

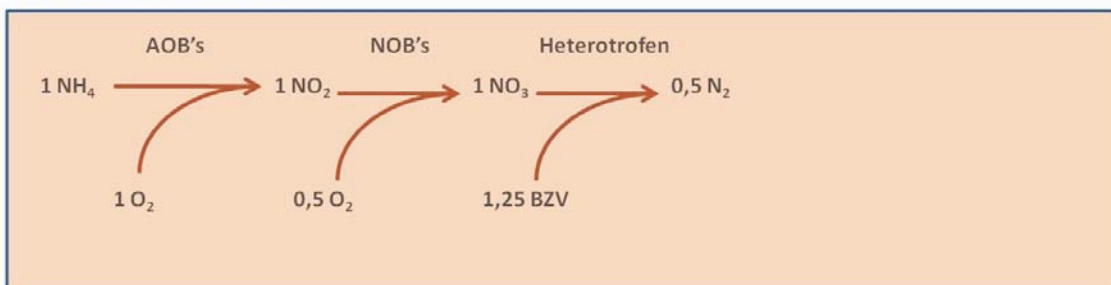
## Deammonificatie in de waterlijn met EssDe®

A.H.M. Buunen-van Bergen, R.J.A. Meulenkamp, C.M. Morgenschweis (Grontmij Nederland), H. Baten (Hoogheemraadschap van Rijnland)

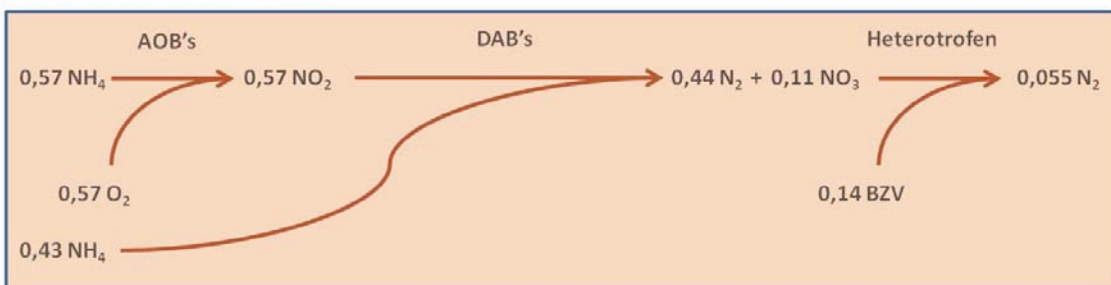
Deammonificatie wordt al meer dan tien jaar toegepast in warme stikstofrijke afvalwaterstromen. Toepassing van deammonificatie in de 'koude waterlijn' van een rioolwaterzuiverings-installatie bleek, alle onderzoeksinspanningen [1] ten spijt, tot op heden moeizaam. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de lage groeisnelheid van de deammonificerende bacteriën (DAB's), met name bij lagere temperaturen. Het EssDe®-proces (Energy Self Sufficient by DEmon®) laat echter zien dat het in de praktijk toch mogelijk is.

Bij conventionele stikstofverwijdering (nitrificatie en denitrificatie) wordt een groot deel van het zuurstofverbruik (en dus ook het energieverbruik dat hiermee gemoeid is) bepaald door stikstofoxidatie en endogene ademhaling. Daarnaast zijn voor de denitrificatie organische koolstofverbindingen noodzakelijk. Deze zijn weliswaar aanwezig in het influent, maar kunnen duurzamer worden ingezet, bijvoorbeeld voor opwekking van biogas of productie van bioplastics. Stikstofverwijdering door middel van deammonificatie heeft een veel geringere koolstof- en zuurstofbehoefte (en daarmee een lager energieverbruik voor de beluchting). Zie ook afbeelding 1.

### Conventionele route



### Deammonificatie route



Afbeelding 1. Schematische weergave van stikstofverwijdering via de conventionele route en de deammonificatie route

### **Toepassingen deammonificatie**

In de warme, stikstofrijke rejectiewaterstroom van de ontwatering van uitgegist slib wordt deammonificatie al geruime tijd met succes toegepast (DEMON<sup>®</sup>-reactor [2]). Deammonificatie in de 'koude' waterlijn van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (laag geconcentreerde, koude stikstofstromen) is een logische doorontwikkeling en er wordt dan ook veel onderzoek naar verricht.

