



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Colsen



water, energy & environment



Universiteit
Antwerpen



Waterschap

Brabantse Delta

Openbare eindrapportage Hernieuwbare energie 2017

MAS[®] - Mainstream Anammox System

Mainstream Anammox System (MAS[®]), innovatieve kostprijs verlagende technologie voor extra GroenGas uit afvalwater.

Dit project wordt mede mogelijk gemaakt door Topsector Energiesubsidie van het Ministerie van
Economische Zaken (Uit: Regeling nationale EZ-subsidies)



Gegevens project

Projectnummer

TEHE117001

Projecttitel

Mainstream Anammox System (MAS®), innovatieve kostprijs verlagende technologie voor extra GroenGas uit afvalwater.

Penvoerder en medeaanvragers

Naam deelnemer		
Colsen, Adviesburo voor Milieutechniek B.V.	Penvoerder	Kreekzoom 3, 4561 GX Hulst, Nederland
Waterschap Brabantse Delta	Medeaanvrager	Bouvignelaan 5, 4836 AA Breda, Nederland
Universiteit Antwerpen	Medeaanvrager	Middelheimlaan 1, 2020 Antwerpen, België

Projectperiode

Startdatum project 01-05-2017

Einddatum project 31-12-2018

Verlengde einddatum project 01-04-2019

1. Samenvatting

Met de huidig toegepaste technologieën voor het zuiveren van de hoofdstroom van een waterzuiveringsinstallatie kan slechts een gedeelte van de beschikbare energie teruggewonnen worden. Voor de verwijdering van stikstof moet energie beschikbaar gesteld worden in de vorm van CZV. Het gedeelte aan CZV dat nodig is voor de stikstofverwijdering kan niet worden gebruikt voor het terugwinnen van energie.

Het MAS project heeft als doelstelling het verwijderen van stikstof door het toepassen van de anammox bacterie op de 'koude' hoofdstroom van een RWZI. Hierdoor zal het CZV verbruik voor stikstofverwijdering aanzienlijk verminderen, waardoor meer CZV beschikbaar komt voor energieproductie.

Een pilot onderzoek is opgezet om de benodigde procesomstandigheden te onderzoeken voor het behoud- en expressie van de anammox bacterie. Hiervoor is een gecombineerde strategie toegepast:

- Scheiding van de slib verblijftijden van het vlokkig slib (AOB / NOB) en de anammox bacterie (AnAOB) voor het opleggen van differentiële slibleeftijden (SRT).
- Toepassen van een aan-/uit beluchtingsprogramma voor het onderdrukken van NOB.

Door gebruikmaking van een trilzeef is aangetoond dat scheiding tussen de verschillende fracties mogelijk is. Verliezen van de trilzeef werden beperkt, waardoor voldoende retentie van anammox kon worden gerealiseerd. Tijdens het MAS onderzoek is het mogelijk gebleken om met een beluchting programma effectief NOB te onderdrukken.

Door een gecombineerd toepassing van beide strategieën is aangetoond dat stikstofverwijdering deels via een short-cut kan worden gerealiseerd. Een gemiddelde CZV:N verhouding van 1:2,7 is voor langere tijd aangetoond middels AnAOB en DNit, waarbij voor conventionele stikstofverwijdering een verhouding van 1:4,8 gangbaar is.

2. Inleiding

De Nederlandse Waterschappen hebben zich gecommitteerd om 40% van hun energieverbruik zelf op een duurzame manier op te wekken in 2020. Deze afspraken zijn vastgelegd in de Meerjarenaafspraken energie efficiency (2008), Klimaatakkoord (2010), Lokale Klimaatagenda (2011), Green Deal (2011), Ketenakkoord Fosfaat en het SER Energieakkoord (2013). Dit heeft onder andere geresulteerd in de Energie- en grondstoffenfabriek. Dit heeft ook geleid tot de ontwikkeling van nieuwe technologieën om meer energie te halen uit rioolwater(slib). Echter, het grote potentieel aan energie-inhoud in rioolwater wordt nog lang niet benut.

De MAS-technologie (**M**ainstream **A**namnox **S**ystem) draagt bij tot het energie-neutraal of zelfs energie-positief maken van waterzuivering en zorgt op die manier voor de realisatie van de rwzi als Energiefabriek. Door thermofiele drukhydrolyse wordt uit het slib van een rwzi aanmerkelijk meer energie geproduceerd dan bij de standaard mesofiele slibgisting. Deze hogere omzettingsgraad van de organische stof in het slib resulteert tevens in een grotere hoeveelheid ammoniakale stikstof in het slibwater wat teruggevoerd wordt in de waterlijn. Om aan het vereiste stikstofgehalte in het effluent te kunnen voldoen, moet vrijwel alle stikstof in de rwzi verwijderd worden. Dit werd tot op heden gerealiseerd door de biologische nitrificatie/denitrificatie waarbij de stikstof eerst wordt geoxideerd tot nitraat en daarna wordt gedenitrificeerd tot stikstofgas. Voor deze laatste stap is een hoeveelheid koolstof benodigd, die bij een optimale energie productie niet meer in het afvalwater aanwezig is.

Met anamnox-bacteriën kan de stikstof verwijdering eveneens worden gerealiseerd **zonder** de behoefte van deze koolstof. Hierbij wordt de aanwezige ammoniakale stikstof voor ca. 50 % omgezet in nitriet door ammonium oxiderende bacteriën en wordt vervolgens het resterende ammoniak en het geproduceerde nitriet met anamnox bacteriën omgezet naar stikstofgas. De anamnox-bacteriën zijn autotroof en hebben geen koolstof en zuurstof nodig. Het proces resulteert er tevens in dat er aanzienlijk minder beluchtingsenergie benodigd is voor de stikstofverwijdering en resulteert in een lage surplusslibgroei. Het anamnox-proces wordt al succesvol toegepast in Colsen's NAS-technologie voor de verwijdering van stikstof uit **warme** zijstromen met **hoge** stikstofconcentraties, zoals digestaat. Met de MAS-technologie is onderzoek gedaan naar stikstofverwijdering uit de hoofdstroom, dus uit huishoudelijk afvalwater dat met relatief **koude** temperaturen en relatief **lage** stikstofconcentraties de zuivering binnenkomt.

Colsen heeft de MAS-technologie ontwikkeld in samenwerking met Universiteit Gent en Waterschap Brabantse Delta. Met de technologie wordt het mogelijk om de efficiëntie van de slibvergisting te verhogen én tegelijk energie te besparen. In 2013 is een UNAS®-pilot installatie gebouwd, welke in 2018 is omgebouwd naar de MAS-pilot.

