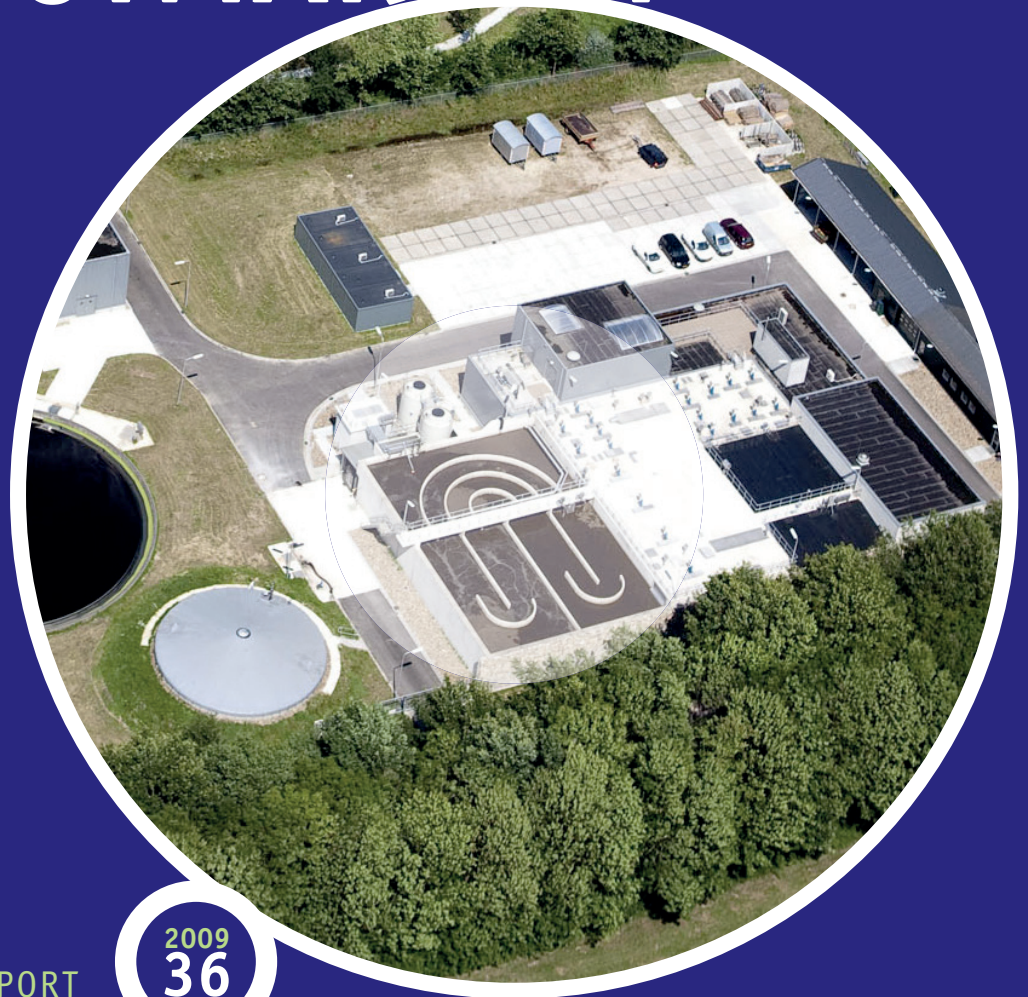


stowa

# ERVARINGEN MET HYBRIDE MBR OOTMARSUM



RAPPORT

2009  
36

ERVARINGEN MET HYBRIDE MBR OOTMARSUM

STOWA

2009

36

ISBN 978.90.5773.452.6



# COLOFON

Utrecht, oktober 2009

UITGAVE STOWA, Utrecht

## PROJECTUITVOERING

Bert Geraats, Grontmij  
Jeroen Buitenweg/Dick de Vente, Waterschap Regge en Dinkel  
Jeroen Hulsbeek, Norit  
Rob Borgerink, Norit

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Jacques Segers, Waterschap Rivierenland  
Olaf Duin, Waterschap Hollandse Delta  
George Zoutberg, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
Chris Ruiken, Waternet  
Jan Willem Mulder, Waterschap Hollandse Delta, thans Endes Industriewater  
Herman Evenblij, Witteveen+Bos, thans Waterschap Groot-Salland  
Arjen van Nieuwenhuijzen, Witteveen+Bos  
Floor van den Berg van Saparoea, Witteveen+Bos  
Cora Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA Rapportnummer 2009-36  
ISBN 978.90.5773.452.6

# TEN GELEIDE

Om de kwaliteit van het effluent te verbeteren is de rwzi van Ootmarsum onder andere uitgebreid met een deelstroom membraanbioreactor (MBR). De combinatie van het conventionele actief-slibproces met nabezinking en de MBR-technologie wordt het hybride MBR-concept genoemd. Dit hybride MBR-concept staat model voor situaties waarbij bestaande installaties moeten worden uitgebreid of waar kwaliteitsdoelen moeten worden geoptimaliseerd. De MBR Ootmarsum is uitgerust met droog opgestelde ultrafiltratie membranen. De conventionele zuivering is uitgebreid met zandfiltratie.

De bouw van praktijkinstallaties is een volgende stap in de MBR-ontwikkeling in Nederland welke met het pilot-onderzoek van Beverwijk in 2000 heeft aangevangen. Na Beverwijk zijn op verschillende andere locaties ervaringen met proefinstallaties opgedaan (Maasbommel, Hilversum, Leeuwarden etc). Inmiddels zijn er in Nederland op drie locaties meerjarige ervaringen met MBR-systemen op praktijkschaal beschikbaar: MBR Varsseveld (2005), hybride MBR Heenvliet (2006) en hybride MBR Ootmarsum (2007). Met het afronden van de onderzoeken naar het functioneren van de hybride MBR installaties op Heenvliet en Ootmarsum lijkt een einde gekomen aan een lange periode van STOWA onderzoek naar de opschaling van MBR voor de huishoudelijk afvalwater in Nederland.

De hybride MBR-projecten Heenvliet en Ootmarsum zijn financieel ondersteund door het STOWA Innovatiefonds. Hier staat tegenover dat de onderzoeksresultaten worden vastgelegd in rapportages, zodat de opgedane ervaringen en de resultaten beschikbaar zijn voor alle Waterschappen, overheden en industrieën en andere geïnteresseerden.

Utrecht, oktober 2009

De directeur van de STOWA  
ir. J.M.J. Leenen

# SAMENVATTING HYBRIDE MBR OOTMARSUM

De rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) Ootmarsum zuivert het rioolwater van de kerren Ootmarsum, Lattrop en Tilligte. De rwzi ligt in het stroomgebied van een zogenaamde “waterparel”, waarin het waterschap streeft naar een natuurgerichte waterhuishouding. Daarbij moet worden voldaan aan stringente effluenteisen, rekening houdend met toekomstige streefwaarden. Niet alleen was er sprake van een noodzakelijke revisie/renovatie van de rwzi, ook was uitbreiding van de biologische capaciteit noodzakelijk, namelijk van 11.500 inwonerequivalenten ( $ie_{54}$ ) naar 14.000  $ie_{54}$ .

De nieuwe rwzi is gebaseerd op een hybride systeem, waarbij een conventionele rwzi parallel geschakeld is met een membraanbioreactor (MBR). De MBR is uitgerust met droog opgestelde ultrafiltratie membranen van Norit (Airlift™ systeem). De conventionele straat is voorzien van een discontinu zandfilter voor het effluent, dat bij RWA deels gebypassed wordt. De beide systemen zijn met elkaar verbonden door middel van een bufferbezinktank, die er enerzijds bij regenweeraanvoer (RWA) voor zorgt dat het influent hydraulisch en biologisch optimaal verdeeld wordt, en anderzijds een ontstane drijfslag kan afvangen. Door compartimentering van de (volledig gescheiden) biologische systemen kan zowel een vergaande stikstof- als fosfaatverwijdering worden bereikt. Het effluent uit de conventionele installatie en de MBR, wordt zowel bij DWA als bij RWA volledig nabehandeld in een ecologische zone.

Door de gekozen opzet voor de rwzi kan op één onderzoekslocatie onderzoek worden gedaan aan verschillende zuiveringstechnieken. De resultaten van deze onderzoeken leveren input voor de afwegingen die bij de keuze voor vergaande zuiveringstechnieken gemaakt moeten worden.

Door tijdens de bouw van de zuivering een pilot te bedrijven is veel kennis opgedaan met membraantechnologie en de bijbehorende regelingen. Tevens hebben deze ervaringen geleid tot een aanpassing van het ontwerp tijdens de bouw.

De hybride-MBR heeft een gefaseerde opstart periode gekend van september tot en met december 2007. Het conventionele systeem is geënt met beschikbaar slib uit de oude installatie. Daarna is de MBR getest en vervolgens in bedrijf genomen. Op deze wijze heeft een veilige opstart plaatsgevonden. Vrijwel direct na de ingebruikname van de installatieonderdelen functioneerden deze probleemloos. Tijdens de opstart is een gemiddelde volumestroom behandeld van 2.806 m<sup>3</sup>/dag. Het bleek niet mogelijk alle relevante stromen op de juiste wijze in beeld te brengen, doordat enkele metingen en bemonsteringen niet goed functioneerden. De specifieke belastingen per zuiveringstraat zijn hierdoor niet te berekenen.

De prestaties van de MBR en conventionele straat waren als volgt:

#### CONCENTRATIES AFVOER ZANDFILTER RESPECTIEVELIJK MBR TIJDENS OPSTART

Parameter	Gemiddelde effluentconcentratie tijdens opstart [mg/l]	
	Zandfilter	MBR
N-totaal	5,4	6,5
P-totaal	1,9	2,9
BZV	1,3	0,8
NH <sub>4</sub> -N	< 0,1	< 0,1
Onopgeloste bestanddelen	< 1,2	< 1,2

De SVI van het MBR-slib liep vanaf de enting op van 90 naar 105 ml/g ds. Het conventionele slib liet vanaf de enting een constante SVI van 90 ml/g ds zien.

Zowel de permeabiliteit, de transmembraandruk als de flux van de 6 membraan extractie-eenheden bleken zich goed te ontwikkelen tijdens de opstartperiode. De permeabiliteit bevond zich tussen 300-500 l/m<sup>2</sup>.h.bar; de gehanteerde (bruto) fluxen bedroegen 40-50 l/m<sup>2</sup>.h., waarbij testen uitwezen dat ook hogere fluxen mogelijk waren. De transmembraandruk bedroeg 0,10-0,15 bar.

Vanaf januari 2008 waren alle onderdelen van de hybride-MBR in bedrijf. Het eerste jaar is gebruikt om de onderdelen stabiel in bedrijf te krijgen. Na het bereiken van een stabiel bedrijf zijn meerdere succesvolle testen uitgevoerd, om de grenzen te verkennen waarbinnen de systemen goed functioneren. De gemiddelde dagaanvoer bij droog weer bedroeg 2.122 m<sup>3</sup>/dag. Dit is circa 70-80% van het ontwerp. De verdeling van zowel de hydraulische als biologische belasting over de beide straten bleek gemiddeld vergelijkbaar te zijn. Door regenweeraanvoer is de belasting van de conventionele straat wel iets groter. Gemiddeld over heel 2008 is dit ongeveer 15-25% meer. De gemiddelde prestaties waren, bij uitsluitend biologische defosfatering, als volgt:

#### GEMIDDELDE EFFLUENTCONCENTRATIES [MG/L] IN PARALLEL BEDRIJF

Parameter	Nabezinktank	Zandfilter	MBR	Totaal
N-totaal	3,6	3,6	3,6	3,7
P-totaal	1,4	1,2	2,0	1,6
Onopgeloste bestanddelen	4,8	< 1,2	< 1,2	1,6

Gebleken is dat de MBR meer moeite heeft met een vérgaande fosfaatverwijdering dan de conventionele straat, wat te maken kan hebben met een nog niet optimaal afgestemde zuurstofinbreng en een te geringe slibgroei.