Door de lage groeisnelheid, vooral bij lagere temperaturen, kunnen de deammonificerende bacteriën (DAB's) zich in de waterlijn moeilijk handhaven. Dit is één van de voornaamste obstakels die moeten worden overwonnen. Onderzoeken richten zich tot op heden onder andere op het voorkomen van de uitspoeling van de DAB's. Voorbeelden hiervan zijn het toepassen van korrelvorming en/of dragermateriaal. Nadeel van deze methoden is dat speciale reactoren nodig zijn om de juiste omstandigheden te creëren. Met name hierin onderscheidt het EssDe<sup>®</sup>-proces zich van de andere processen. Het EssDe<sup>®</sup>-proces verloopt in een slib-in-suspensie systeem in bestaande actiefslib-tanks.

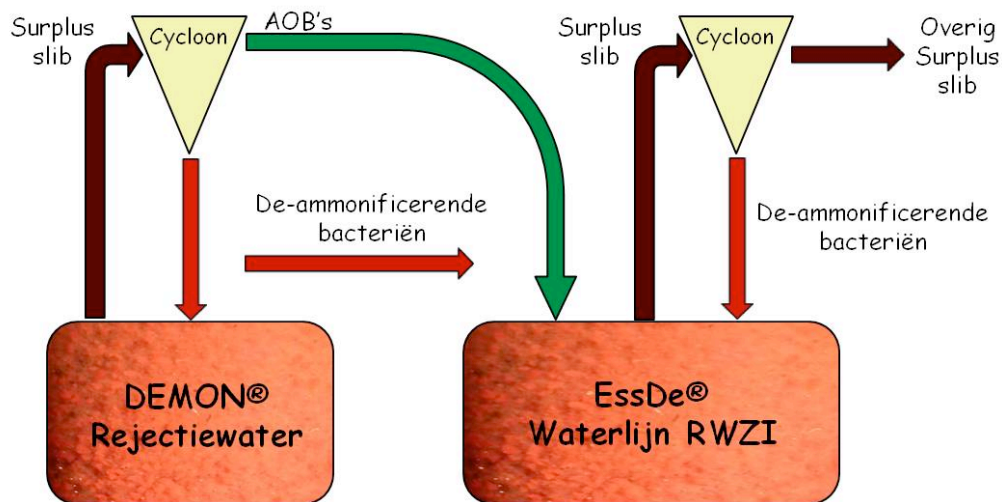
Een andere belangrijke moeilijkheid is het creëren van zodanige omstandigheden dat de ammonium oxiderende bacterien (AOB's) kunnen overleven terwijl de groei van de nitriet oxiderende bacteriën (NOB's) wordt onderdrukt. De groeisnelheden van de AOB's en NOB's liggen bij de lage temperatuur van het afvalwater dicht bij elkaar, waardoor het een uitdaging is de één te behouden en de ander te onderdrukken.

### **Het EssDe<sup>®</sup>-proces**

De aanwezigheid van voldoende DAB's in de waterlijn wordt op twee manieren gewaarborgd:

- De waterlijn wordt geënt met slib uit een DEMON<sup>®</sup>-reactor. Daarmee is de aanwezigheid van een slibgisting met bijbehorende ontwatering en een DEMON<sup>®</sup>-deelstroombehandeling een belangrijke voorwaarde voor toepassing van het EssDe<sup>®</sup>-proces. De DEMON<sup>®</sup>-reactor wordt gebruikt als een soort kweekreactor voor de DAB's, die daar onder verhoogde temperaturen snel kunnen aangroeien. Echter, het is daarbij belangrijk dat de temperatuur in de DEMON<sup>®</sup>-reactor tussen de 20-25°C ligt (in plaats van normaal tussen 30-35°C) zodat voor de bacteriën de temperatuursprong tussen de DEMON<sup>®</sup> en de waterlijn beperkt blijft. Deze verlaagde temperatuur van de DEMON<sup>®</sup> heeft geen gevolgen voor werking en capaciteit van het DEMON<sup>®</sup>-proces.
- Het surplusslib van de waterlijn wordt via een cycloon afgevoerd naar de sliblijn. In de cycloon worden de, zwaardere, DAB's gescheiden van het overige surplusslib. De onderloop van de cycloon (met de DAB's) wordt direct teruggevoerd naar de waterlijn. De bovenloop, het overige surplusslib, wordt afgevoerd naar de sliblijn. Op deze wijze kan er een verschil worden gemaakt tussen de slibleeftijd van de DAB's en de slibleeftijd van het overige slib, waaronder de AOB's.