2.1 Doelstelling

De doelstelling van het MAS-project is tweeledig:

1. Verhoging van de stikstofverwijderingsefficiëntie van 50% gedurende kortere periodes naar 70% constant.
2. Ontwikkelen van een continu en gecompartmenteerd MAS-systeem op basis van de eerder vermelde ervaringen met UNAS®, om op die manier het marktpotentieel te vergroten omdat het goedkoper en beter toepasbaar is.

Een nieuwe pilotinstallatie is gebouwd als een continu en gecompartmenteerd systeem en is qua opzet volledig overeenstemmend met een omgebouwde rwzi.

2.2 Werkwijze

Het ontwikkelen van anammox technologie, welke bij lage temperatuur (onder 15°C) voor stikstofverwijdering zorgt, zal een doorbraak betekenen voor de Energiefabriek. Om dit te kunnen bereiken is er in dit project gewerkt aan:

1. Succesvolle NOB-onderdrukking;
2. Behoud en expressie van Anammox of anAOB-activiteit;
3. Differentiële slibretentietijd (SRT)-controle met de trilzeef;
4. Goede prestatie bij een hoge volumetrische belasting:
 - a. Volumetrische belasting van 150 ± 17 mg N/L·d tot 167 ± 19 mg N/L·d;
 - b. TN-verwijderingsefficiëntie van $40 \pm 8\%$ en $51 \pm 13\%$
5. Een aanzet naar een goede effluentkwaliteit
 - a. TN < 10 mg N/L

2.3 Pilotreactor

In 2018 werd de pilot op basis van de dan bekende onderzoeksresultaten omgebouwd naar een continu systeem, waarbij gebruik werd gemaakt van een aantal (extra) technieken:

1. Voorgeschakelde denitrificatietank om overtollige CZV te verwijderen (1^{ste} anoxische tank)
2. Groeireactor om anammox te laten groeien onder (sub)optimale condities en tevens NOB te onderdrukken (2^{de} anoxische tank)
3. Een aëratietank met aangepaste ammoniakmeting en zuurstof sturing (aerobe tank)
4. Een circulatie mogelijkheid van de aëratietank naar de DNT.
5. Een slibscheiding met een trilzeef en afvoer van het grote slib naar de groeireactor (2^{de} anoxische tank)
6. Een lamellen afscheider (separator) voor slibafscheiding.

April 2018



Figuur 1. MAS® pilot installatie.

In april 2018 was de ombouw van de pilot volledig gereed en is gestart met de voorgestelde bedrijfsvoering. Na enten van slib uit de DEMON reactor werd gestreefd naar een optimale stikstof verwijdering die gedeeltelijk via anammox zou verlopen.

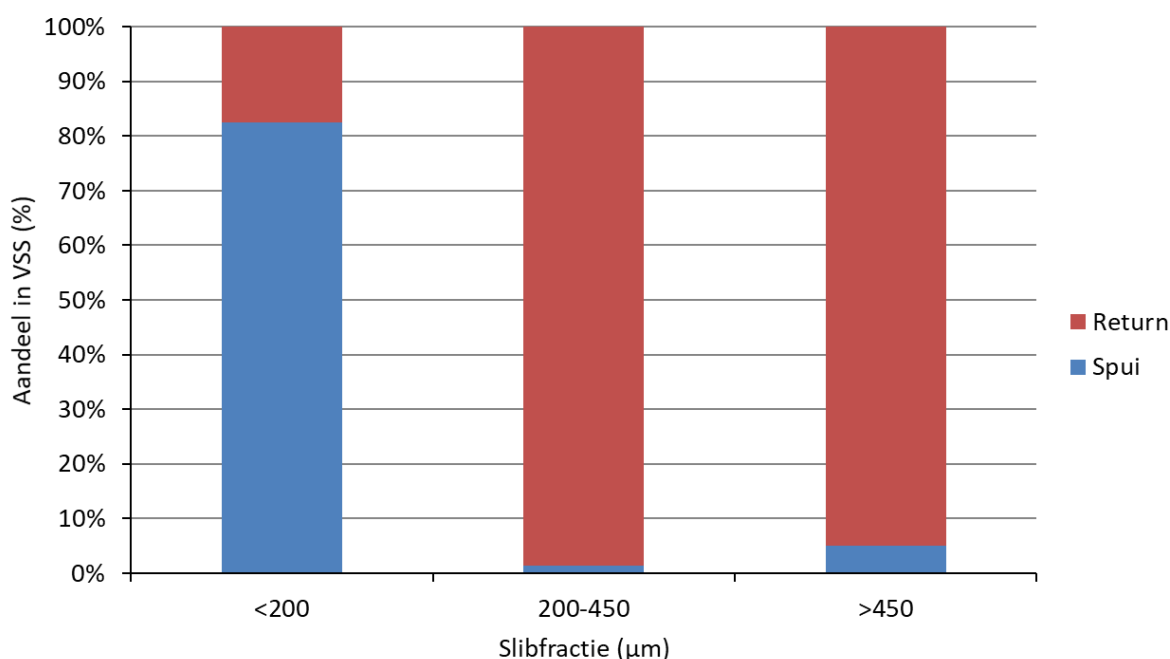
Een gecombineerde strategie is toegepast om de gewenste microbiële samenstelling te verkrijgen en te behouden. De gecombineerde (1) in/uit- en (2) uit/aan strategie bestond uit het toepassen van slibselectie doormiddel van de trilzeef (in/uit) en het toepassen van een beluchtingsprogramma (2) voor het onderdrukken van NOB.

3. Resultaten

Tijdens de eerste drie maanden na de opstart varieerde de influent concentratie sterk, waardoor deze periode niet werd opgenomen in de grafieken. Oorzaken hiervoor waren o.a. werken en onvoorziene problemen met de bezinkers op de waterzuivering zelf. Bovendien waren er ook enkele kleine technische problemen in deze periode, gelinkt aan de recente ombouw van de pilot. Tijdens de optimalisatie van de pilot installatie is gefocust op het uitwerken van de gecombineerde strategieën.

3.1 Trilzeef

Om meer inzicht te krijgen in de trilzeefficiëntie werd er periodisch een massabalans van de uitgaande stromen (spui en return) opgesteld. In Figuur 2 staat een voorbeeld weergegeven van zo'n massabalans, opgesteld op 14/11/2018. Hieruit kan worden afgeleid dat 83% van het vlokkelig slib dat op de trilzeef gebracht wordt, ook effectief wordt gespuid (berekend op VSS-basis). De andere 17% wordt teruggestuurd naar de pilot via de return-stroom. Voor de grotere vlokken (>200 μm) zijn de ongewenste verliezen van slib in de spui klein. Voor de middelgrote fractie bedroeg dit 1% en voor de grootste fractie 5%.