Het verloop van de slibvolume index bedroeg in 2008 voor MBR en conventioneel respectievelijk 90 -> 150 ml/g ds en 90 -> 110 ml/g ds. Hierbij werden drogestofgehalten gehanteerd die hoger waren dan strikt gewenst. Door de gemeten belasting zouden deze gehalten theoretisch verlaagd kunnen worden tot 5,6 en 2,0 g/l voor respectievelijk MBR en conventioneel systeem. Echter, de MBR functioneert het best bij een gehalte van circa 9 g/l. Ook het conventionele deel wordt bij een hoger droge stof gehalte bedreven, onder andere om voldoende zuurstofgradiënt te verkrijgen.

De MBR blijkt een goede desinfecterende werking te hebben. Een oriënterende meting gaf aan dat de afloop van de nabezinktank (op basis van indicatorbacteriën) ca.  $10^5\text{-}10^6$  kve/l bevat; voor de afloop zandfilter geldt dat dit iets minder was maar nog steeds ca.  $10^5\text{-}10^6$  kve/l is. Het effluent van de MBR bevat slechts 1-25 kve/l.

Bij het bedrijven van een MBR blijken omstandigheden, die bij een conventionele zuivering doorgaans niet-verstorend werken, een grote rol te kunnen spelen. Bijvoorbeeld de interne terugvoer van polymeer resten en ook de aanvoer van een onbekende kleverige stof leidden tot grote problemen met vooral de membranen, maar ook bij het zandfilter. Grondige reiniging van de membranen bleek noodzakelijk. Na reiniging waren de prestaties van de membranen als vanouds. Daarnaast worden door de filterende werking van zowel MBR als zandfilter nagenoeg alle niet afbreekbare deeltjes als haren en stukjes plastic tegengehouden, waardoor ophoping in de slibsystemen plaatsvindt. Dit heeft invloed op het aantal reinigingen. Mogelijk zal aanvullende vuilverwijdering gerealiseerd moeten worden.

Bij het ontwerp van de hybride installatie is onvoldoende rekening gehouden met een uitgebreide energiemonitoring. Dit leidt ertoe dat slechts met afgeleide kentallen gewerkt kan worden, indien een uitspraak moet worden gedaan over de energieverbruiken per systeem of onderdeel. Het energieverbruik voor de totale hybride rwzi bedraagt 2.750 kWh/dag in het jaar 2008, wat op jaarbasis 1,0 kWh per behandelde  $\text{m}^3$  betekent. Voor de overige rwzi's van waterschap Regge en Dinkel geldt overigens een energieverbruik van gemiddeld 0,4 kWh/ $\text{m}^3$ .

Het bedrijven van de hybride rwzi Ootmarsum blijkt technisch gezien over het algemeen geen grote problemen te geven. De membraanunits kunnen op de ontwerpcapaciteiten of zelfs hoger worden bedreven en behoeven minder chemische reiniging dan voorzien was. Om zeker te zijn van een optimaal functioneren van de membranen wordt 6 tot 12 maal per jaar een preventieve lichte chemische reiniging uitgevoerd. Het zandfilter op het effluent van de traditionele straat wordt discontinu bedreven, en was daarmee een innovatief concept. Dit heeft vanaf de opstart probleemloos gefunctioneerd. De conventionele onderdelen vragen niet meer aandacht dan elders. Wel zijn enkele belangrijke aandachtspunten naar voren gekomen tijdens het eerste praktijkjaar. De voorbehandeling van het MBR-influent verdiende veel aandacht, op het moment dat de doorlaat van de zeeftrammel nog 0,8 mm was. De verwijdering van grovere deeltjes verloopt goed. Sinds de vergroting van de doorlaat naar 2 mm is het beheer van de voorbehandeling veel stabiel geworden, terwijl de werking van de membranen niet negatief wordt beïnvloed. Dit is mede te danken aan de toegepaste 'drain'-reiniging op de membraaneenheden. Ook is de gevoeligheid van een rwzi met filtratietechnieken (zandfiltratie en MBR) voor zowel onverwachte lozingen als grovere deeltjes duidelijk geworden. Het kennisniveau en voldoende inzet van de procesmedewerkers is een belangrijk aandachtspunt. Door de complexiteit van de rwzi kan wel met een wisselende bezetting worden gewerkt, maar het personeel moet frequent op de rwzi aanwezig zijn om de opgedane kennis levend te houden.

## CONCLUSIES

- De rwzi Ootmarsum is tot op heden een geslaagd concept, waarmee goede resultaten gehaald worden. Het totaal stikstofgehalte in het effluent bedraagt gemiddeld 3,6 mg/l. Het fosfaatgehalte bedraagt gemiddeld ca. 1,5 mg/l, wat hoger is dan de ontwerpwaarde. Waarschijnlijk is een niet optimale zuurstofinbreng en geringe slibgroei hier mede debet aan.
- De MBR blijkt een goede desinfectiemethode te zijn, met slechts 1-25 KVE/l in het geproduceerde effluent.
- De goede resultaten vragen een hoger energieverbruik, wat voor de diverse installatieonderdelen nog onvoldoende duidelijk in beeld gebracht is.
- Om een dergelijke rwzi goed te bedrijven is goed opgeleid personeel noodzakelijk, waarbij er ook voor gezorgd moet worden dat de opgedane kennis paraat blijft.
- De inzet van een pilot installatie, die al in gebruik is tijdens de bouw, blijkt grote toegevoegde waarde te hebben.
- De influent voorbehandeling voor de geplaatste Norit-membranen blijkt robuuster uitgevoerd te kunnen worden dan aanvankelijk verwacht. Een maaswijdte voor de trommelzeef van 2 mm voldoet, in combinatie met een drain reiniging.
- Doordat nagenoeg al het effluent gefiltreerd wordt (hetzij via zandfiltratie, hetzij via MBR) vindt ophoping van niet-afbreekbare deeltjes plaats in de biologie, welke extra reinigingen/terugspoelingen tot gevolg heeft. Hiervoor zal een oplossing gezocht moeten worden.
- Aanvullende monitoring van de rwzi is nodig om meer in detail de werking van de installatieonderdelen te kunnen volgen en verklaren. Dit geldt zowel voor de energievraag als de geleverde prestaties. Ook zal dit kunnen leiden tot verdere optimalisatie van de processen.



# INTEGRALE SAMENVATTING

## HYBRIDE MBR'S HEENVLIET EN OOTMARSUM

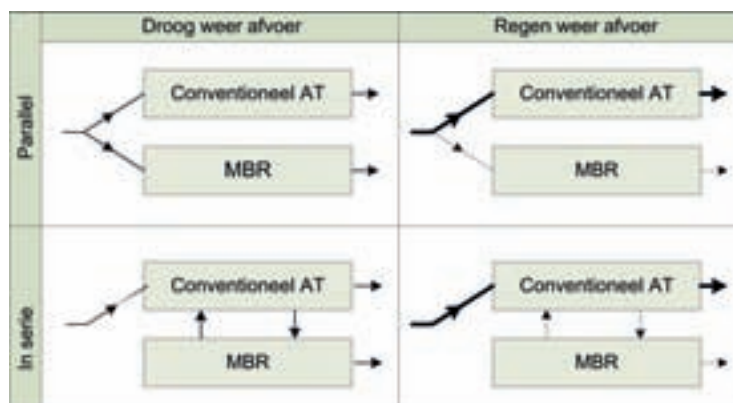
Deze integrale samenvatting vat de bevindingen van het onderzoek naar de membraanbioreactor (MBR) op rwzi Heenvliet (STOWA 2009-35) en rwzi Ootmarsum (STOWA 2009-36) samen. Beide onderzoeken zijn in de periode van voorjaar 2006 tot en met 2008 uitgevoerd. Door de bevindingen van beide projecten te combineren wordt een goed beeld van de prestaties van hybride MBR weergegeven. Beide hybride MBR-projecten zijn financieel ondersteund door de gezamenlijke waterschappen via de STOWA. Daar staat tegenover dat de resultaten van de hybride MBR in een STOWA-project ter beschikking worden gesteld.

### ACHTERGROND

Rwzi Ootmarsum en rwzi Heenvliet zijn van origine conventionele zuiveringen die beide zijn gecombineerd en uitgebreid met een deelstroom membraanbioreactor in de waterlijn om de kwaliteit van het effluent voor zwevende stof en gerelateerde verontreinigingen aanzienlijk te verbeteren. Daarnaast geldt voor rwzi Heenvliet een uitgangspunt om desinfectie, voor zwemwaterreizen met chemicaliën, te vervangen door de MBR. De combinatie van het conventionele actief-slibproces met nabezinking en de MBR-technologie wordt het hybride MBR-concept genoemd. Het hybride MBR-concept staat model voor situaties waarbij bestaande installaties moeten worden uitgebreid of waar kwaliteitsdoelen moeten worden geoptimaliseerd of uitgebreid. Voor dergelijke installaties is dan geen volledige nieuwbouw noodzakelijk omdat de bestaande capaciteit behouden kan blijven en wordt ingezet in het totale toekomstige zuiveringsconcept. In de Nederlandse situatie met gecombineerde en/of verbeterd gescheiden rioolstelsels zijn complete membraaninstallaties relatief duur indien deze op de maximaal optredende debieten tijdens regenweeraanvoer (RWA) worden ontworpen. Het debiet tijdens RWA kan oplopen van veelal 3 tot zelfs 8 keer droogweeraanvoer (DWA) bij rwzi Ootmarsum. De hoge kosten worden veroorzaakt door het relatief grote membraanoppervlak dat nodig is om het RWA-debiet te kunnen verwerken. Voor een kosteneffectief ontwerp wordt een MBR (afhankelijk van het aanvoerstelsel) ontworpen op een hydraulische aanvoer van DWA plus enige overcapaciteit om de eerste regenflush op te kunnen vangen. De bestaande conventionele zuiveringsonderdelen blijven op het oorspronkelijke RWA-ontwerp gehandhaafd, maar de MBR-onderdelen worden zo klein mogelijk gehouden. Tijdens regenweer blijft de MBR op maximale capaciteit het DWA+-debiet verwerken terwijl de conventionele rwzi de resterende verdunde afvalwaterstroom behandelt, zie ook Afbeelding 1. Hiermee kan tegen aanzienlijke kostenbesparing voor membranen en membraantanks meer dan 80% van het jaarlijkse afvalwaterdebiet en meer dan 90% van de vuilaanvoer via de membranen worden behandeld, waardoor gebruik van membraantechnologie niet per definitie duurder is dan conventionele uitbreiding van een bestaande installatie.

AFBEELDING 1

HYBRIDE MBR IN PARALLELE EN SERIE CONFIGURATIE VOOR DWA EN RWA



### HYBRIDE MBR-INSTALLATIES IN NEDERLAND

De MBR van rwzi Ootmarsum is parallel geschakeld aan de conventionele actief-slibstraat met nabezinking en nageschakelde zandfiltratie en is opgestart in september 2007. De MBR is uitgerust met droog opgestelde ultrafiltratie membranen van Norit (Airlift™-systeem). Het afvalwater wordt gelijk verdeeld over beide straten. Wanneer bij RWA de maximale capaciteit van de MBR wordt bereikt, behandelt de conventionele straat de extra aanvoer. De conventionele straat en de MBR zijn met elkaar verbonden door middel van een buffer-bezinktank. Deze tank zorgt ervoor dat enerzijds bij RWA het influent hydraulisch en biologisch optimaal wordt verdeeld, en anderzijds dat ontstane drijfslagen kunnen worden afgevangen. De conventionele installatie is uitgebreid met een nageschakeld discontinue zandfilter. Het effluent uit de conventionele installatie en de MBR, wordt zowel bij DWA als bij RWA volledig nabehandeld in een ecologische zone.

De MBR op rwzi Heenvliet is in tegenstelling tot de MBR Ootmarsum op twee manieren te bedrijven en is sinds het voorjaar van 2006 in bedrijf. De eerste mogelijkheid is parallel bedrijf waarbij feitelijk sprake is van twee actief-slibsystemen (één met nabezinktank en één met membraantanks) die volledig onafhankelijk van elkaar functioneren. De tweede mogelijkheid is seriebedrijf waarbij de MBR-installatie (actief-slibcompartimenten en membraantanks) in serie zijn geschakeld met de conventionele actief-slibinstallatie (zonder benutting van de nabezinktank bij DWA). Zo ontstaat één biologisch systeem, waarbij de membranen ook bij RWA het gehele debiet behandelen. In de membraantanks van MBR Heenvliet zijn plaatmembranen van het type Toray toegepast.