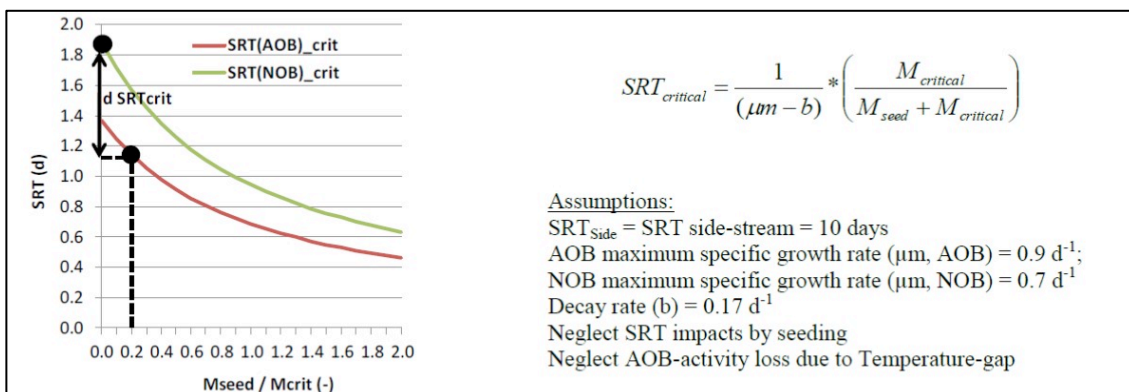
Afbeelding 2 geeft een schematisch overzicht van de wijze waarop beide voorwaarden worden gerealiseerd.



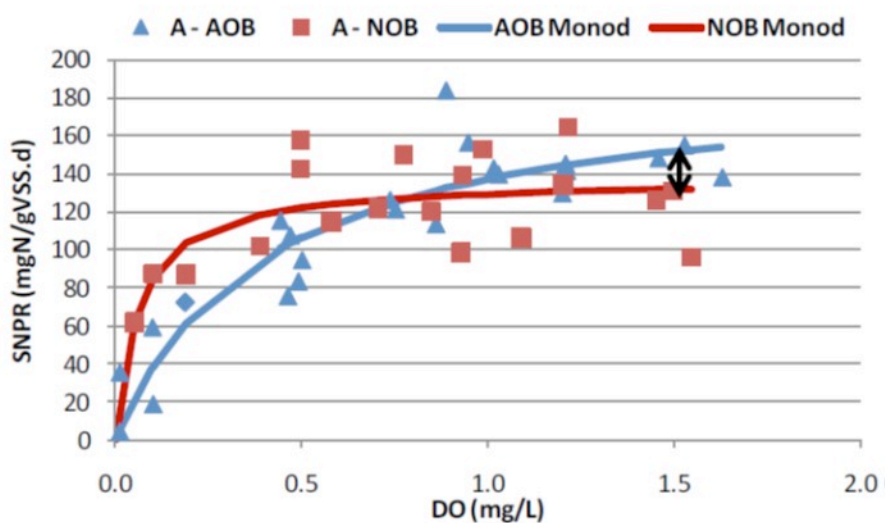
**Afbeelding 2. Schematische weergave van de enting van het DEMON®-slib naar de waterlijn**

De juiste omstandigheden om de groei van de AOB's te bevorderen en de groei van de NOB's te onderdrukken worden gecreëerd door de volgende maatregelen:

- Zoals uit afbeelding 2 blijkt worden niet alleen de DAB's vanuit de DEMON®-reactor overgebracht naar de waterlijn, maar ook de AOB's. Door deze enting van AOB's wordt het geringe verschil in de kritische sibleeftijd tussen de AOB's en NOB's vergroot (afbeelding 3).
- Door de combinatie van de aanwezigheid van de DAB's en een juiste procesregeling (de gepatenteerde AVN-controle) waarbij beluchte en onbeluchte perioden elkaar snel afwisselen, op basis van ammoniumconcentratie en NOx-concentraties, krijgen de NOB's niet de kans om het door de AOB's geproduceerde nitriet om te zetten naar nitraat, waardoor de groei van de NOB's wordt onderdrukt.
- Daarnaast is het zuurstofgehalte ten tijde van beluchting van belang om de NOB's te onderdrukken. Bij een wat hoger zuurstofgehalte is de groeisnelheid van de AOB's groter dan van de NOB's terwijl dit bij lagere zuurstofgehalten andersom ligt (afbeelding 4).

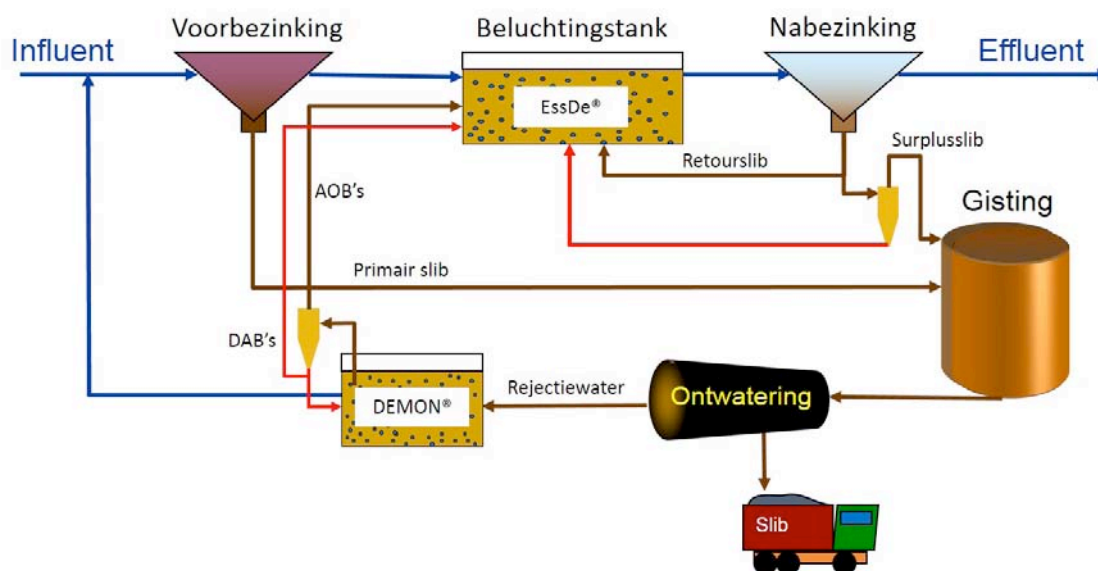


**Afbeelding 3. Effect van het enten van AOB's op de benodigde sibleeftijd [3]**



**Afbeelding 4. Groeisnelheid van AOB's en NOB's als functie van het zuurstofgehalte, SNPR= Specific Nitrogen Proces Rates [4]**

Concluderend kan het EssDe®-proces worden toegepast in bestaande slib-in-suspensie systemen. Het proces is in ieder geval toepasbaar op alle installaties met slibgisting en een rejectiewaterbehandeling in de vorm van DEMON®. Geschematiseerd ziet dat eruit als in afbeelding 5.



**Afbeelding 5. Een schematische weergave van een RWZI met daarin aangegeven DEMON® en EssDe®**  
 AOB's = ammonium oxiderende bacteriën, DAB's = deammonificerende bacteriën

De benodigde fysieke aanpassingen op de installatie blijven over het algemeen beperkt tot aanpassingen in de procesbesturing en het inpassen van een cycloon in de surplussliblijn (afbeelding 6). Hiermee zijn de benodigde investeringskosten gering en is de terugverdientijd, afhankelijk van de specifieke situatie, over het algemeen korter dan 5 jaar.