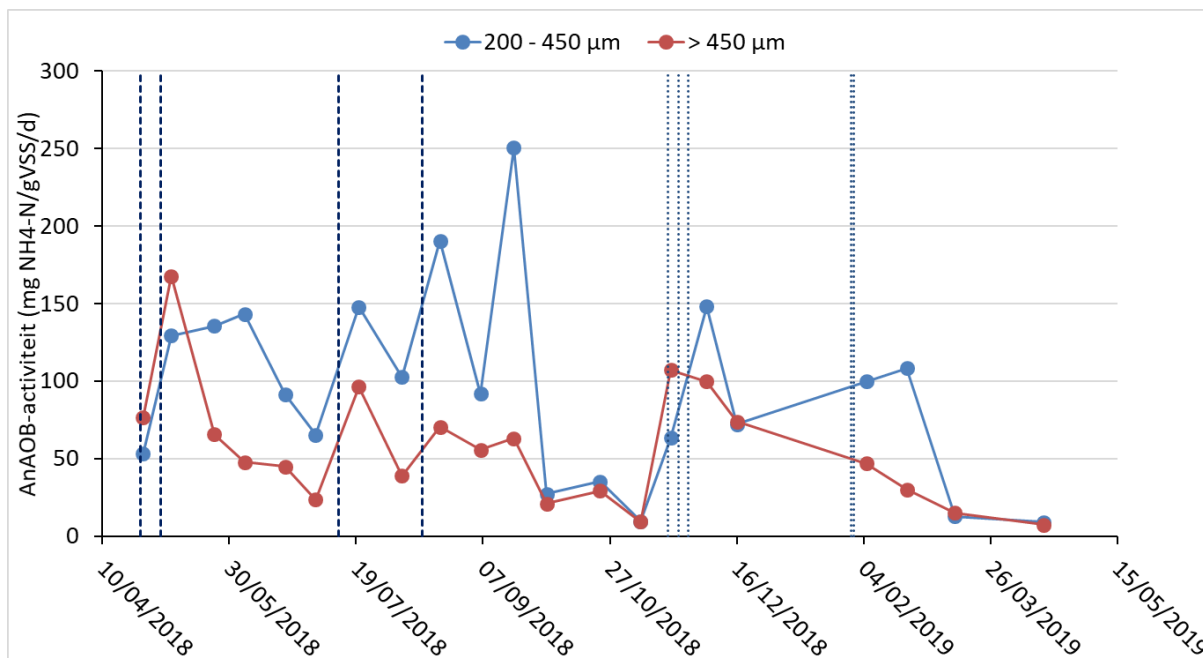
Figuur 2: Trilzeefficiëntie bepaald op 14/11/2018. Hiervoor werd een massabalans opgesteld van de twee uitgaande stromen: de 'spui', het slib dat verwijderd wordt uit de pilot en bijgevolg preferentieel bestaat uit vlokkelig slib (< 200 μm), en de 'return' wat behouden blijft en teruggestuurd wordt naar de pilot. Per slibfractie wordt relatief weergegeven waar deze na de trilzeef terechtkomt.

3.2 Potentiële activiteit - NOB onderdrukking

De potentiële of maximale activiteit van elk bacterie type (AnAOB (= Anammox), AerAOB en NOB) per fractie werd tweewekelijks bepaald in het labo. Hierbij werd in triplicaat de substraat omzetting in ideale omstandigheden (voldoende substraat en voldoende of net geen zuurstof) opgevolgd. Via de Arrhenius-vergelijking en een theta-waarde van 1.10 voor de AOB en 1.065 voor NOB werden deze activiteiten dan omgerekend naar een referentietemperatuur van 20°C.

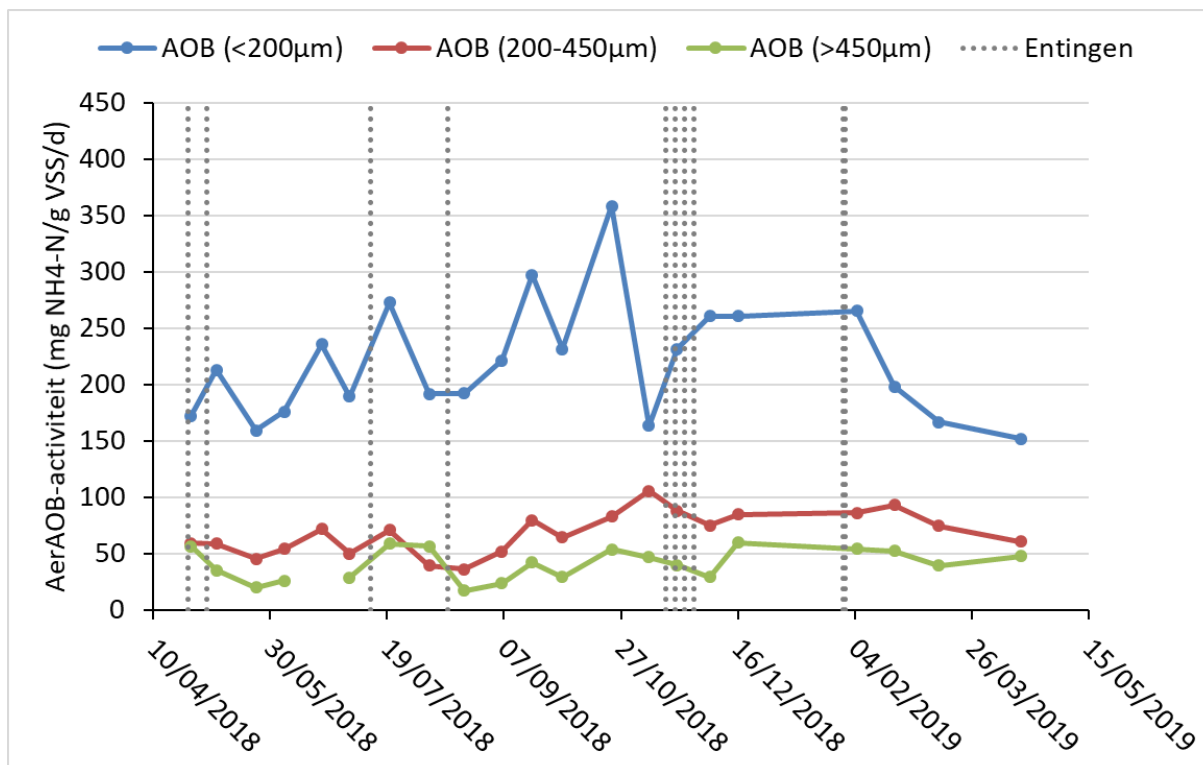
De potentiële AnAOB-activiteit staat weergegeven in Figuur 3. Op dezelfde figuur staan ook de entingen weergegeven, waarbij er 1-3 m³ slib uit de zijstroom DEMON-installatie op Nieuwveer werd toegevoegd aan de reactor. Dit slib bevat voornamelijk granulen met AnAOB en AOB en werd toegevoegd als de AnAOB-activiteit te laag was om het onderzoek te versnellen (natuurlijke aangroei duurt te lang). Preferentieel werd ingedikt slib gebruikt uit de onderstroom van de cycloon, wat een grotere hoeveelheid aan granulen bevat. Sinds het najaar van 2018 was het echter niet meer mogelijk om hieruit slib te krijgen, en werd mixed liquor gebruikt, wat ongeveer 5 keer meer verdund is en relatief minder granulen bevat. Dit verklaarde ook het verschil in toename van potentiële AnAOB-activiteit na een enting van de onderstroom t.o.v. de mixed liquor, wat beduidend lager is.