De dimensioneringsgrondslagen voor beide MBR configuraties is weergegeven in tabel 1.

TABEL 1

DIMENSIONERINGSGRONDSLAGEN

	Heenvliet	Ootmarsum
debiet	10.000 i.e. (136 gram TZV)	14.000 i.e. (54 gram BZV)
DWA	1.480 m <sup>3</sup> /d	2600 m <sup>3</sup> /d
netto ontwerpflux	24,3 l/m <sup>2</sup> h	40-55 l/m <sup>2</sup> h
maximale capaciteit MBR	100 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h
configuratie	serie en parallel	parallel
type membranen	plaatmembranen van Toray	droog opgesteld van Norit (Airlift™-systeem)
totaal membraanoppervlak	4200 m <sup>2</sup>	2436 m <sup>2</sup>

Voor beide MBR-installaties geldt dat de diverse deelprocessen voor de fosfaat- en stikstofverwijdering in de verschillende compartimenten van de MBR plaatsvinden.

## RESULTATEN

### *Voorbehandeling*

Een MBR is (net als een zandfilter) als gevolg van de filtrerende werking, gevoelig voor onverwachte lozingen zoals chemicaliën, haren en grovere delen. Hierdoor verdient de voorbehandeling, die essentieel is voor de bescherming van de membranen (schade en verstopping), veel aandacht. Op basis van het onderzoek op beide hybride MBR's is gebleken dat voor de toegepaste membraansystemen relatieve grove zeefinstallaties voldoende bescherming bieden en efficiënt bedreven kunnen worden. Voor de extern opgestelde Airlift™-membranen van MBR Ootmarsum voldoet een 2 mm trommelzeefrooster daar waar voor de ondergedompeelde plaatmembranen van MBR Heenvliet een rond 3 mm perforatierooster efficiënt wordt toegepast.

Op de MBR Heenvliet zijn geen nadelige effecten waargenomen van lozingen op het riool. De hybride MBR Ootmarsum heeft twee serieuze calamiteiten met lozingen (één interne lozing van ontwateringspolymeren en één externe lozing van een tot op heden onbekende stof) ondervonden waardoor de membraanprestaties sterk achteruit gingen en intensieve chemische reiniging nodig was om dit te herstellen. De externe lozing heeft tevens het functioneren van het zandfilter verstoord. Lozingen van verklevende of verstoppende (chemische) producten naar de MBR dienen dan ook zoveel mogelijk voorkomen te worden door duidelijke afspraken te maken met bedrijven en industrieën die afvalwater op het riool lozen, of indien nodig bepaalde lozers af te koppelen (denk ook aan de verstoring van het membraanfiltratieproces door lozing van kaasdekmiddel op MBR Varsseveld).

### *Parallel- versus seriebedrijf*

Voor de hybride MBR Heenvliet is vastgesteld dat de seriebedrijfsvoering met één actief-slibpopulatie in twee verschillende actief-slibconfiguraties en verschillende droge-stofconcentraties naar tevredenheid werkt. Gebaseerd op de ervaringen van MBR Heenvliet is de bedrijfsvoering voor seriebedrijf tot nog toe eenvoudiger en efficiënter gebleken in vergelijking tot parallel bedrijf. De zuiveringsprestaties waren volgens verwachting, de slibbezinkenschappen in beide systemen maken het mogelijk om over te schakelen van membraantank naar nabezinktank. Tevens wordt in serieschakeling de grootste efficiëntie bereikt om met een minimaal in te zetten membraanoppervlak zo veel mogelijk afvalwater via de MBR te behandelen. Daarmee worden tevens membraanbeluchtingsenergie en reinigingschemicaliën (per behandelde hoeveelheid permeaat) bespaard.

De hybride MBR Ootmarsum kan alleen parallel aan de conventionele installatie bedreven worden en blijkt technisch gezien naar tevredenheid te functioneren. In het geval de MBR uitvalt, kan de conventionele straat de gehele aanvoer verwerken. Het is nog niet nodig gebleken om in die noodsituatie vanuit de bufferbezinktank vers slib rechtstreeks af te voeren naar een andere rwzi.

### *Effluentkwaliteit*

Aangezien uitbreiding van conventionele rwzi's tot hybride membraaninstallaties voorname-lijk wordt ingegeven door verbetering van de effluentkwaliteit zijn de zuiveringprestaties van de hybride MBR van belang.

Maatgevend voor de stikstofconcentraties in het permeaat van de hybride MBR-installaties is de mate van denitrificatie. Op Heenvliet worden op jaargemiddelden totaal stikstof-

concentraties behaald beneden 2 mg/l. De totale stikstof concentratie in het permeaat van rwzi Ootmarsum is circa 3,6 mg/l, ook in het filtraat van het zandfilter is de totale stikstof concentratie circa 3,6 mg/l. Het bereiken van een fosfaatverwijdering tot een jaargemiddelde concentratie lager dan 0,3 mg P<sub>totaal</sub>/l bleek voor beide installaties lastig. De MBR Ootmarsum heeft meer moeite met vergaande fosfaatverwijdering dan de conventionele straat, dit heeft mogelijk te maken met de zuurstofinbreng en de geringe slibproductie. De fosfaatverwijdering van de MBR Heenvliet lijkt beter dan de conventionele biologische fosfaatverwijdering. Op jaargemiddelde basis is voor fosfaat circa 1 mg/l (Heenvliet) en 1,5 mg/l (Ootmarsum) in het permeaat bereikt.

De MBR blijkt een uitstekende desinfectiemethode te zijn, met 1-25 kve/l in het geproduceerde permeaat. Hybride MBR-installaties desinfecteren aanzienlijk beter dan zandfiltratie (circa  $3 \cdot 10^5$  kve/l) en nabezinking (circa  $7 \cdot 10^5$  kve/l). In tabel 2 is de permeaat kwaliteit voor MBR Heenvliet en Ootmarsum samenvattend weergegeven.

De verwijdering van Kader Richtlijn Water relevante stoffen als organische microverontreinigingen en zware metalen door MBR-installaties is ongeveer vergelijkbaar met de conventionele zuiveringsstraten met nabezinktanks (en zandfilter). Eventuele verschillen in berekende verwijderingpercentages zijn mogelijk te wijten aan de lage ingaande concentraties (vaak onder meetbereik).

De concentratie onopgeloste bestanddelen in het permeaat van Ootmarsum is lager dan de detectiegrens van 1,2 mg/l. Ook het zandfilter op rwzi Ootmarsum is tot vergaande verwijdering van onopgeloste bestanddelen in staat met concentraties lager dan de detectiegrens.

TABEL 2

## PERMEAATKWALITEIT

	Heenvliet (serie bedrijf)	Ootmarsum (parallel bedrijf)
N-totaal	< 2 mg/l	3,6 mg/l
P-totaal	2,25 mg/l	2 mg/l
KVE	< 20 kve/l	<25 kve/l

*Permeabiliteit en reiniging*

De permeabiliteit van de membranen op MBR Heenvliet daalde binnen de eerste acht maanden na opstart van circa 1.400 l/m<sup>2</sup>.h.bar tot 250 - 500 l/m<sup>2</sup>.h.bar. Voor de MBR Ootmarsum wordt over het eerste testjaar een permeabiliteit van 300 - 500 l/m<sup>2</sup>.h.bar gemeten. Om de permeabiliteit op peil te houden zijn voor de plaatmembranen van de hybride MBR Heenvliet circa twee tot vier chemische reinigingen per jaar benodigd. Deze reinigingen worden in situ uitgevoerd in de membraantank. Om precipitatie van metaalzouten tijdens een reiniging tegen te gaan worden de membranen na de reiniging gespoeld met chloorbleekloog. De Airlift<sup>TM</sup>-membranen van de hybride MBR Ootmarsum hebben een volledig automatisch chemische reiningsprocedure die maandelijks preventief wordt uitgevoerd. De reinigingschemicaliën worden daarvoor toegevoegd aan het permeaat dat wordt gebruikt voor het terugspoelen van de membranen en daarna voor het inwerken van de membranen gedurende een bepaalde contacttijd.

*Slibbezinkeigenschappen en slibgehalte*

Het drogestofgehalte in de actief-slibcompartimenten en de membraantanks van de hybride MBR's is circa twee tot drie keer hoger dan in de conventionele installatie. Het drogestofgehalte in de membraantank van rwzi Heenvliet heeft doorgaans waarde tussen de 12 en 15 g/l. Het drogestofgehalte in de extern opgestelde membraanmodules van rwzi Ootmarsum lag rond 9 g/l.

Voor een hybride MBR is het van belang dat de slibbezinkings-eigenschappen van de MBR-straat niet te veel verschillen van de conventionele zuiveringsstraat om in geval van calamiteit om te kunnen schakelen of zoals in het seriebedrijf van MBR Heenvliet over te kunnen schakelen naar conventionele bezinking. De slibvolume-index (SVI) van het slib in de MBR-installatie Heenvliet varieerde tussen 90 ml/g tot 110 ml/g en was altijd lager dan 120 ml/g. In serieschakeling kon zonder problemen worden overgeschakeld tussen de membraantank en de nabezinktank. Slibuitspoeling is daarbij niet waargenomen. Voor de MBR Ootmarsum was het verloop van de SVI in de MBR met 90 - 150 ml/g wel groter, maar dit slib gaat nooit naar de nabezinktank. De maximale waarde voor de bijbehorende conventionele straat was circa 110 ml/g.

#### *Opleiding en bedrijfsvoering*

De (hybride) MBR is een relatief nieuwe technologie voor de behandeling van communaal afvalwater met een aantal nieuwe elementen voor de beheerders zoals membranen, slibcirculatie van en naar de membranen, de membraanbeluchting en de membraanreiniging. Het actief-slibproces binnen de MBR is in principe identiek aan dat van het conventionele proces, met uitzondering van het (twee tot drie keer) hogere slibgehalte. Om de MBR-installatie goed te kunnen bedienen is een aanzienlijke bijscholing in de beheersing van de membraan-technologie nodig. Indien met een wisselende bezetting wordt gewerkt, dient al het in te zetten personeel ingewerkt te zijn op de MBR en frequent op de rwzi aanwezig te zijn om de opgedane kennis op peil te houden. Voor een MBR met een capaciteit rond 10.000 inwonerequivalenten dient rekening gehouden te worden met de inzet van minimaal 0,5 FTE op basis van HBO-niveau. Tijdens de opstartperiode (rekeninghoudend met minimaal 3 maanden) zal een aanzienlijke intensievere inzet nodig zijn. Tevens zal in deze periode de opleiding van het personeel hoge prioriteit moeten hebben.

#### *Energieverbruik*

De installatieonderdelen die in een MBR de meeste energie verbruiken zijn de compressoren voor de (reinigings)beluchting en de circulatiepompen voor de membraantanks. Dit is ook het geval voor een hybride MBR, al is het energieverbruik beperkter dan voor een volledige MBR doordat minder membraanoppervlak wordt ingezet (dit geeft besparing op membraanbeluchting en reinigingschemicaliën). Uit het onderzoek blijkt het energieverbruik tussen 1 en 1,25 kWh per geproduceerde m<sup>3</sup> permeaat te liggen. Een continue bedrijfsvoering op de MBR Heenvliet leidt tot een totaal energieverbruik van circa 0,98 (zonder voorgeschreven relaxatie) tot 1,23 kWh/m<sup>3</sup> (met voorgeschreven relaxatie). Het energieverbruik van de hybride MBR Ootmarsum is gebaseerd op afgeleide kengetallen en komt neer op circa ca. 1,0 kWh/m<sup>3</sup> water (waarvan circa 0,4 kWh/m<sup>3</sup> voor de membraanreiniging met het Airlift™-principe). Energetische optimalisaties zoals een verhoging van het debiet en het verkorten van de nalooptijd kunnen leiden tot een lager specifiek energieverbruik tot onder 1,0 kWh/m<sup>3</sup>. Ook moet in beschouwing worden genomen dat het energieverbruik van toepassing is op de demonstratie-installaties van Heenvliet en Ootmarsum. Indien een hybride MBR wordt uitgevoerd op grotere schaal dan is het aannemelijk dat het totale energieverbruik per m<sup>3</sup> water lager uitvalt (onder andere als gevolg van een lager energieverbruik van de pompen per m<sup>3</sup> behandeld afvalwater). In relatie tot het energieverbruik van een conventionele rwzi (0,4-0,5 kWh/m<sup>3</sup> behandeld afvalwater) is het energieverbruik van een hybride MBR nog steeds aanzienlijk.