**Afbeelding 6. cyclonen in de surplussliblijn van RWZI Strass**

#### **Voordelen toepassing EssDe®**

Toepassing van EssDe® heeft de volgende voordelen:

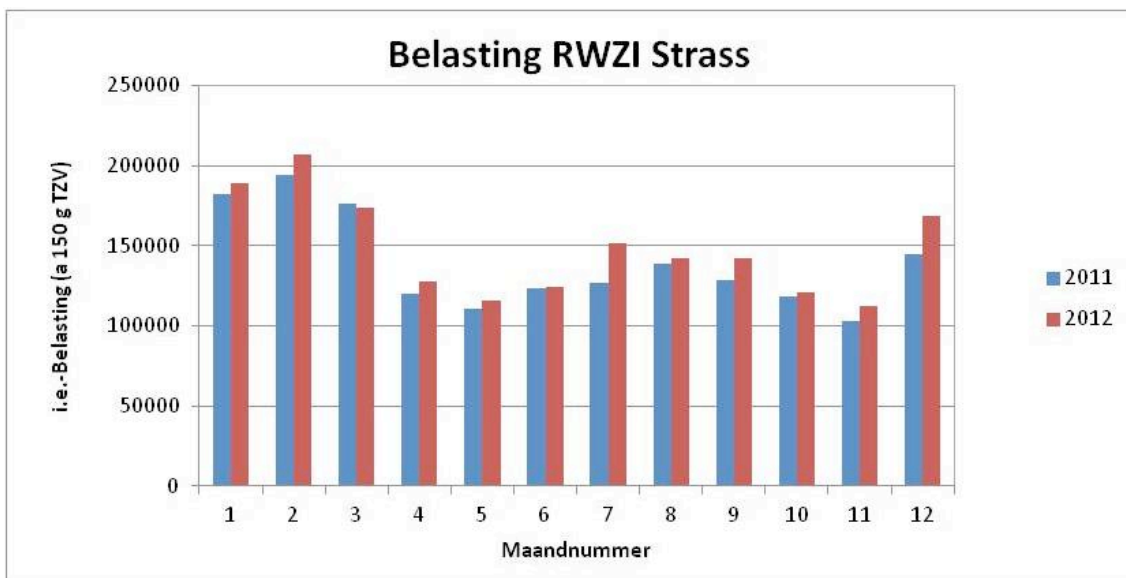
- De behoefte aan zuurstof is lager dan bij de conventionele stikstofverwijdering. Over het algemeen is het zuurstofverbruik, en daarmee ook het energieverbruik van de beluchting, 30% lager dan bij conventionele stikstofverwijdering;
- EssDe® biedt de mogelijkheid om de koolstof- en stikstofverwijdering van elkaar te scheiden. Daarmee wordt het mogelijk BZV (organisch afbreekbare koolstof) in de voorbehandeling vergaand af te scheiden en in te zetten voor bijvoorbeeld extra biogasproductie;
- EssDe® is daarmee ook uitermate geschikt voor systemen waar op dit moment al te weinig BZV beschikbaar is voor een vergaande stikstofverwijdering en waar om die reden een externe koolstofbron wordt gedoseerd om aan de effluenteisen te kunnen voldoen;
- Doordat gestuurd wordt op een korte slibleeftijd wordt bij een lager slibgehalte gewerkt dan bij de conventionele stikstofverwijdering. Hierdoor ontstaat ruimte voor extra biologische belasting op de installatie.
- EssDe® wordt toegepast in bestaande actiefslibtanks waardoor de benodigde investeringen voor de toepassing zeer gering zijn; de terugverdientijd is over het algemeen minder dan vijf jaar.

### Full-scale-resultaten

De eerste EssDe®-toepassing is gerealiseerd op RWZI Strass in Oostenrijk, de locatie waar ook de eerste DEMON®-installatie staat.