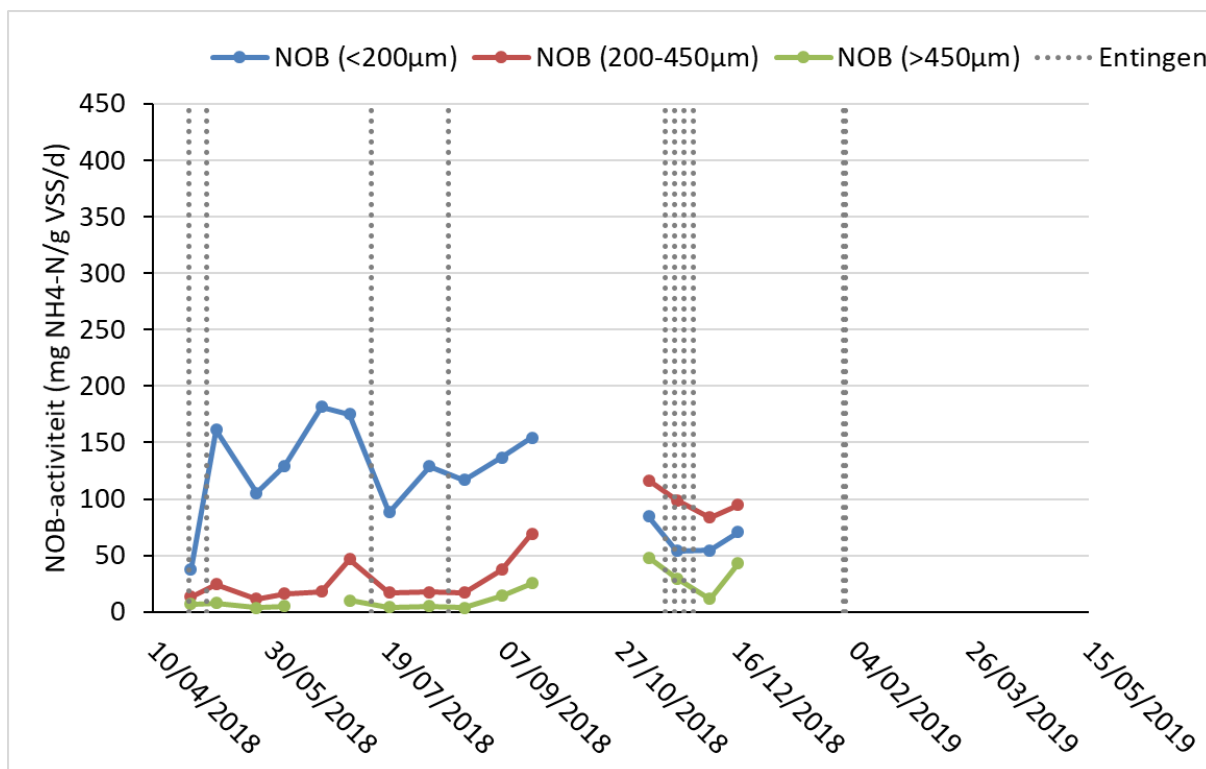
Uit Figuur 3 kan worden afgeleid dat tussen de entingen in de potentiële AnAOB-activiteit behouden kan worden, maar dat deze wel gradueel afneemt. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn de uitspoeling van granulen via het effluent, spui en technische problemen in combinatie met de trage groeisnelheid. Bovendien ondervindt AnAOB competitie met NOB en denitrificerende bacteriën voor nitriet, waardoor het belangrijk is om deze competities zoveel mogelijk te vermijden.



Figuur 3: De potentiële of maximale activiteit van AnAOB per fractie, gemeten in het labo en omgerekend naar 20°C via de Arrheniusvergelijking en een theta-coëfficiënt van 1.10. De entingen vanuit de zijstroom demon-installatie worden voorgesteld met verticale lijnen: streepjeslijn voor entingen vanuit de onderstroom (± 11 g TSS/L, voornamelijk granulen) en stippellijn voor entingen uit de mixed liquor (± 2.5 g TSS/L, zowel vlokken als granulen).

De potentiële AOB-activiteit staat weergegeven in Figuur 4. Hieruit kan worden afgeleid dat het merendeel van de AOB-activiteit zich in de vlokke fractie bevond. De potentiële AOB-activiteit bleef redelijk constant over de gehele periode, met uitzondering van het voorjaar van 2019 waarbij deze afnam vanwege het vernieuwde beluchttingsprofiel waarbij netto minder belucht werd.





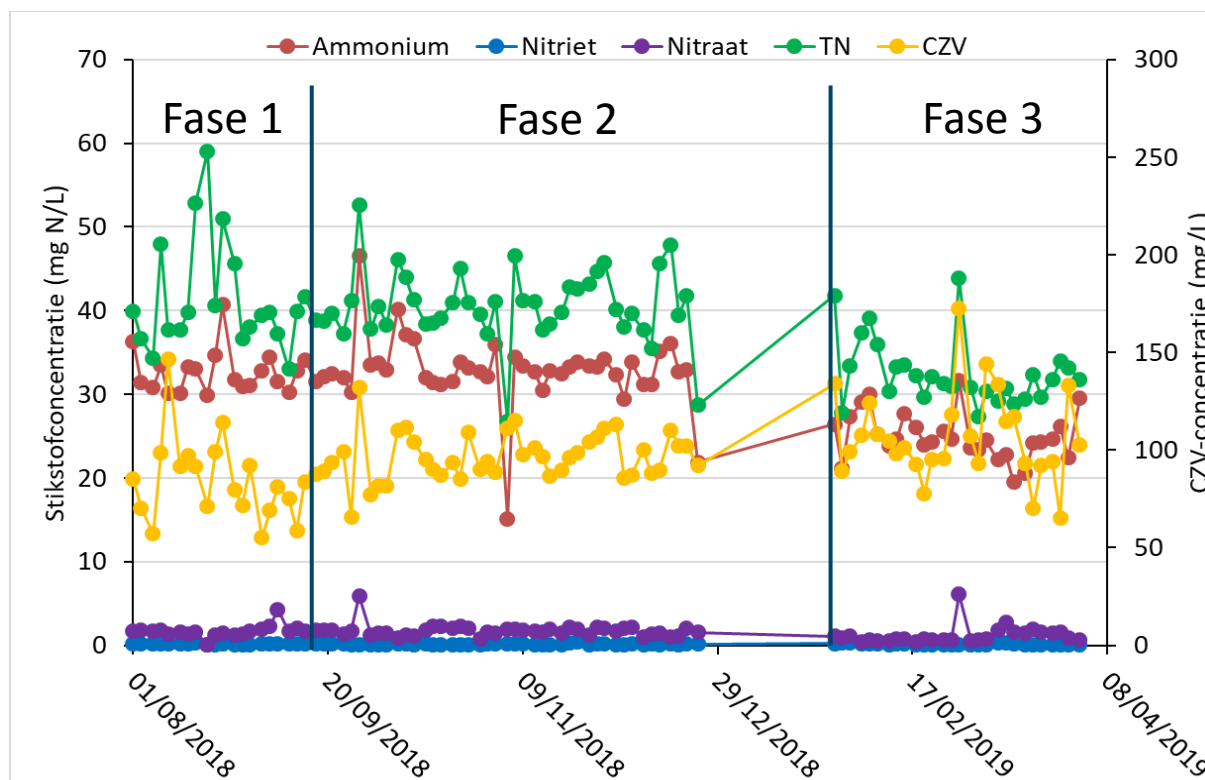
Figuur 5: De potentiële of maximale activiteit van NOB per fractie, gemeten in het labo en omgerekend naar 20°C via de Arrheniusvergelijking en een theta-coëfficiënt van 1.065.