### *Kosten*

Aangezien zowel de hybride MBR Heenvliet als de hybride MBR Ootmarsum kleine demonstratie-installaties zijn, is een eenduidig kostenplaatje voor praktijkinstallaties niet te maken. Membraaninstallaties maken rwzi's duurder in vergelijking met conventionele installaties, dit geldt ook voor hybride MBR's. Echter, de zuiveringsprestaties van de MBR is dan ook aanzienlijk beter (in relatie tot zwevende-stofreductie en desinfectie). Op basis van het ontwerp van beide installaties is het hybride concept aanzienlijk kosteneffectiever in vergelijking met een volledige MBR door besparing van een aanzienlijk membraanoppervlak en de daarbij benodigde randapparatuur. Dit geldt ook naar verrekening van de kapitaals- en operationele kosten per behandelde hoeveelheid afvalwater.

### **CONCLUSIE**

De hybride MBR-installaties op rwzi Ootmarsum en rwzi Heenvliet zijn tot op heden geslaagde concepten waarmee goede resultaten worden behaald. De (bacteriologische) kwaliteit van het hybride MBR-permeaat is beter dan het effluent uit de nabezinktanks. Het hybride MBR-concept is daarmee in Nederland succesvol ontwikkeld en op praktijkschaal geïntroduceerd. Met de hybride MBR-configuratie kan tegen de laagst mogelijke kosten (minimaal membraanoppervlak) zoveel mogelijk afvalwater via eens membraan(bio)reactor worden behandeld. De goede resultaten vragen echter een hoger energieverbruik van 1-1,25 kWh/m<sup>3</sup> tegen 0,5 kWh/m<sup>3</sup> voor een conventionele zuivering, maar minder dan een volledige MBR. De bedrijfsvoering van de hybride MBR's is na opstart in de reguliere werkzaamheden van een waterschap in te passen. Er dient echter extra aandacht besteed te worden aan opleiding van personeel van de MBR-installatie.

Aanvullende monitoring van de rwzi zal nodig zijn om meer in detail de werking van de installatieonderdelen te kunnen volgen en verklaren. Dit geldt zowel voor de energievraag als de geleverde prestaties. Ook zal dit kunnen leiden tot verdere optimalisatie van de processen.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# INTEGRATED SUMMARY HYBRID MBR'S HEENVLIET AND OOTMARSUM

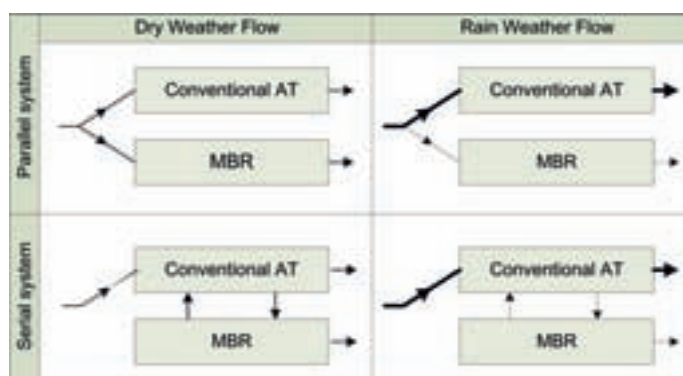
This integrated summary gives an outline of the results and experiences of the research to the membrane bioreactor (MBR) at WWTP Heenvliet (STOWA 2009-35) and WWTP Ootmarsum (STOWA 2009-36). Both the research projects have been performed in the period between spring 2006 and the end of 2008. By combining the results of both projects a representative picture is given of hybrid MBR performances. Both the research projects are financially supported by joined water board districts via the STOWA. Therefore the results for the hybrid MBR have been made available in a STOWA-project.

## BACKGROUND

WWTP Ootmarsum and WWTP Heenvliet were conventional WWTP's which have been upgraded with a side stream treatment, along the water treatment, consisting of a membrane bioreactor, in order to improve WWTP effluent quality by decreasing the concentrations of suspended solids and related pollutants. Additionally, the MBR process replaces disinfection by chemicals. The combination of conventional treatment, consisting of an activated sludge system with sedimentation, and MBR-technology is characterised as a hybrid MBR system. The hybrid MBR concept is a model for situations in which existing treatment processes or water quality objectives should be upgraded or optimised. With respect to other similar treatment plants, complete renovation is not necessary and the existing treatment process can be maintained and used as part of the future treatment concept. In the Dutch situation, concerning combined and/or improved separated sewer systems, a membrane treatment process will be an expensive process when it is designed for maximal flow which occurs during rain weather conditions. The Rain Weather Flow (RWF) can increase from 3 times Dry Weather Flow (DWF) even up to 8 times DWF at WWTP Ootmarsum. The high costs are due to the relatively large membrane surface area, which is required for RWF capacity. To achieve a cost efficient design, the hybrid MBR system can be designed (depending on the type of sewer system) based on dry weather flow plus some extra capacity to treat the first flush. The existing conventional treatment is maintained at RWF-capacity, this way the MBR part can be designed as small as possible. During RWF, the MBR treats the wastewater with a maximum capacity of DWF+, meanwhile the rest of the diluted wastewater is treated by conventional WWTP, see figure 1. With the hybrid MBR a notable cost reduction can be obtained and more than 80% of the annual flow and 90% of the annual waste can be treated by the MBR system. Consequently, the application of membrane technology will not be by definition more expensive than conventional upgrading of an existing treatment plant.

FIGURE 1

HYBRID MBR IN PARALLEL AND SERIAL CONFIGURATION FOR DWF AND RWF





*Hybrid MBR-installations in Netherlands*

The MBR at WWTP Ootmarsum is operational since September 2007 and is set up parallel to the conventional treatment street. The conventional treatment street consists of an activated sludge treatment with a secondary sedimentation tank and a sand filter for effluent filtration. The MBR-installation of Ootmarsum is equipped with dry placed ultra filtration membranes from Norit (Airlift™-system). The wastewater is equally divided over the two streets. When the maximum capacity of the MBR system is reached during rainy weather, the excess of wastewater is being treated in the conventional street. The MBR and the conventional street are linked to each other through a buffer sedimentation tank. The application of this buffer tank provides on one hand, an optimal division of the hydraulic and biological load during rainy weather and on the other hand, it offers the possibility to remove developed scum. The effluent originating from conventional and MBR treatment is completely post treated by an ecological zone during both DWF and RWF.

The MBR Heenvliet is operational since spring 2006 and has two operational alternatives. The first alternative is parallel operation: two activated sludge systems (one for the secondary sedimentation tank and another for the membrane bioreactor) operated in parallel, their are functions fully independent. The second alternative is serial operation: the MBR process (activated sludge compartment and membrane tanks) is linked to the conventional activated sludge process in series (secondary sedimentation is not applied during periods of DWF). This alternative creates one biological system, in which all wastewater is treated by the MBR-installation, even during the RWF period. The MBR-installation in Heenvliet is equipped with Toray flat sheet membranes.

The applied design principles used for MBR Heenvliet en Ootmarsum is given in table 1.

TABLE 1

APPLIED DESIGN PRINCIPLES

	Heenvliet	Ootmarsum
flow	10.000 i.e. (136 gram TOD)	14.000 i.e. (54 gram BOD)
DWA	1.480 m <sup>3</sup> /d	2600 m <sup>3</sup> /d
net design flux	24,3 l/m <sup>2</sup> h	40-55 l/m <sup>2</sup> h
maximal capacity MBR	100 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h
configuration	serial en parallel	parallel
type of membranes	Toray flat sheet membranes	dry ultra filtration membranes (Airlift™-system from Norit)
total membrane surface	4200 m <sup>2</sup>	2436 m <sup>2</sup>

The various sub processes for phosphorus and nitrogen removal take place in different compartments of both MBR systems.

**RESULTS***Pretreatment*

Due to the membranes, the MBR system (like a sand filter) is sensitive to unexpected pollutants in untreated wastewater such as chemicals, hair and coarser particles. Therefore the pretreatment, which is essential for the protection of the membranes (deterioration and clogging), is important. Based on the research, it is concluded that the membranes of both hybrid MBR systems are sufficiently and effectively protected by relatively coarse sieve installations. For the externally placed Airlift™-membranes of MBR Ootmarsum and the submerged flat sheet membranes of the MBR Heenvliet respectively, a 2 mm drum sieve and a 3 mm round perforated sheet screen are effectively applied.

At MBR Ootmarsum, two serious calamities have occurred due to discharges (one internal discharge of dewatering polymers and another external discharge of an unknown substance). This has led to significant deterioration of the membranes and intensive chemical washing, which was necessary to restore the membrane performance. The external discharge also disturbed the performance of the sand filter at WWTP Ootmarsum. It should be clear the discharging sticky and obstructing (chemical) products to an MBR system should be prevented as much as possible. This can be obtained by making clear agreements with companies and industries that discharge on the sewage system, or if necessary disconnect certain dischargers (note the deterioration of the membrane filtration process of MBR Varsseveld by the discharge of cheese coating layer).

#### *Parallel- versus serial operation*

For MBR Heenvliet, the serial operation was successfully applied in which the activated sludge was operated in the two different configurations and at two different dry solids content conditions. Based on the experience obtained from MBR Heenvliet, serial operation is considered as the easier and more efficient alternative compared to parallel operation. The treatment performances were as expected. Due to the sludge sedimentation properties in both the systems, it was possible to switch between the membrane tank and secondary sedimentation tank. In addition, during serial treatment the highest efficiency can be achieved by treating as much wastewater as possible through a minimal membrane surface area. At the same time, the membrane aeration energy and cleaning chemicals (per volume of treated permeate) are saved.

The MBR Ootmarsum is only operated in parallel to the conventional installation. From technical point of view, this parallel configuration has been experienced as satisfying. In case of failure of the MBR system, the conventional treatment process is capable of treating the complete influent. In case of an emergency situation it did not appear to be necessarily to discharge fresh sludge from the buffer sedimentation tank to other WWTP's

#### *Effluent water quality*

As the application of upgrading the conventional WWTP to a hybrid membrane installation is primarily motivated by the consideration of improving the effluent water quality, the treatment performance of hybrid MBR is important.

A criterion for the nitrogen concentration in the permeate of the hybrid MBR-installation is the degree of denitrification. For WWTP Heenvliet, the annual average concentrations of total nitrogen in the permeate is below 2 mg/l. The total nitrogen concentration in the permeate and the filtrate of WWTP Ootmarsum is approximately 3.6 mg/l. For both the WWTP's it turned out to be difficult to achieve yearly average phosphorus concentrations below 0.3 mg P<sub>total</sub>/l. The MBR Ootmarsum is less effective for advanced phosphorus removal than the conventional process, this is probably due to the input of oxygen and low sludge production. The phosphorus removal in the MBR Heenvliet is better than the conventional biological phosphorus removal. The annual average phosphorus concentrations in the permeate for WWTP Heenvliet and the WWTP Ootmarsum are respectively approximately 1 mg/l and 1.5 mg/l.

With only 1-25 CFU/l in produced permeate, the MBR system is considered as an excellent disinfection method. Hybrid MBR-installation disinfect significantly better than the sand filter (around 3·10<sup>5</sup> CFU/l) at WWTP Ootmarsum and secondary sedimentation (circa 7·10<sup>5</sup> CFU/l). In table 2 the quality of the permeate of MBR Heenvliet and Ootmarsum is summarised.

The removal performances of Water Framework Directive related substances like organic micro-pollutants and heavy metals through MBR-installations or conventional treatment with a settling tank (and a sand filter) are comparable. The possible differences of the calcu-

lated removal efficiencies are probably due to the low influent concentrations (often below the detection limit).

The concentration of undissolved substances in the permeate of MBR Ootmarsum is lower than the detection limit of 1.2 mg/l. The sand filter at MBR Ootmarsum is also able in removing undissolved substances with concentrations in the filtrate lower than 1.2 mg/l.