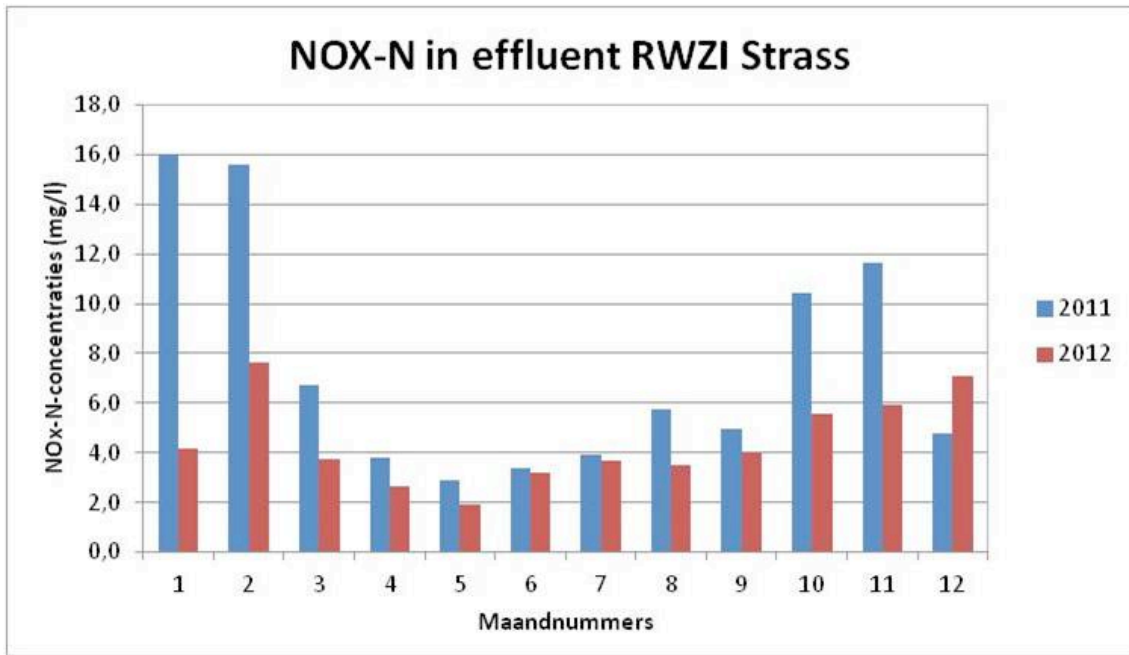
RWZI Strass is een AB-installatie, met een hoogbelaste eerste trap, gevolgd door een laagbelaste tweede trap.

Kenmerkend voor RWZI Strass is de zware overbelasting in de winter ten gevolge van de aanwezigheid van een groot aantal toeristen in het aanvoergebied (afbeelding 7). De belasting van de zuivering stijgt dan naar 250.000 i.e (à 150 g TZV) terwijl de ontwerpbelasting 167.000 i.e.(à 150 g TZV) is. Om deze belasting op te kunnen vangen was de B-trap in de oude situatie uitgerust met facultatieve zones, waar 's winters werd genitrificeerd en 's zomers gedenitrificeerd. De overbelasting leidde tot een daling van de sibleeftijd, waarmee de druk op de nitrificatiecapaciteit in de winter werd opgevoerd. In de zomer waren nitrificatie en denitrificatie meer in balans.