3.3 Meetresultaten

Vanaf de start van het onderzoek met de vernieuwde MAS-pilot kunnen er ruwweg drie fases onderscheiden worden. Tijdens fase 1 (01/08'18 - 26/09'18) werd er voornamelijk gefocust op NOB-onderdrukking met behoud van voldoende AerAOB-activiteit, wat zich vertaalt naar voldoende ammoniumomzetting (> 90% omzettingsefficiëntie). In fase 2 (28/09'18 - 21/12'18) werd deze vereiste ongedaan gemaakt en werd de opbouw van ammonium getolereerd zodat er volop kon worden ingezet op NOB-onderdrukking. In fase 3 (24/12'18 - 01/04'19) werd er gefocust op het behalen van een loosbaar effluent, waarbij ook de volumetrische belasting verlaagd werd naar de huidige belasting in de B-trap (120 mg N/L/d).

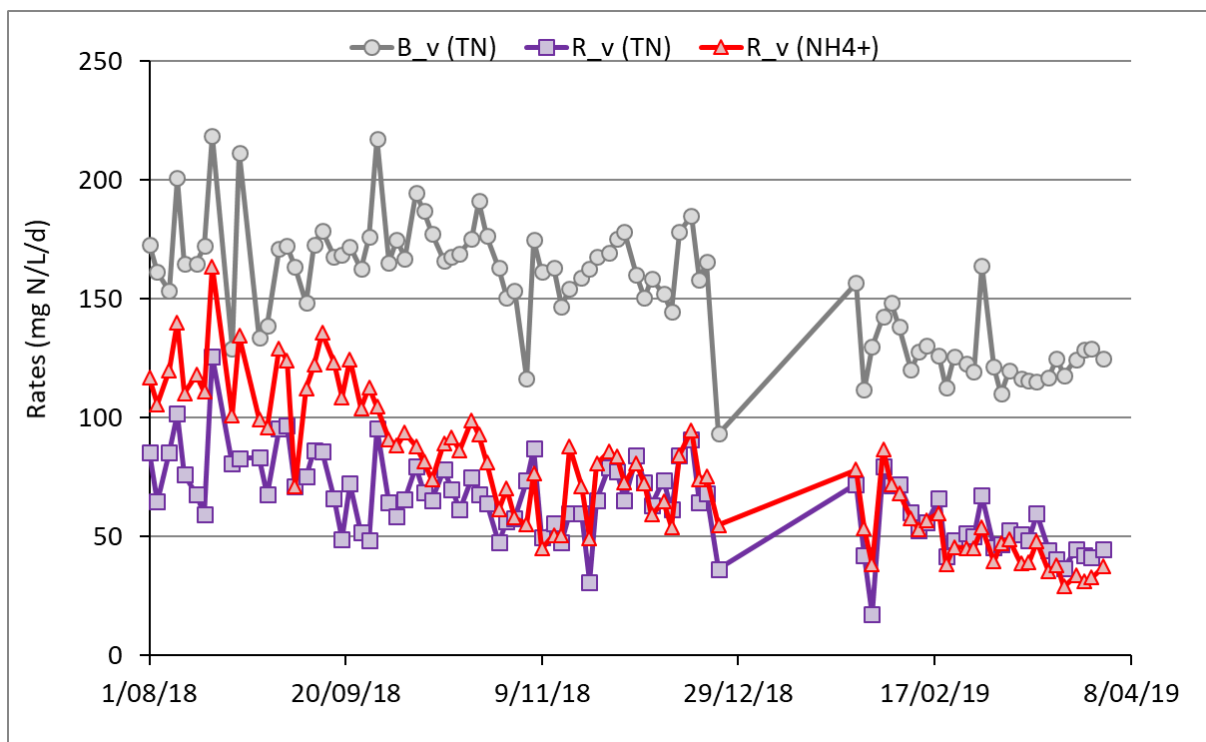
De influent samenstelling staat weergegeven in Figuur 6. Hieraan werd reeds de aanwezige ammoniumdosering bij opgeteld, die toegevoegd werd ter compensatie van het wegvallen van de effluent recirculatie in de B-trap indien de MAS-technologie hier zou worden toegepast. Aan de 1750 L/h influent (effluent van de A-trap na de tussenbezinkers) werd 1,5 L/h ammoniumbicarbonaat toegevoegd (10,5 g N/L) wat resulteert in een toename van 9 mg N/L in het influent. De zijstroomdosering, een mengsel van ammonium en nitriet wat werd toegevoegd in de 2de anoxische tank, werd niet meegerekend in deze figuur. Voor de verdere berekening van de omzettingssnelheid, efficiënties en dergelijken werd dit wel meegerekend. De gemiddelde inkomende TN-concentratie was 41±6, 41±4 en 32±4 mg N/L, inkomende CZV-concentratie was 85±20, 98±12 en 105±23 mg/L en

resulterende CZV/N-verhouding was 2.1 ± 0.5 , 2.4 ± 0.4 en 3.3 ± 0.6 mg CZV/mg N in fase 1, 2 en 3, respectievelijk.