TABLE 2

QUALITY OF THE PERMEATE

	Heenvliet (serial)	Ootmarsum (parallel)
N-total	< 2 mg/l	3,6 mg/l
P-total	2,25 mg/l	2 mg/l
CFU	< 20 CFU/l	<25 CFU/l

#### *Permeability and cleaning*

The permeability of the membranes at Heenvliet decreased from 1.400 l/m<sup>2</sup>.h.bar to 250 - 500 l/m<sup>2</sup>.h.bar within the first eight months after start up. For the membranes of MBR Ootmarsum the permeability was around 300 - 500 l/m<sup>2</sup>.h.bar in the first testing year. In order to maintain the permeability of the membranes, chemical cleanings were executed two to four times per year. These cleanings were performed in situ in the membrane tank. In order to prevent precipitation of metal salts, formed during the chemical cleaning, the membranes were washed with hypochlorite after cleaning. The Airlift™-membranes of MBR Ootmarsum have a completely automated chemical cleaning procedure, which is carried out as a preventative treatment once a month. Therefore the chemicals are added to the permeate used for back-washing the membranes and for soaking the membranes during a specific contact time.

#### *Sludge sedimentation property and sludge content*

The dry solids content in the activated sludge compartment of the MBR systems is two to three times higher than in the conventional installation. The dry solid content in the MBR Heenvliet is 12 to 15 g/l. The solid content for the external placed membrane modules at WWTP Ootmarsum is around 9 g/l.

For a hybrid MBR system, it is important that the sludge sedimentation characteristics of the MBR system and the conventional system are comparable. In that situation, it is possible to switch between the two treatment system and in case of serial treatment at MBR Heenvliet, switch to the settling tank in case of calamities. The sludge volume index (SVI) for the sludge in the MBR Heenvliet varies between 90 ml/g to 110 ml/g and is always lower than 120 ml/g. During serial operation, there were no problems during switching between the MBR tank and the secondary sedimentation tank. No sludge was lost during switching. For MBR Ootmarsum, the SVI in the MBR-installation varies between 90 to 150 ml/g, but this sludge never flows to the secondary sedimentation tank. The maximal SVI for the corresponding conventional treatment process is approximately 110 ml/g.

#### *Training and operational management*

The (hybrid) MBR system is a relatively new technology for water administrators and operators for the treatment of domestic wastewater due to a number of new elements such as membranes, sludge circulation from or to membranes, membrane aeration and membrane cleaning. The activated sludge process in the MBR system is in principle identical to the sludge process in the conventional system, except the (two to three times) higher sludge content. In order to achieve optimal operation of the MBR-installation the extra operational training

on membrane technology is necessary. If the operating staff is various, the complete staff should be kept up to date with the MBR technology. The staff should also be present more frequently at the WWTP in order to keep the knowledge up to date. For an MBR system with a capacity around 10.000 population equivalents, at least 0.5 FTE should be taken into account with a higher educated level. During the start up period (at least three months), more staff is required. In this period training of staff should be given priority as well.

#### *Energy consumption*

For the MBR-installations, the compressors for (cleaning) aeration and the circulation pumps for the membrane tanks consume most of the energy. This is also valid for the hybrid MBR system, although the energy consumption is lower than full MBR system due to the smaller applied membrane surface area (this results in savings of membrane aeration and cleaning chemicals). Research shows that the energy consumption varies between approximately 1 and 1.25 kWh per produced m<sup>3</sup> permeate. The continuous operation of MBR Heenvliet leads to the total energy consumption of approximately 0.98 (without prerequisite relaxation) to 1.23 kWh/m<sup>3</sup> (with prerequisite relaxation). The energy consumption of MBR Ootmarsum is based on the derived numbers and is approximately 1.0 kWh/m<sup>3</sup> (of which about 0.4 kWh/m<sup>3</sup> is needed for the membrane cleaning with the Airlift™-principle). Energetic optimisations such as an increasing capacity or a decrease of the ramp down time can lead to a lower energy consumption of below 1,0 kWh/m<sup>3</sup>. It should also be taken into account that these energy numbers are applied to the demonstration installation of MBR Heenvliet and Ootmarsum. When a hybrid MBR is practised on a larger scale it can be assumed that the total energy consumption per m<sup>3</sup> water will be less (caused by lower energy consumption of the pumps per treated amount of wastewater). Compared to the energy consumption of a conventional WWTP (0.4-0.5 kWh/m<sup>3</sup> treated wastewater), the energy consumption of a hybrid MBR system is still considerably high.

#### *Cost*

As both hybrid MBR systems at Heenvliet and Ootmarsum are small demonstration installations, the definitive costs for installations in practice cannot be given. Membrane installations are an expensive alternative compared to conventional installations, the same is true for the hybrid MBR systems. However, the treatment performance of an MBR process is significantly better than conventional treatment (in relation to suspended solid removal and disinfection). Based on the design of both types of MBR-installations, it can be concluded that the hybrid MBR system is much more cost-effective compared to full MBR system due to its significantly smaller membrane surface area and less necessary auxiliary installations. The same can be concluded for capital- and operational costs per treated amount of wastewater.

## CONCLUSION

The hybrid MBR systems at WWTP Ootmarsum and WWTP Heenvliet are considered as successful concepts by which excellent results can be achieved. The (bacteriological) water quality of the permeate from hybrid MBR systems is significantly better than the water quality of the effluent from secondary sedimentation tanks. The hybrid MBR-system is successfully developed and introduced in practice in the Netherlands. With the hybrid MBR-configuration, as much wastewater as possible can be treated with the membrane (bio) reactor in combination with a minimised membrane surface area, thus at the lowest possible costs. However, better water quality requires a higher energy consumption of 1-1.25 kWh/m<sup>3</sup> compared to 0.5 kWh/m<sup>3</sup> for a conventional treatment process, but the consumption is still lower than of a full MBR system. Operational management and regular activities needed for the MBR technology after start up can be implemented into the daily activities of the management and staff. Special attention should be paid to the training of the staff operating the MBR system.

In order to gain more insight in the working principles, the energy consumption and the performance of the MBR system, additional monitoring should be foreseen. This will possibly lead to further optimisation of the processes.

# STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)30-2321199.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 8090, 3503 RB, Utrecht.

E-mail: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).



# ERVARINGEN MET HYBRIDE MBR OOTMARSUM

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING HYBRIDE MBR OOTMARSUM	
	INTEGRALE SAMENVATTING HYBRIDE MBR'S HEENVLIET EN OOTMARSUM	
	STOWA IN HET KORT	
	INTEGRATED SUMMARY HYBRID MBR'S HEENVLIET AND OOTMARSUM	
	STOWA IN BRIEF	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Algemeen	1
	1.2 Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>BESCHRIJVING HYBRIDE MBR OOTMARSUM</b>	<b>3</b>
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Oude situatie	3
	2.3 Ontwerp	4
	2.3.1 Belastingprognose	5
	2.3.2 Effluenteisen	6
	2.3.3 Dimensionering en Procesvoering	6
	2.3.4 Membraansysteem	11
	2.4 Monitoring	13



<b>3</b>	<b>RESULTATEN</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Algemeen</b>	<b>15</b>
	3.1.1 Inleiding	15
	3.1.2 Pilot installatie	15
	3.1.3 Tijdslijn	16
<b>3.2</b>	<b>Opstart</b>	<b>18</b>
	3.2.1 Inleiding	18
	3.2.2 Voorbehandeling MBR	18
	3.2.3 Behandeld afvalwater	20
	3.2.4 Prestaties procesonderdelen Hybride-MBR	20
	3.2.5 SVI en droge stof concentratie	25
	3.2.6 Prestaties membranen	26
<b>3.3</b>	<b>Resultaten parallel bedrijf</b>	<b>27</b>
	3.3.1 Inleiding	27
	3.3.2 Aanpassing voorbehandeling MBR	27
	3.3.3 Behandeld afvalwater	28
	3.3.4 Prestaties procesonderdelen hybride-MBR	30
	3.3.5 SVI en droge stof concentratie	36
	3.3.6 Prestaties Membranen	38
<b>3.4</b>	<b>Desinfectie</b>	<b>40</b>
<b>3.5</b>	<b>Slibproductie</b>	<b>41</b>
<b>3.6</b>	<b>Microscopische slibkarakteristieken</b>	<b>42</b>
<b>3.7</b>	<b>Energieverbruik</b>	<b>42</b>
	3.7.1 Energieverbruik conventionele zuivering versus MBR	42
	3.7.2 Energieverbruik totale hybride-MBR	43
	3.7.3 Energieverbruik Membranen	46
<b>4</b>	<b>BEDRIJFSVOERING</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Algemeen</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Beheer en Onderhoud</b>	<b>47</b>
<b>4.3</b>	<b>Storingsgevoeligheid</b>	<b>47</b>
<b>4.4</b>	<b>Personeel</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIES EN EVALUATIE</b>	<b>49</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	
1	Monitoringprogramma Hybride MBR Ootmarsum	51
2	Gemeten concentraties per zuiveringsdeel tijdens opstartfase	55
3	Gemeten concentraties in parallelbedrijf per zuiveringsdeel	59
4	Transmembraandruk en flux tijdens opstart	63
5	Flux in parallelbedrijf	67
6	Detailopmerkingen Bedrijfsvoering hybride-MBR	71
7	Foto impressie rwzi Ootmarsum	75

# 1

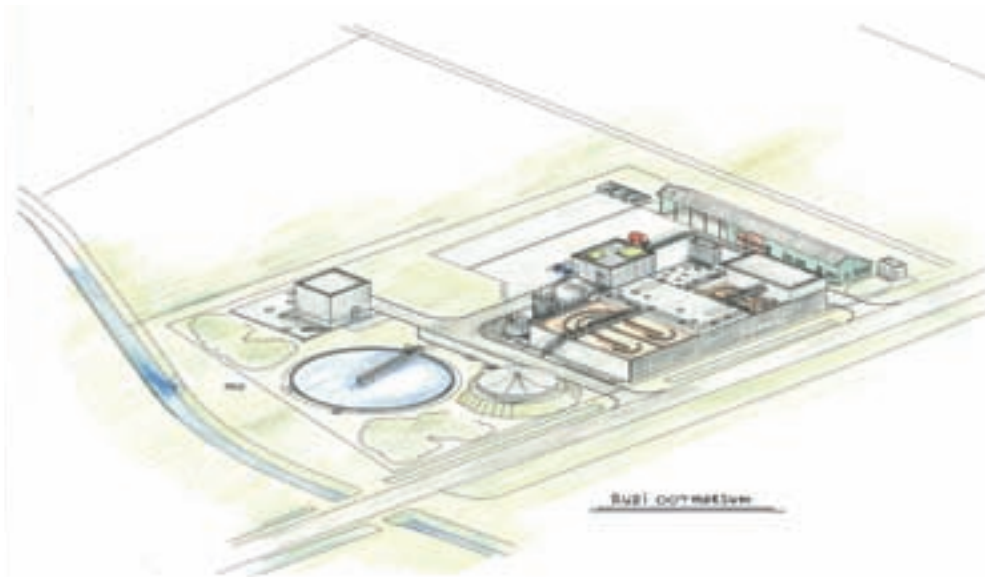
## INLEIDING

### 1.1 ALGEMEEN

In dit rapport wordt de voortgang van de resultaten van de bedrijfsvoering van de hybride membraanbioreactor rioolwaterzuiveringsinstallatie Ootmarsum beschreven. De naam Hybride MBR is gekozen voor de rwzi waarin de MBR-techniek op een unieke manier is gecombineerd met bestaande conventionele technieken, die is uitgebreid met een nageschakeld zandfilter. Op deze manier zijn de risico's – die horen bij de implementatie van een innovatieve techniek op praktijkschaal – beter beheersbaar en kan toch optimaal gebruik gemaakt worden van deze nieuwe ontwikkelingen. Binnen een hybride MBR zijn de voordelen van een conventionele zuivering (die een hoge kwantiteit kan verwerken) gecombineerd met een membraanbioreactor (waarvan de membranen een hoge kwaliteit garanderen). Het feit dat het aangesloten rioleringsgebied grotendeels uit gemengde stelsels bestaat resulteert in grote hydraulische verschillen bij droog- en regenweersomstandigheden. Tevens vereist het ontvangend oppervlaktewater erg goede kwalitatieve zuiveringresultaten. Dit heeft geleid tot het combineren van de membraantechnologie met de conventionele technologie. Tijdens ontwerp is gebleken dat het meest kosteneffectieve scenario, in combinatie met te behalen kwalitatieve doelen, werd gehaald door bij droog weer 50% van het water door de MBR te zuiveren en bij regen 25%. Na het zuiveringsproces wordt het gezuiverde water door een ecologische zone geleid. Hierin krijgt het water een meer natuurlijk karakter.