**Afbeelding 7. Maandgemiddelde i.e.-belasting RWZI Strass 2011 en 2012**

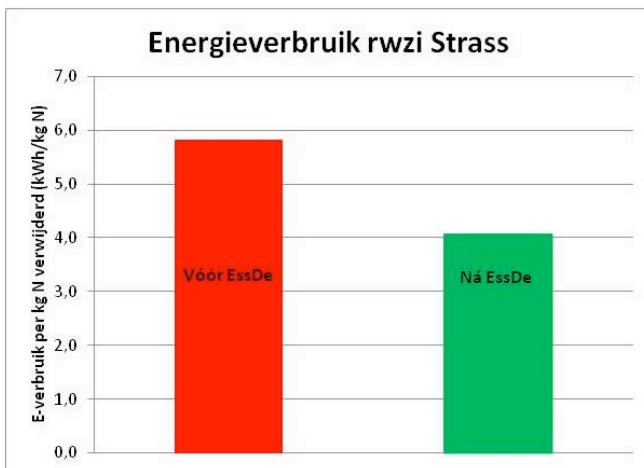
Deze overbelasting in de winter maakt dat het effect van het EssDe®-proces (geïmplementeerd in mei 2011) met name in de winter zichtbaar is. In afbeelding 8 zijn de maandgemiddelde NO<sub>x</sub>-concentraties in het effluent van RWZI Strass weergegeven.



**Afbeelding 8. Maandgemiddelde NO<sub>x</sub>-concentraties in het effluent van RWZI Strass voor de jaren 2011 en 2012**

Het EssDe®-proces is in mei 2011 geïmplementeerd.

Door de implementatie van het EssDe®-proces is het energieverbruik van de RWZI met ca. 30% gedaald (afbeelding 9).



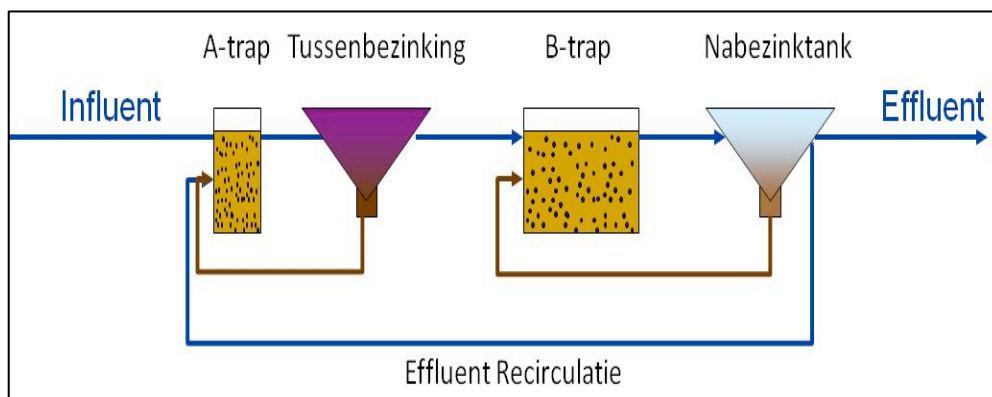
**Afbeelding 9. Het energieverbruik van de beluchting van RWZI Strass per kg verwijderd N vóór en ná de implementatie van het EssDe®**

### EssDe® op RWZI Velsen

Momenteel wordt het EssDe®-proces op twee locaties full scale toegepast, namelijk bij RWZI Strass in Oostenrijk en op RWZI Glarnerland in Zwitserland. Daarnaast zijn EssDe®-installaties op twee RWZI's in Duitsland in aanbouw (Bickenbach en Rottenburg). In Nederland heeft

hoogheemraadschap van Rijnland als eerste besloten het EssDe®-proces te implementeren, op RWZI Velsen.

RWZI Velsen is, net als RWZI Strass, een zuivering volgens het AB-proces. Een schematische weergave is te zien in afbeelding 10.



**Afbeelding 10. Schematische weergave van het AB-proces**

RWZI Velsen is ontworpen voor een belasting van 120.000 i.e., de actuele belasting is 90.000 – 100.000 i.e. De huidige effluentkwaliteit ten aanzien van N-totaal bedraagt 20 mg/l en ten aanzien van P-totaal 5 mg/l.

De verwachting is dat de belasting zal stijgen naar 120.000 i.e.. Daarnaast dient de zuivering in de toekomst te gaan voldoen aan strengere effluenteisen voor totaal-stikstof (10 mg N/l) en totaal-fosfor (1 mg P/l). Als belangrijke nevendoelestelling wil het hoogheemraadschap van Rijnland (HHR) energie besparen in het kader van de gemaakte meerjarenafspraken (MJA).