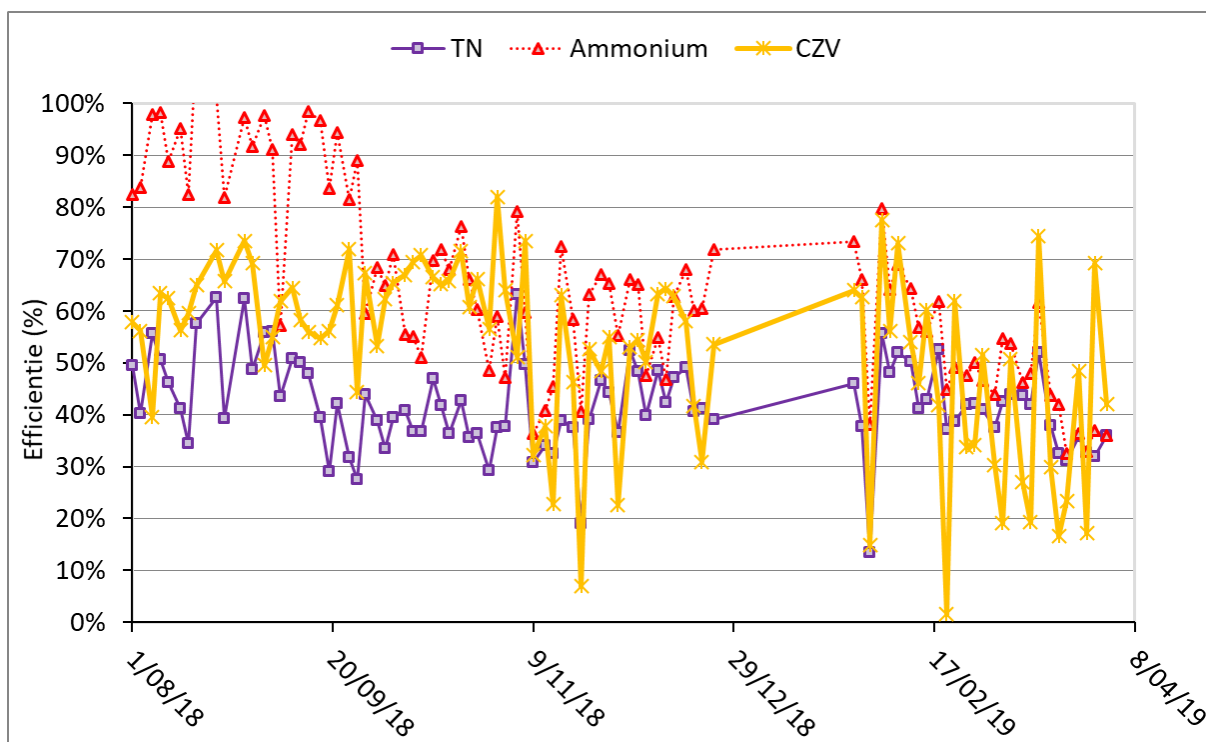
Figuur 6: Influent samenstelling, inclusief de aanwezig ammoniumdosering ter compensatie voor het wegvallen van de effluent recirculatie in de B-trap na de omschakeling met de MAS-technologie.

In Figuur 7 staat de volumetrische belasting weergegeven. In tegenstelling tot Figuur 6 werd hier de zijstroomdosering reeds meegerekend. De volumetrische belasting bedroeg gemiddeld 168 ± 21 , 167 ± 17 en 125 ± 12 mg N/L/d in fase 1, 2 en 3, respectievelijk. In fase 3 werd bewust gekozen om de belasting te verlagen naar de huidige belasting van de B-trap (± 120 mg N/L/d). De volumetrische omzettingssnelheden staan op dezelfde figuur weergegeven. Zoals verwacht nam de ammoniumomzettingssnelheid af in Fase 2, als gevolg van het nieuwe beluchtingsprofiel. De TN-verwijderingsomzettingssnelheid daarentegen bleef ongeveer gelijk. Halverwege Fase 3 begon de ammoniumomzettingssnelheid echter af te nemen, en bijgevolg ook de TN-omzettingssnelheid. In deze periode werd ook het beluchtingsregime aangepast waarbij er netto minder zuurstof werd ingebracht, om zo AnAOB meer ruimte te geven in de aerobe tank. Bovendien ging deze periode ook gepaard met verhoogde slibuitspoeling dankzij het ontstaan van een drijfslag op de lamellaseparator en een verminderde efficiëntie van de lamellaseparator door het variërende instromende debiet. Merk op dat regelmatig de TN-omzetting groter is dan de ammoniumomzetting, wat verklaard wordt door de dosering van nitriet in de zijstroom.



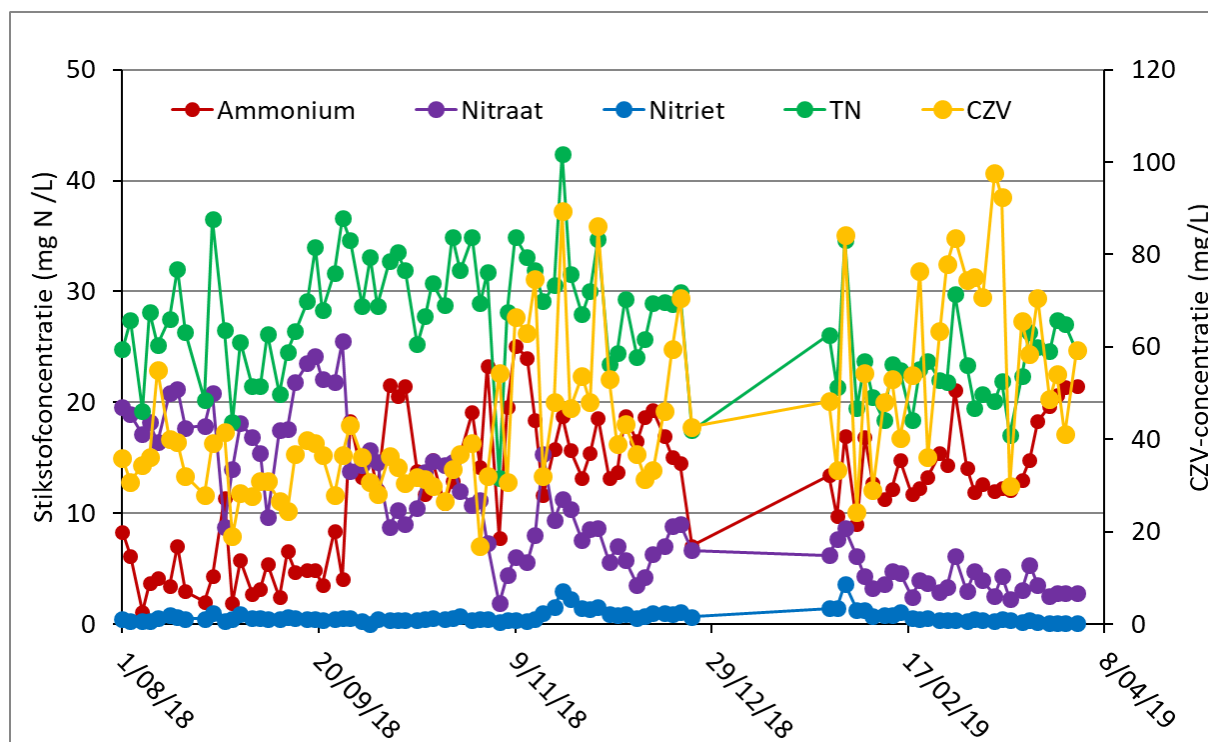
Figuur 7: Volumetrische belasting (B_v) en omzettingssnelheden (R_v) voor totale stikstof (TN) en ammonium (NH_4^+).