FIGUUR 1

OVERZICHTSTEKENING NIEUWE RWZI



In Nederland is naast de MBR Ootmarsum een tweede hybride-MBR in bedrijf. Bij het waterschap Hollandse Delta is in Heenvliet een hybride-MBR gebouwd, waar eveneens onderzoek wordt uitgevoerd. Beide hybride-MBR projecten zijn financieel ondersteund door de gezamenlijke waterschappen via de STOWA. Daar staat tegenover dat de resultaten van de hybride-MBR in een STOWA-project ter beschikking zullen worden gesteld.

## **1.2 LEESWIJZER**

In Hoofdstuk 2 wordt de hybride-MBR beschreven, zoals die is gerealiseerd in Ootmarsum. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de relevante gebeurtenissen weergegeven aan de hand van een opgestelde tijdslijn, tevens worden de resultaten gepresenteerd van de opstartperiode en van de bedrijfsvoering in parallel bedrijf. In hoofdstuk 4 worden de aandachtspunten van de bedrijfsvoering behandeld. De evaluatie en conclusies worden weergegeven in hoofdstuk 5.

# 2

## BESCHRIJVING HYBRIDE MBR OOTMARSUM

### 2.1 INLEIDING

De rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) Ootmarsum zuivert het rioolwater van Ootmarsum en de kernen Lattrop en Tilligte. De rwzi ligt in het stroomgebied van een zogenaamde “waterparel”. In deze stroomgebieden streeft het waterschap naar een natuurgerichte waterhuishouding. De rwzi Ootmarsum lost het gezuiverde afvalwater namelijk op een beek met grote natuurlijke waarde, waarbij geen versturende invloed op dat watersysteem mag plaatsvinden. Daarbij moet worden voldaan aan de effluenteisen, rekening houdend met toekomstige streefwaarden. De rwzi is op de huidige locatie gehandhaafd omdat – vooral in de zomermaanden – de kans zou ontstaan dat de Wiemselbeek droog komt te staan. Niet alleen was er sprake van een noodzakelijke revisie / renovatie van de rwzi, ook was uitbreiding van de biologische capaciteit noodzakelijk. De rwzi is uitgebreid van 11.500 inwonerequivalenten (ie 54 g BZV) naar 14.000.

### 2.2 OUDE SITUATIE

De rwzi Ootmarsum is in 1974 gebouwd. De rwzi bestond uit een ontvangwerk met rooster-goedverwijdering en zandvang, een oxidatiesloot van het type carrousel en een nabezinktank. De rwzi Ootmarsum was verouderd en moest worden aangepast. De rwzi had een inname capaciteit van 650 m<sup>3</sup>/h.

FIGUUR 2

FOTO OUDE RWZI



Het effluent wordt geloosd op de Wiemselbeek en voldeed in 2006 aan de toen geldende WVO-eisen.

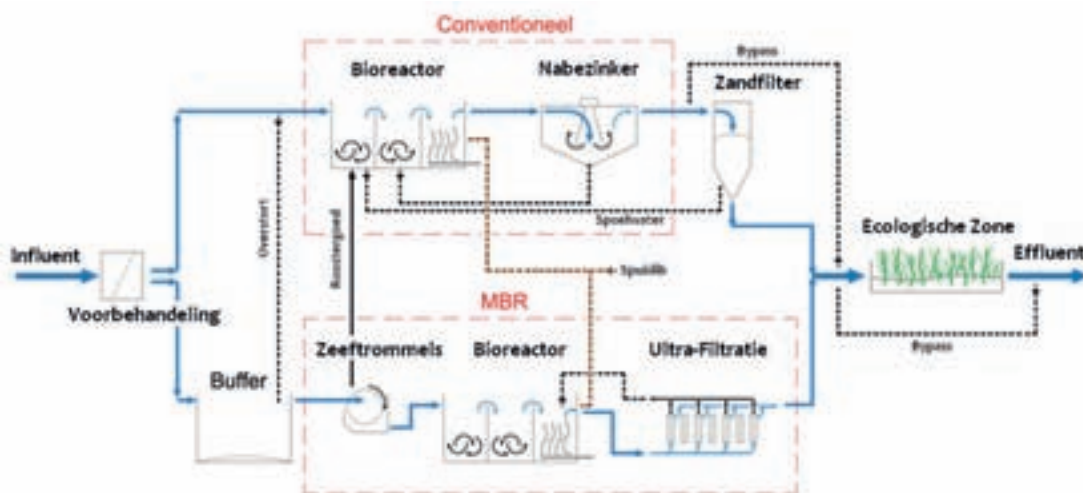
TABEL 1 OVERZICHT WVO-TOETSING 2006 - OUDE SITUATIE

parameter	toetsingscriterium	lozingseis	eenheid	overschrijding	van de norm	laatste 4 kwartalen
bemonstering	aantal bemonsteringen in het kwartaal.	6	[-]	<i>n</i>		
BZV	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	10	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	3,4
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	20	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
CZV	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 2 monsters de grenswaarde overschrijden	125	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	250	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
N <sub>totaal</sub>	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	10	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	6,8
N <sub>kjeldahl</sub>	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	8	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	3,3
P <sub>totaal</sub>	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	3,5	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	2,5
opopgel. bestandd.	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	10	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	5,7
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	30	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	1
temp.	aantal steekmonsters die de temperatuureis overschrijden	25	°C			
pH	aantal steekmonsters die het pH gebied over- of onderschrijden	6,5-9,0		<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
O <sub>2</sub>	gemiddelde concentratie gedurende een meetweek bedraagt minimaal	6	mg/l		aparte rapportage	

### 2.3 ONTWERP

De nieuwe zuivering is gebaseerd op een hybride systeem waarbij een conventionele zuivering parallel is geschakeld met een Membraanbioreactor (MBR). Oorspronkelijk was de bedoeling om het oude conventionele omloopsysteem in te passen. Bij nadere afweging is besloten om toch de gehele rwzi nieuw te bouwen. De afweging is met name ingegeven door bouw- en opstartrisico's, terwijl er geen substantiële meerkosten waren. De conventionele zuivering is voorzien van een extra zuiveringstap door de plaatsing van een zandfilter. De innovatieve zuivering is een MBR. In figuur 3 is een processchema weergegeven van de gehele rwzi Ootmarsum. Het effluent uit de conventionele installatie en de MBR, wordt zowel bij DWA als bij RWA volledig nabehandeld in een ecologische zone.

FIGUUR 3 PROCESSHEMA HYBRIDE MBR ZUIVERING



Er is onder meer om economische redenen voor een hybride MBR gekozen en niet een MBR voor de volledige capaciteit. In een MBR moet alle aangevoerde water door de membranen, waarbij de membranen dus op RWA gedimensioneerd moeten worden. Het grote verschil in hydraulische aanvoer op de rwzi Ootmarsum (DWA:RWA 1:8) is hier debet aan. In Ootmarsum vindt de regenweer aanvoer in slechts 15% van de tijd plaats. Bij een hybride MBR kan bij RWA de extra hydraulische belasting in de conventionele straat gezuiverd worden. Er wordt zo bespaard op membraancapaciteit.

Omdat wel voldaan moet worden aan strenge effluenteisen, is gekozen voor een nabehandeling van het conventioneel gezuiverde water door een discontinue zandfilter (zie ook paragraaf 2.3.3 Dimensionering en Procesvoering).

Na de ontvangput stroomt het totale influent onder vrijverval naar de roostergoedinstallatie en de zandvanginstallatie. Na de zandvanginstallatie wordt het afvalwater gelijk verdeeld (50%: 50%) over de beide straten (conventioneel en MBR). Als er sprake is van regenweeraanvoer dan zal de verdeling verschuiven als de MBR zijn maximale capaciteit bereikt. De extra aanvoer naar de MBR zal eerst worden gebufferd. Is bij langere regenweeraanvoer de buffer ook volledig gevuld dan zal deze overstorten naar de conventionele zuivering (zie figuur 3). De verdeling van het afvalwater staat weergegeven in tabel 2.

TABEL 2

VERDELING AFVALWATER

	Eenheid	Conventioneel	Buffer	MBR	Totaal
Behandeld debiet bij DWA	m <sup>3</sup> /h	75	-	75	150
Behandeld debiet bij RWA tijdens vullen buffer	m <sup>3</sup> /h	325	175	150	650
Behandeld debiet bij langdurige RWA	m <sup>3</sup> /h	500	-	150	650

### 2.3.1 BELASTINGPROGNOSE

De dimensionering heeft plaatsgevonden op basis van de geprognosticeerde aanvoer voor 2020, zoals staat weergegeven in tabel 3. In de zomer is de belasting als gevolg van recreatie hoger. De toekomstige hydraulische belasting blijft gelijk aan de huidige hydraulische belasting als gevolg van optimalisaties in het rioolstelsel.

De droogweer aanvoer op Ootmarsum bestaat uit een reguliere aanvoer van inwoners/industrie en een extra aanvoer die seizoensgebonden is. De hydraulische belasting is in de zomer en winter gelijk, maar de biologische belasting is wel verschillend. In de zomer is er meer biologische belasting vanwege de toeristen op de diverse campings. In de winter valt deze aanvoer weg, maar wordt meer dun water aangevoerd, afkomstig van ondermeer:

- in sommige wijken wordt uit natte kelders continu water weggepompt
- er zijn hogere grondwaterstanden die infiltratie van grondwater in de riolering veroorzaken
- er zijn extra buffervoorzieningen in de riolering van de gemeente geplaatst welke voor meer regenwateraanvoer zorgen

TABEL 3 GEPROGNOSTICEERDE AANVOER RWZI OOTMARSUM VOOR 2020

parameter	Gemiddelde belasting	Incidentele belasting <sup>1)</sup>	Eenheid
DWA	150	150	m <sup>3</sup> /h
RWA	650	650	m <sup>3</sup> /h
DWA dagaanvoer	2.600	2.600	m <sup>3</sup> /d
CZV	1.900	2.500	kg/d
BZV	760	1.000	kg/d
Kj-N	150	200	kg/d
P-totaal	24	31	kg/d
Onopgeloste bestanddelen	710	940	kg/d
Belasting i.e. à 54 g BZV	14.000	18.500	-

1 incidentele belasting als gevolg van recreatie in de zomer; een hogere belasting bij gelijkblijvend debiet.

De watertemperatuur varieert van minimaal 6°C en gemiddeld 7,5°C in de winter tot maximaal 22°C en gemiddeld 17,5°C in de zomer. Voor het ontwerp is rekening gehouden met de gemiddelde waarden.

### 2.3.2 EFFLUENTEISEN

Rwzi Ootmarsum kan alleen op de Wiemselbeek met een hoge kwaliteitswaarde blijven lozen, indien het afvalwater vergaand wordt gezuiverd. Daarbij moet worden voldaan aan de effluent-eisen, rekening houdend met toekomstige streefwaarden en eventueel 'MTR-kwaliteit' van het te lozen water.

De effluenteisen met betrekking tot ontwerp en de streefwaarden voor het jaar 2018 zijn weergegeven in tabel 4. Er zijn geen effluenteisen opgenomen voor microverontreinigingen en zware metalen.

TABEL 4 VEREISTE EN GEWENSTE EFFLUENTKwalITEIT (MG/L)

Component	Eis vanaf opstart	Streefwaarden (2012)	Opmerkingen
BZV	5	2	jaargemiddelde
NH <sub>4</sub> -N	1 of 2	0,8	*
N-totaal	10	4	jaargemiddelde
P-totaal	1	0,15	jaargemiddelde
Onopgeloste bestanddelen	5	2	jaargemiddelde

\* De NH<sub>4</sub>-N eis vanaf 31 december 2004 is een zomer- en wintergemiddelde (1 en 2 mg/l)

De NH<sub>4</sub>-N streefwaarde is een 90-percentielwaarde, bij een temperatuur > 10 °C

Bemonstering van effluent vindt debietproportioneel plaats in een verzamelput vlak voor de ecologische zone. Het effluent van het zandfilter, de bypass van het zandfilter en het MBR effluent komen hier samen.