Om met een verhoogde vuilvracht aan de toekomstige effluenteisen te kunnen voldoen is in eerste instantie overwogen de effluentrecirculatie van de B- naar de A-trap te verhogen van 800 m<sup>3</sup>/h naar maximaal 2.000 m<sup>3</sup>/h (afhankelijk van temperatuur, zwevendestof-concentratie in het A-trap effluent en slibvolume-index van het slib van de B-trap). Uit technologische berekeningen is echter gebleken dat de afloop van de nabezinking bij de verwachte belasting dan nog steeds ca. 20 mg/l totaal stikstof bevat als jaargemiddelde (variërend tussen 16 tot 24 mg/l). Als aanvullende maatregel zijn derhalve denitrificerende zandfilters (met azijnzuur als koolstofbron) voorzien. De totale investeringskosten voor deze beide maatregelen samen bedragen € 3.700.000,= en de totale jaarlijkse lasten ca. € 550.000,=.

Een haalbaarheidsstudie naar de implementatie van DEMON® en EssDe® laat zien dat effluentrecirculatie geheel achterwege kan blijven en dat de nitraatvracht die nog met zandfilters dient te worden verwijderd aanzienlijk kan worden beperkt en in het gunstigste geval geheel achterwege kan blijven. Dat betekent aanzienlijk lagere investeringskosten en jaarlijkse lasten. De investeringskosten voor de DEMON®-reactor zijn gelijk aan die voor het verhogen van de effluentrecirculatie, terwijl de jaarlijkse lasten gemoed met de bedrijfsvoering



van DEMON<sup>®</sup> lager zijn dan die van de verhoogde effluentrecircuatie. De implementatie van de DEMON<sup>®</sup>-reactor is derhalve een no-regret maatregel.

Aanvullende implementatie van EssDe<sup>®</sup> op de waterlijn (B-trap) betekent:

- lagere investeringskosten. De investeringskosten gemoeid met de implementatie van EssDe<sup>®</sup> zijn een fractie van de investeringskosten voor de denitrificerende zandfilters die oorspronkelijk zijn voorzien, namelijk circa 15%. De verwachting is dat na implementatie van EssDe<sup>®</sup> de realisatie van denitrificerende zandfilters bij de huidige belasting kan worden uitgesteld en dat er bij toekomstige belasting nog maximaal de helft van het aantal denitrificerende zandfilters hoeft te worden geïnstalleerd. In het gunstigste geval kunnen ze zelfs geheel achterwege kan blijven.
- lagere jaarlijkse lasten. Ten eerste omdat er geen of beduidend minder azijnzuur benodigd is voor de nitraatverwijdering met behulp van zandfilters, ten tweede vanwege een lager energieverbruik van de beluchting in de B-trap.

Naar aanleiding van de haalbaarheidsstudie heeft het hoogheemraadschap van Rijnland besloten om het DEMON<sup>®</sup> en EssDe<sup>®</sup>-proces op RWZI Velsen te implementeren.

De DEMON<sup>®</sup>-reactor is inmiddels in aanbouw en de benodigde aanpassingen voor het EssDe<sup>®</sup>-proces zullen in de tweede helft van 2015 worden gerealiseerd. De verwachting is dat een en ander, afhankelijk van de voortgang van de renovatie aan de slibgistingstank, in de eerste helft van 2016 in bedrijf kan worden genomen.

## Literatuur

1. STOWA 2013-09, Toepassing van anammox in de hoofdstroom van een rioolwaterzuivering.
2. Buunen-van Bergen, A.H.M, Mooij, H.W., Morgenschweis, C.M. (2014). DEMON<sup>®</sup> - In 10 jaar van van innovatie naar bewezen techniek, H2O, 10, 40-41. ([http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com\\_easyblog&view=entry&id=165&Itemid=171](http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com_easyblog&view=entry&id=165&Itemid=171) )
3. Al-Omari A. et al (2014). Model-based evaluation of mechanisms and benefits of mainstream shortcut nitrogen removal processes, Water Science & Technology, in press.
4. Wett, B. et al, (2013). Going for mainstream deammonification from bench- to full-scale for maximized resource efficiency, Water Science & Technology, 68.2, 283 – 289.