De omzettings- en verwijderingsefficiënties voor ammonium, TN en CZV staan weergegeven in Figuur 8. Zoals verwacht nam de ammonium omzettingsefficiëntie af bij de aanvang van fase 2. De TN-verwijderingsefficiëntie was gemiddeld $46 \pm 10\%$, $40 \pm 8\%$ en $41 \pm 9\%$ in Fase 1, 2 en 3, respectievelijk.



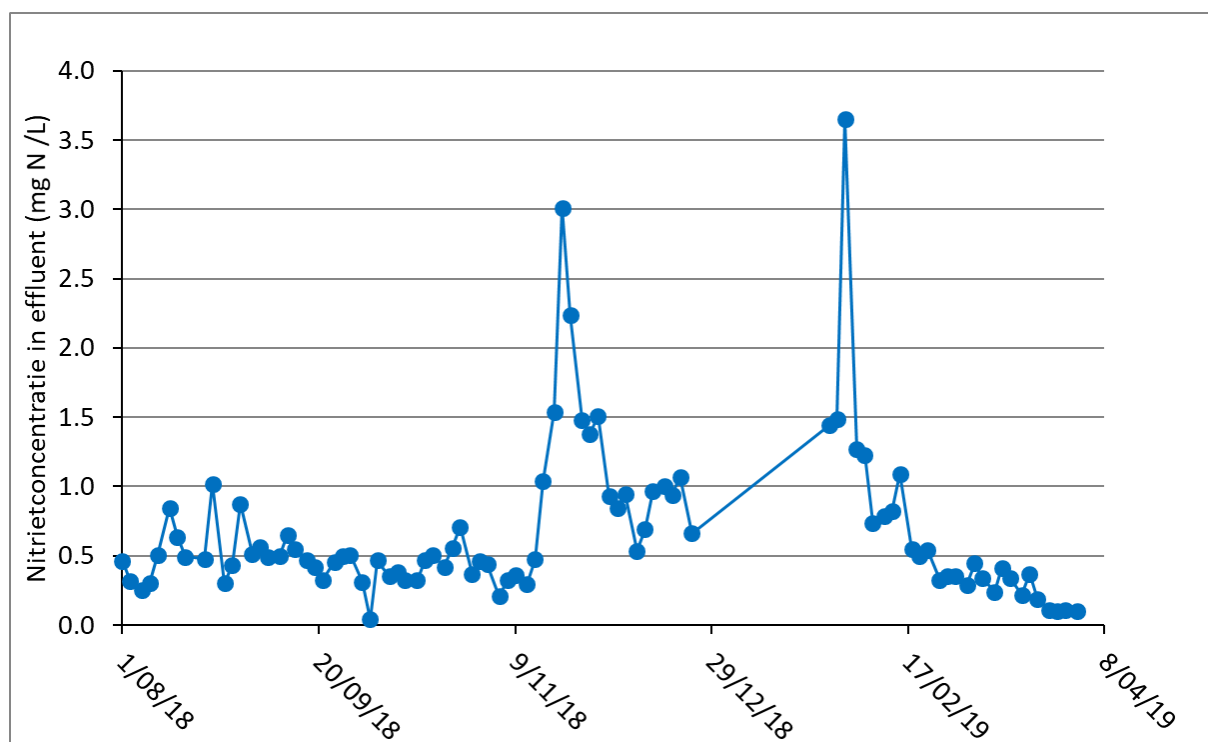
Figuur 8: Omzettings- en verwijderingsefficiëntie voor ammonium, TN en CZV.

Figuur 9 laat zien dat toepassing van de werkwijze voor het bedrijven van de pilot uiteindelijk heeft geresulteerd in een aanzienlijk lagere nitraatconcentratie in het effluent.



Figuur 9: Effluentsamenstelling.

De nitrietconcentratie gemeten in het effluent staat met aangepaste y-as weergegeven in Figuur 10. Te zien is dat residueel nitriet tijdens fase 2 en fase 3 gemeten is.

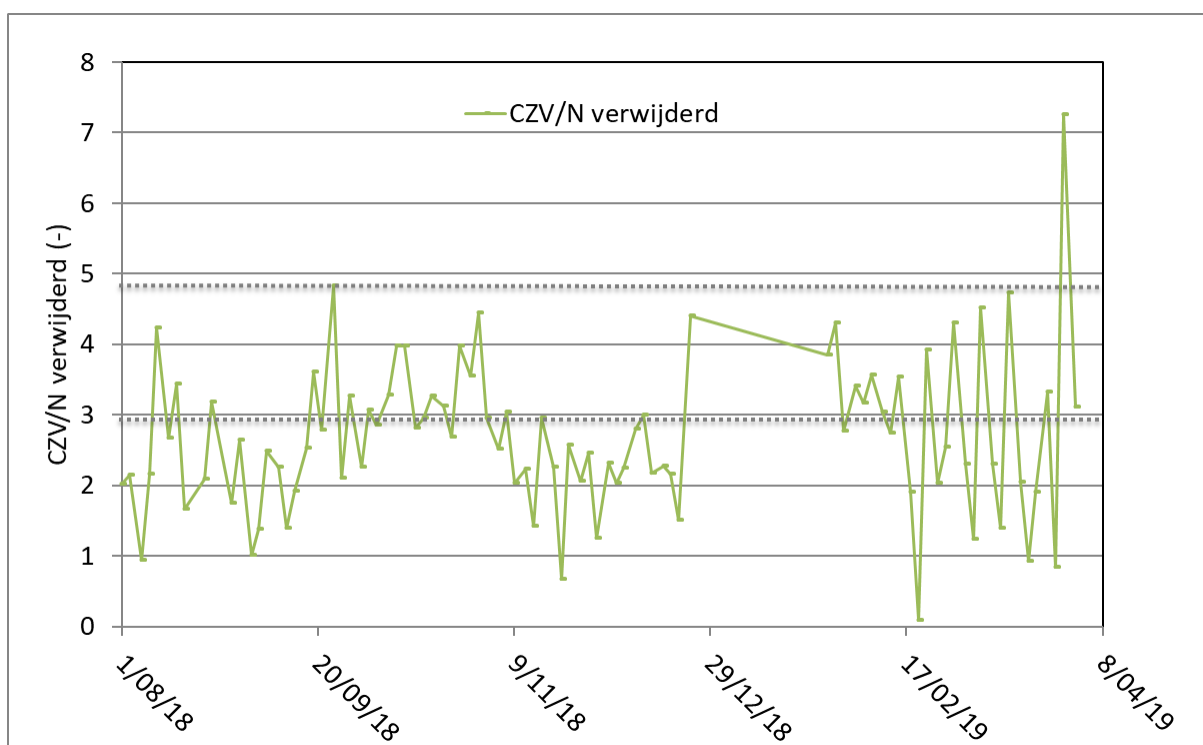


Figuur 10: Nitrietconcentratie gemeten in het effluent (24-uursmonster).