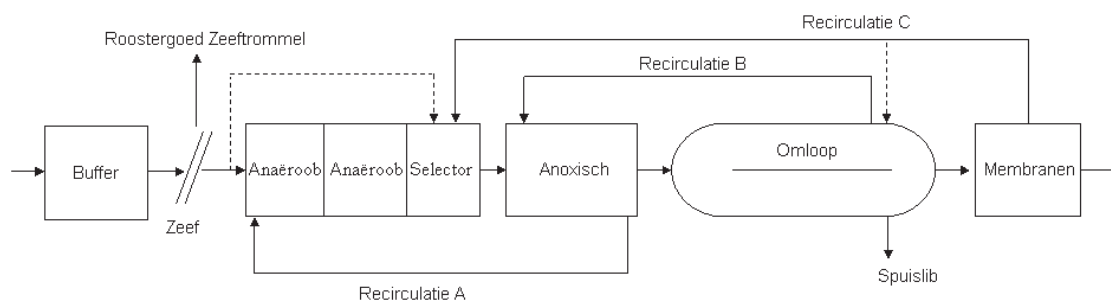
### 2.3.3 DIMENSIONERING EN PROCESVOERING

Na ontvangst van het afvalwater wordt grofvuil verwijderd door middel van een roostergoed-installatie. De installatie is uitgevoerd als twee fijnroosters (6 mm) die elk 100% van de aanvoer kunnen verwerken. Het roostergoed wordt gewassen en geperst. Geperst roostergoed wordt opgeslagen en afgevoerd. Was/perswater wordt afgevoerd naar de ontvanggoot.

Na roostergoed wordt het zand verwijderd met een JETA zandvanger. Het afgevangen zand wordt gewassen en opgeslagen om afgevoerd te worden. Het waswater wordt teruggevoerd de zuivering in, na de roostergoedinstallatie en de zandvanger.

## DIMENSIONERING CONVENTIONELE INSTALLATIE

FIGUUR 4 SCHEMATISCHE WEERGAVE CONVENTIONELE INSTALLATIE INCLUSIEF NAGESCHAKELD ZANDFILTER



TABEL 5 DIMENSIONERING CONVENTIONELE INSTALLATIE (INCLUSIEF ZANDFILTER)

Onderdeel	Waarde	Eenheid
<b>Anaërobe tank/Selector</b>		
Volume	225	m <sup>3</sup>
Interne recirculatie A	75 (max.)	m <sup>3</sup> /h
<b>Beluchtingstank</b>		
Slibgehalte	3,4	kg/m <sup>3</sup>
Slibbelasting	0,04	kg BZV/kg d.s. d
Volume anoxische tank	600	m <sup>3</sup>
Volume omloopcircuit	2.400	m <sup>3</sup>
Volume totaal biologie	3.225	m <sup>3</sup>
Interne recirculatie B	150 tot 600	m <sup>3</sup> /h
Totaal beluchtingcapaciteit (incl. a=0,8)	88 <sup>1)</sup>	kg O <sub>2</sub> /h
<b>Nabezinktank</b>		
Oppervlakte bestaand	651	m <sup>2</sup>
Oppervlakte belasting RWA	0,50	m/h
<b>Zandfilter</b>		
Verwerkingsdebiet (maximaal)	250	m <sup>3</sup> /h
Verwerkingsdebiet (DWA)	75	m <sup>3</sup> /h
Filtratiesnelheid (RWA)	15	m/h
Oppervlak filter	20	m <sup>2</sup>
Aantal filters	2	-

<sup>1)</sup> Berekend op zomeraanvoer inclusief overstort vanuit bufferbezinktank; bij storing aan MBR is de benodigde beluchtingcapaciteit 101 kg O<sub>2</sub>/h (de hoeveelheid beluchtingelementen in de conventionele installatie is op deze situatie berekend).

In principe worden er geen chemicaliën gedoseerd. Indien toch aanvullende chemische P-verwijdering nodig blijkt, dan kan ijzerchloride gedoseerd worden in het omloopcircuit of aan het einde van de anaërobe tank. Ook kan op het zandfilter ijzerchloride gedoseerd worden ter verbetering van de zwevende stof- en fosfaatverwijdering.

### PROCESVOERING CONVENTIONELE INSTALLATIE

Het afvalwater komt als eerste in een anaërobe tank. De anaërobe tank is noodzakelijk voor de biologische defosfatering. In de anaërobe tank wordt het influent in contact gebracht met een recirculatiestroom met zuurstofloos (nitraatarm) actief slib afkomstig van de anoxische tank.



Het slib/watermengsel uit de anaërobe tank stroomt vervolgens onder vrijval naar de anoxische selector, waar het wordt opgemengd met het retourslib uit de nabezinktank. De selector is voor bestrijding van lichtslib en verwijdering van nitraat uit het teruggevoerde retourslib.

Vanuit de selector stroomt het slib-/watermengsel naar het omloopsysteem. In de omloop zijn aërobe en anoxische zones aanwezig, voor de simultane verwijdering van BZV en stikstof (N).

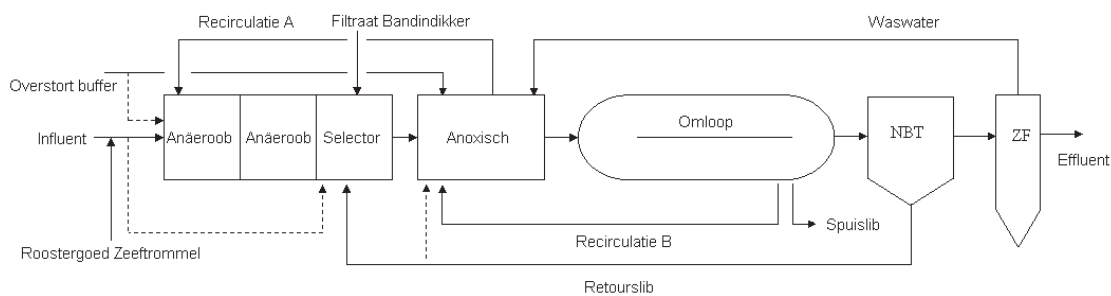
Het effluent van de conventionele installatie wordt nabehandeld in een zandfilter. Het zandfilter wordt discontinu bedreven en heeft een maximale capaciteit van 250 m<sup>3</sup>/h. Bij hogere aanvoeren zal het overtollige deel het zandfilter via een omleiding passeren. Het spoelwater van het zandfilter wordt teruggevoerd naar de anoxische zone van de conventionele installatie. Indien nodig kan aanvullend chemisch fosfaat en/of zwevende stof worden verwijderd met ijzerzout.

Het surplusslib wordt onttrokken aan het eind van het beluchte deel van het omloopcircuit en afgevoerd naar de surplusslib (band)indikker. Ingedikt surplusslib wordt opgeslagen in een slibbuffer en per as afgevoerd. Het filtraat wordt teruggevoerd naar de influent zijde, na roostergoed verwijdering en zandvang, via het terreinriool.

#### DIMENSIONERING MEMBRAAN BIOREACTOR

De configuratie van de MBR biologie komt sterk overeen met de configuratie van de conventionele installatie en is weergegeven in figuur 5. De verschillen ten opzicht van de conventionele installatie zijn de aanwezigheid van een buffer en een zeef, de kleinere beluchting (met hoger droge stof gehalte) en de aanwezigheid van membranen in plaats van een nabezinktank met nageschakeld zandfilter.

FIGUUR 5 SCHEMATISCHE WEERGAVE MBR INCLUSIEF BUFFERBEZINKTANK



De hoofddimensies van de MBR inclusief de bufferbezinktank zijn weergegeven in tabel 6.

TABEL 6

## DIMENSIONERING MBR EN BUFFERBEZINKTANK

Onderdeel	Waarde	Eenheid
<b>Bufferbezinktank</b>		
Volume	715	m <sup>3</sup>
<b>Zeef</b>		
Perforatie **	0,8	mm
Capaciteit	150	m <sup>3</sup> /h
Aantal <sup>1</sup>	2	-
<b>Anaërobe tank/Selector</b>		
Volume	225	m <sup>3</sup>
Interne recirculatie A	75 (maximaal)	m <sup>3</sup> /h
	225 (nominaal)	
Interne recirculatie C	450 (maximaal)	m <sup>3</sup> /h
<b>Beluchtingstank</b>		
slibgehalte (gemiddeld)	10	kg/m <sup>3</sup>
Slibbelasting	0,04	kg BZV/kg d.s. d
Volume anoxische tank	200	m <sup>3</sup>
Volume omloopcircuit	745	m <sup>3</sup>
Volume totaal biologie	1.170	m <sup>3</sup>
	300 (nominaal)	
Interne recirculatie B	600 (maximaal)	m <sup>3</sup> /h
Totaal beluchtingcapaciteit (incl. a=0,5)	112	kg O <sub>2</sub> /h
<b>Membranen</b>		
Maximale capaciteit	150	m <sup>3</sup> /h
Ontwerpflux DWA netto/bruto flux	40,4 / 47,5	L.m <sup>2</sup> /h
Ontwerpflux RWA netto/bruto flux	53,9 / 61,7	L./m <sup>2</sup> .h
Aantal eenheden	6	
Aantal modules	14	per eenheid
Membraanoppervlak	29	m <sup>2</sup> per module
Totaal membraanoppervlak	2.436	m <sup>2</sup>
Filtratietijd	7-10	minuten
Filtratie flux (netto)	40-55	L/m <sup>2</sup> .h
Backwash tijd	7	Sec
Backwash Flux	300	L/m <sup>2</sup> .h
Drain frequentie	3	1/h
Slib recirculatie	20	m <sup>3</sup> /h per module

\* 100 % reserve

\*\* in de loop van 2008 tot 2 mm vergroot

**PROCESVOERING MEMBRAAN BIOREACTOR**

Het afvalwater dat richting de MBR stroomt wordt eerst opgevangen in de bufferbezinktank, waar het gelijkmatig over de gehele breedte van de bufferbezinktank wordt verdeeld. De bufferbezinktank is uitgevoerd als een 'conventionele' rechthoekige voorbezinktank met een kettingruimer. De kettingruimer dient twee doelen; ten eerste brengt de ruimer het bezonken slib naar de slibzak en ten tweede voert het, als de buffer volledig gevuld is, een eventuele drijfslag af naar een afvoervoorziening aan het einde van de bufferbezinktank. De drijfslag wordt vanuit een drijfslagput per as afgevoerd.

Bij langdurige RWA (> 4 uur) is de capaciteit van de bufferbezinktank bereikt en stort het voorbezonken afvalwater over naar de anoxische tank van de conventionele installatie. De conventionele installatie wordt hierdoor vooral hydraulisch extra belast.

Vanuit de bufferbezinktank wordt het afvalwater vanuit de slibzak opgepompt via een fijnzeef als extra voorbehandeling naar de MBR. Deze fijnzeef is dubbel uitgevoerd zodat het functioneren van de MBR niet afhankelijk is van het functioneren van de zeef. De zeef is noodzakelijk om te voorkomen dat hinderlijke deeltjes inspoelen die het functioneren van de membranen kunnen hinderen.

Tijdens het ontwerp van de MBR Ootmarsum was nog niet precies bekend hoe effectief de schoonmaakprocedures van de membranen zouden zijn. Daarom is voor zekerheid gekozen en is een zeef met een perforatie van 0,8 mm geïnstalleerd. Wel is de mogelijkheid open gehouden om de zeven te kunnen vervangen door zeven met een grotere perforatie.

Vanaf de zeef stroomt het afvalwater onder vrijval naar de anaërobe tank, de selector, de anoxische ruimte en het omloopcircuit. In de anaërobe tank wordt het influent in contact gebracht met een recirculatiestroom met zuurstofloos (nitraatarm) actief slib afkomstig van de anoxische tank. De functie van de anaërobe tank in de MBR is gelijk aan functie van deze tank in de conventionele installatie. Daarna wordt het in de selector opgemengd met een gedeelte van het 'ingedikt' slib afkomstig van de membranen, voor een goede slibvolume index. Hoewel een MBR strikt theoretisch geen goed bezinkbaar slib nodig heeft, is een bepaalde stabiele slibkwaliteit wel van belang voor een goede filterbaarheid bij de membranen.

