist sig, at driften af deammonifikationsanlæg ofte kan give anledning til udfordringer, processen er generelt mere ustabil, og det kan være udfordrende at sikre anlæggenes optimale drift. Bakteriekulturen har bl.a. vist sig kun at reproducere meget langsomt under danske forhold. Den bliver derfor let udkonkurreret af andre og mere hurtigt voksende organismer. Udfordringer



Figur 3: Anammox processen (VandCenter Syd)



Figur 4: Anammox bakterier i små granuler (VandCenter Syd)

består således både i forgiftninger og dermed tab af funktionalitet samt nedsat effektivitet grundet opblomstring af uønskede organismer. Der kan også ved mindre heldige designs være udfordringer i forhold til temperatur, både for høj og for lavt.

En anden meget væsentlig udfordring med denne type anlæg er en lidt nyere erkendelse, som ikke var velbeskrevet, da anlægget blev etableret på Ejby Mølle renseanlæg. Når ammonium omsættes til frit kvælstof, enten via nitrifikation og denitrifikation eller i udtalt grad i forbindelse med anammox processen, dannes der ofte ret betydelige lattergasemis-

sioner. Lattergas er en meget potent drivhusgas, hvilket er stærkt uhensigtsmæssigt i forhold til processernes klimaafttryk. I de traditionelle renseprocesser findes der optimeringsmuligheder, der kan reducere lattergasproduktionen, det er straks mere udfordrende i forbindelse med anammox processen.

Det er eftervist, at bestemte driftstiltag kan begrænse produktionen af lattergas <sup>2,3</sup>, men det må generelt anføres, at deammonifikationsprocessen udgør en risiko for uønsket emission af lattergas. Derfor har der også været en smule reservation i forhold til etablering af nye anlæg.

De nyeste udviklingstiltag i forhold til at håndtere dette problem ser på muligheden for at anvende en katalytisk proces for herved at løse denne udfordring. Et tiltag der lidt bygger på samme princip som anvendes på biler og på store industrielle anlæg, hvor de katalytiske processer har fundet udbredt anvendelse.

### Sammenfatning

Det, der startede som en lovende energivenlig renseproces, har nu vist sig ikke at opfylde alle vores ønsker. Internationalt bliver der stadig forsket i at optimere og forfine anammox processerne, men moden skifter, og det der for år tilbage stod overfor det store gennembrud i energivenlig kvælstofrensning ligner nu mere et nicheprodukt. Det skal understreges, at processen i stor udstrækning ind-

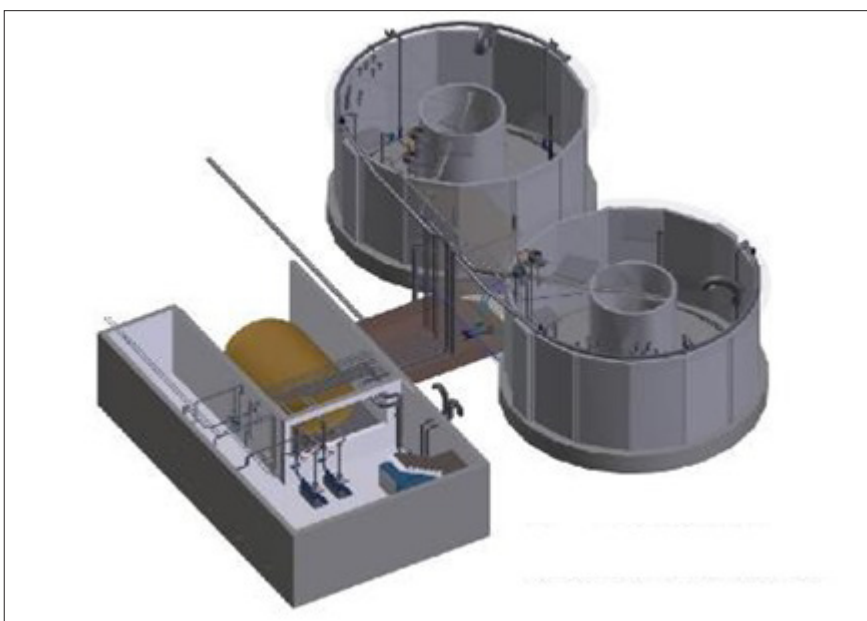
frier forventningerne til energieffektivitet, og derfor har anammox processen bestemt sin berettigelse, men driftsudfordringer og ikke mindst lattergas emissioner fra processen har tegnet et mere nuanceret billede. Ligeledes har de fleste nok opgivet at opnå omsætning af ammonium i hovedstrømmen med anammox processerne i koldt klima som det danske. Når der tages hensyn til lattergasproduktion og generelt driftsudfordringer, repræsenterer anammox teknologien endnu en måde at udnytte de avancerede biologiske systemer, der findes omkring os.

### Referencer:

- /1/ Cao, Y., Hong, K. B., Yan, Z., Yu, L., He, J., Chye, C. S., Wah, Y. L. og Ghani, Y. 2015: Mainstream partial nitrification/anammox nitrogen removal process in the largest water reclamation plant in Singapore. Journal of Beijing University of Technology, 1441-1454.
- /2/ Carreño, N. U., Nielsen, P. H. og Almind-Jørgensen, N. 2020: N<sub>2</sub>O emissions from Ejby Mølle. MUDP report.
- /3/ Vangsgaard, A. K. og Madsen, J. A. 2020: Dataopsamling på måling og reduktion af lattergas-emissioner fra renseanlæg. MUDP rapport
- /4/ Ma, B., Wang, S., Cao, S., Miao, Y., Jia, F., Du, R. og Peng, Y. 2016: Biological nitrogen removal from sewage via anammox: Recent advances. Bioresource Technology, 981-990.

PER HENRIK NIELSEN, VandCenter Syd A/S phn@vandcenter.dk

ALMA SKJOLD KNUDSEN, VandCenter Syd A/S ask@vandcenter.dk



Figur 5: Skematisk illustration af deammonifikationsanlægget opført på Ejby Mølle renseanlæg (VandCenter Syd)