3.4 Short-cut stikstofverwijdering

In Figuur 11 staat de ratio tussen de verwijderde hoeveelheid N en CZV weergegeven. Voor conventionele nitrificatie/denitrificatie is een minimale verhouding van 4.8 vereist, voor nitritatie/denitritatie is dit minimaal 2.9. Hierbij werd reeds verondersteld dat 20% van de CZV aeroob verloren gaat, wat in de praktijk meestal zelfs hoger is. Gemiddeld gezien bedroeg de CZV/N-verwijderingsratio 2.7 ± 1.1 , wat ver onder de vereisten voor N/DN ligt. Bovendien is deze ratio zelfs kleiner dan die theoretisch vereist voor Nit/DN_{it}, wat bewijst dat er PN/A-expressie aanwezig is.

In de MAS-pilot treedt bijgevolg dus een combinatie van de drie pathways op: N/DN, Nit/DN_{it} en PN/A, waarbij er bewezen werd dat minstens 46% via short-cut pathways (Nit/DN_{it} en PN/A) verwijderd werd.



Figuur 11: g CZV/d verwijderd t.o.v. g N/d verwijderd (-). De stippellijnen geven de theoretisch vereiste CZV/N-verhouding voor respectievelijk Nitrificatie/Denitrificatie (4.8) en Nitritatie/Denitritatie (2.9) weer. Hierbij werd verondersteld dat 20% van de totaal geconsumeerde CZV niet voor denitrificatie of denitritatie gebruikt wordt.

4. Conclusies

Doelstelling van het MAS onderzoek was het efficiënt verwijderen van stikstof onder RWZI hoofdstroomcondities. Het MAS onderzoek heeft geresulteerd in het volgende:

- NOB-onderdrukking is aangetoond. Hierbij is een hoge AOB/NOB-activiteit vastgesteld en is residueel nitriet gemeten.
- AnAOB-retentie en -aangroei is vastgesteld. Doormiddel van de trilzeef werd differentiele SRT-controle mogelijk. AnAOB-activiteit behoud en expressie is hierbij aangetoond
- Short-cut N verwijdering is vastgesteld. Een gemiddelde CZV/N verwijdering van 2,7 is voor een langere periode vastgesteld.

5. Openbare publicaties van het project

Kennis is gedeeld middels presentaties en publicaties. Tijdens een seminar 'waterzuivering van de toekomst' op RWZI Nieuwveer zijn de bevindingen van de MAS-technologie gedeeld met andere onderzoeksgroepen. Doel van de seminar was het uitwisselen van informatie om hiermee de onderlinge invloeden van de technologieën zichtbaar te maken.

Verder is een informatiebord bij de MAS pilot geplaatst om hiermee bezoekers van waterzuivering Nieuwveer te informeren over het MAS onderzoek. In figuur 12 staat de tekst van het informatiebord weergegeven.

MAS[®] Mainstream Anammox System

Energie efficiënte zuiveringstechnologie met anammox in de hoofdstroom van een RWZI

Toepassing

In het kader van de "Energiefabriek" zijn waterschappen op zoek naar nieuwe efficiënte technologieën voor afvalwaterzuivering. De MAS[®] technologie kan hierbij een sleutelrol vervullen. De MAS[®] technologie is een energie efficiënte zuiveringstechnologie met anammox in de hoofdstroom van een RWZI. Deze technologie wordt door Colsen onderzocht in de pilotinstallatie op RWZI Nieuwveer, in samenwerking met Universiteit Antwerpen en Waterschap Brabantse Delta.

Proces

Binnen het MAS[®] concept wordt gebruik gemaakt van anaerobe ammonium oxidatie. Tot op heden worden de lage temperaturen, de lage stikstofconcentraties en de hoge CZV/N verhouding in combinatie met het traag groeiend slijm als problematisch beschouwd. Dit bemoeilijkt de doorontwikkeling van de MAS[®] technologie. De technologie maakt daarom gebruik van de laatste wetenschappelijke inzichten en combineert deze met een aantal sleutel-elementen:

- Slimme beluchtingsstrategie
- Selectie naar specifieke slijmkorrels
- Intelligente volautomatische procesbesturing inclusief online metingen

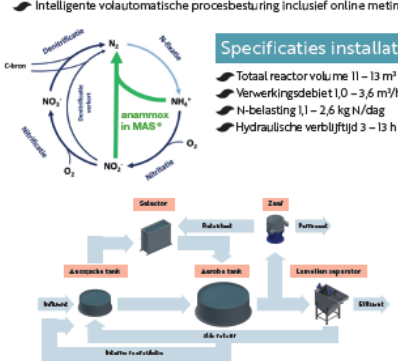
Resultaat



Het implementeren van de MAS[®] technologie in de hoofdstroom van een RWZI resulteert in de volgende voordelen:

- In combinatie met een geoptimaliseerde voorbezinking kan een RWZI na een energisch zelfvoorzienende of energie producerende waterzuivering omgebouwd worden
- Besparing tot 55% in beluchtingsenergie


Specificaties installatie


- Totaal reactor volume 11 – 13 m³
- Verwerkingsdebiet 1,0 – 3,6 m³/h
- N-belasting 1,1 – 2,6 kg N/dag
- Hydraulische verblijftijd 3 – 13 h



Dit project wordt mede mogelijk gemaakt door Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische zaken (Uit Regeling nationale EZ-subsidie)





water, energy & environment

e-mail: info@colsen.nl
 Tel.: +31 (0)114 - 311 548
 Kreekzoom 3 · 4561 CX · Hulst
 Nederland
www.colson.nl

Figuur 12. Tekst van het informatiebord van de MAS.

6. Aanvullende informatie en contactgegevens

Het publieke verslag over het MAS®-project is verkrijgbaar via Colsen, Adviesburo voor Milieutechniek b.v., Kreekzoom 3, 4561 GX Hulst, NL. Het rapport wordt gratis ter beschikking gesteld en kan worden aangevraagd via info@colsen.nl

Voor aanvullende informatie kunt u contact opnemen met onze technologen via het algemene e-mail adres: info@colsen.nl

7. Subsidiebron

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.