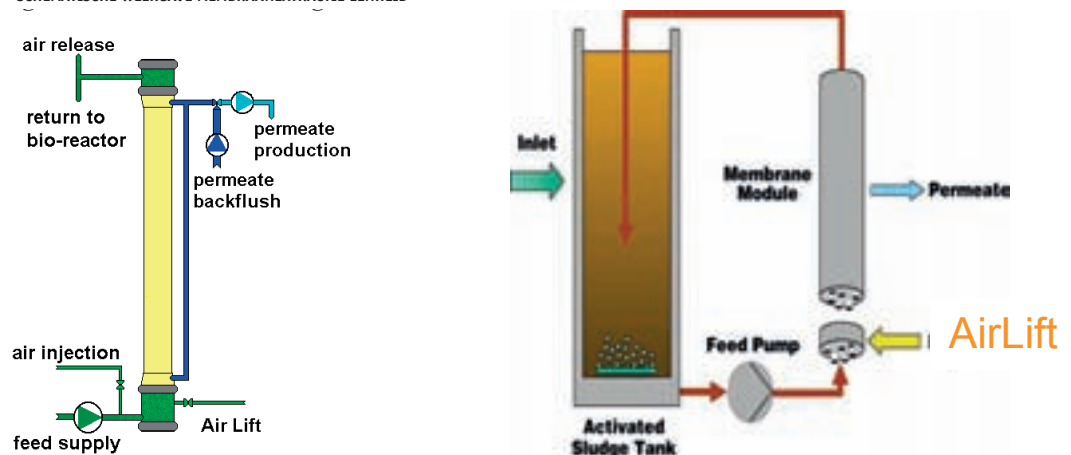
Na de selector stroomt het actief slib naar de anoxische tank, waar het wordt opgemengd met de nitraatrijke recirculatiestroom vanuit het omloopcircuit. Het nitraat wordt in de anoxische tank omgezet in stikstofgas. Vanuit de anoxische tank stroomt het actief slib naar het omloopcircuit. In het omloopcircuit dient onder alle omstandigheden minimaal voldoende aëroob volume aanwezig te zijn, zodat het aanwezige ammonium volledig wordt genitrificeerd ( $\text{NH}_4 < 1 \text{ mg/l}$ ). Beluchting vindt plaats door middel van bellenbeluchting. In het omloopcircuit vindt tevens simultane denitrificatie/stikstofverwijdering plaats. Het slib wordt in suspensie gehouden door voortstuwers.

Vanuit het omloopcircuit wordt het actief slib naar de membranen gepompt. Het membraansysteem staat buiten de bioreactor opgesteld. Vanuit de membranen stroomt het 'ingedikte' slib terug en wordt verdeeld over de selector en het omloopcircuit. Bij DWA is het 'ingedikte' slib 7% dikker dan het actief slib. Uitgaande van het ontwerpgehalte actief slib zal de retourstroom een gehalte hebben van  $10,7 \text{ kg/m}^3$ .

Het basisprincipe van de membraanextractie-eenheid is in figuur 6 geschetst.

FIGUUR 6

SCHEMATISCHE WEERGAVE MEMBRAANEXTRACTIE EENHEID



Door middel van circulatiepompen en lucht wordt het slib-/watermengsel door de membranen geleid. Met behulp van permeaatpompen wordt het permeaatdebiet (effluent MBR) geregeld. Het permeaat wordt tijdelijk in een (overloop)tank opgeslagen. Het overgrote deel wordt via de overstort van de permeaattank geloosd naar de effluentput. Een gedeelte van het permeaat uit de permeaattank wordt gebruikt als terugspoelwater voor de membranen.

Het effluent van de MBR installatie wordt verzameld samen met het effluent van de zandfilters (en diens bypass), en via één afvoerleiding afgevoerd naar het ecologische filter. Indien gewenst kan het totale effluent direct op de Wiemselbeek geloosd worden, zonder door de ecologische zone te zijn gevoerd. Dit in verband met eventueel onderhoud aan de ecologische zone.

#### 2.3.4 MEMBRAANSYSTEEM

Het Norit Airlift™ MBR systeem bestaat uit een bioreactor met een membraansysteem die buiten de biologie staat opgesteld. Het feit dat de membranen 'droog' opgesteld staan en 'inside out' water onttrekken heeft meerdere voordelen. Vanuit het oogpunt van onderhoud is de bereikbaarheid zeer goed. Het is relatief eenvoudig om per module/eenheid van modules werkzaamheden uit te voeren. Het aansturen van de circulatiesnelheid en luchttoevoer is voor beheer nauwkeurig aan te sturen. Ook kunnen hierdoor aparte optimalisaties worden uitgevoerd bij het membraansysteem of de bioreactor.

Kenmerkend voor de gebruikte membraanextractie eenheid (MEE) is de modulaire opbouw van het systeem. In totaal zijn 6 identieke eenheden, zoals te zien in figuur 7, met elk 14 modules van 29 m<sup>2</sup> membraan oppervlakte voorzien, daarnaast is elke eenheid uitbreidbaar tot 18 modules. Bij DWA/RWA condities wordt er geschakeld tussen het aantal eenheden dat in bedrijf wordt gezet. Dit betekent dat bij droog weer een aantal eenheden stand-by staat en de mogelijkheid bestaat voor onderhoud en reiniging.

Het aantal MEE's dat operatief is wordt automatisch geschakeld. De waterhoogte in de bufferbezinktank bepaalt het aantal MEE's dat actief is. Bij RWA zal het niveau in de bufferbezinktank stijgen en zal daardoor snel meerdere MEE's activeren. Het activeren van meer MEE's zal een hoger permeaatdebiet veroorzaken, wat tot gevolg heeft dat het waterniveau in de MBR-zuivering zal dalen. Als het debiet bij RWA zo groot is dat het niveau blijft stijgen, ondanks het feit dat alle 6 MEE's in bedrijf zijn dan zal tevens de flux (afvoer permeaat) verhoogd worden bij de 6 MEE's. Als het niveau in de bufferbezinktank daalt zal omgekeerd de flux eerst dalen en daarna worden automatisch MEE's afgeschakeld.

Het activeren van meerdere MEE's zal tot gevolg hebben dat het waterniveau in de bioreactor daalt. Daarom stuurt een waterhoogtemeter in de aërobe tank de opvoerpomp in de bufferbezinktank aan. Deze opvoerpomp pompt het influent via de zeeftrommels naar de MBR-zuivering. Er zijn een aantal veiligheidsniveaus in gebruik die moeten voorkomen dat er geen extreem hoge of lage waterstanden voorkomen in de MBR-zuivering.

Het aantal eenheden dat bij DWA in bedrijf is, is seizoensgebonden. De extra DWA die behandeld wordt is verschillend in de zomer en winter (zie Belastingprognose). Het heeft de voorkeur om met meer MEE's en een lagere flux te werken. Het dunne water in de winter heeft geen extra zuurstofvraag. In de winter zijn bij DWA daarom 2 eenheden in bedrijf en in de zomer 3 eenheden. In de winter wordt de standaard minimale flux dan ook hoger ingesteld. Door met één MEE minder te werken wordt de luchttoevoer bij de membranen verminderd.

FIGUUR 7

OPSTELLING MEMBRAAN UNITS



De weerstand van de membranen moet voldoende laag blijven om de gewenste permeaatproductie te realiseren. Dit houdt in dat de membranen regelmatig gereinigd moeten worden. Dit kan op drie verschillende manieren, waarvan er twee alleen gebaseerd zijn op het terugspoelen van permeaat:

#### 1 Backwash

In plaats van permeaat te onttrekken wordt er nu permeaat teruggevoerd waarbij vuil dat loskomt van het membraan met het slib-/watermengsel mee terugspoelt naar de bioreactor. Elke 7 minuten wordt een backwash uitgevoerd, waarbij 7 seconden lang permeaat wordt teruggevoerd met een flux van  $300 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$  (circa  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  per eenheid).

#### 2 Drain

Hierbij wordt de circulatie van het slib-/watermengsel stilgezet en stopt de beluchting van de membranen. Nadat de toevoer naar de membranen is afgesloten wordt een afvoerleiding geopend en stromen de membranen leeg, tegen de toevoer richting in. Hierdoor wordt (eventueel) opgehoopt vuil bij de instroomzijde van de membranen weggespoeld. Ook wordt met permeaat teruggespoeld om zo achtergebleven vuil van de membranen los te spoelen. Er wordt ook permeaat door de beluchtingkappen gestuurd, in de normale stromingsrichting. Hierdoor worden ook de beluchtingkappen gereinigd, zodat deze altijd open blijven en een robuuste beluchting is gegarandeerd. Het drainwater met alle losgekomen vuil wordt via een verzamelput teruggevoerd naar de fijnzeven. Deze reiniging vindt elke 3 à 4 uur automatisch plaats en duurt in totaal 30 seconden.

#### 3 Chemische Reiniging

De derde reiniging is een chemische reiniging, deze vindt ook volledig automatisch plaats. De toevoer van chemicaliën wordt altijd vooraf gegaan door een hiervoor beschreven drain, voor een optimaal functioneren van de chemicaliën. Daarna worden chemicaliën toegevoegd aan het permeaat waarmee de membranen worden vol gezet. De membranen worden een bepaalde tijd (1 tot 4 uur) in contact gebracht met de chemicaliën. De chemische reiniging

wordt 6 tot 12 keer per jaar uitgevoerd. Dit is vaker dan strikt noodzakelijk, maar het uitgangspunt hierbij is een langere levensduur van de membranen bij een iets frequentere, maar minder zware chemische reiniging. De te gebruiken chemicaliën zijn citroenzuur (1 gewichtsprocent) en Natriumhypochloriet (NaOCl, 250-400 ppm).

## 2.4 MONITORING

De rwzi is voorzien van off-line monitoring met automatische debietproportionele monstername in geconditioneerde monsternamenkasten, een overzicht van deze locaties is gegeven in tabel 7. Deze monsternamenapparatuur neemt periodiek monsters uit het proces die later worden geanalyseerd. Daarnaast zijn er op diverse locaties ook voorzieningen geplaatst waar geconditioneerde monsternamenkasten desgewenst neergezet kunnen worden. Vervolgens bestaat er op verschillende punten de mogelijkheid om handmatig monsters te nemen. Tevens is in verschillende compartimenten van de zuivering on-line meetapparatuur geplaatst voor de monitoring en de realtime besturing van het zuiveringsproces, ook deze on-line sensoren zijn weergegeven in tabel 7. Een deel van het monitoringprogramma ten behoeve van de evaluatie van de bedrijfsresultaten is opgenomen in bijlage 1.

TABEL 7 ON- EN OFF-LINE METINGEN EN MONSTERPUNTEN

Type Bemonstering	Locatie
<b>Influent</b>	
Debietproportionele monsterkast	Direct na roostergoed verwijdering
<b>Conventionele Straat</b>	
Debietproportionele monsterkast	Afloop nabezinktank
Debietproportionele monsterkast	Reinwaterkelder zandfilters
On-line sensor NH <sub>4</sub> -N	- Aërobe tank
On-line sensor NO <sub>3</sub> -N	- Aërobe tank - Anoxische tank
On-line sensor O <sub>2</sub>	- Aërobe tank
On-line sensor PO <sub>4</sub>	- Aërobe tank
On-line sensor droge stof	- Aërobe tank
<b>MBR Straat</b>	
Debietproportionele monsterkast	Toevoer MBR (direct na trommelzeven)
Debietproportionele monsterkast	Afloop permeaattank
On-line sensor NH <sub>4</sub> -N	- Anaërobe tank - Aërobe tank
On-line sensor NO <sub>3</sub> -N	- Anoxische tank - Aërobe tank
On-line sensor O <sub>2</sub>	- Aërobe tank
On-line sensor PO <sub>4</sub>	- Aërobe tank
On-line sensor droge stof	- Aërobe tank
<b>Effluent</b>	
Debietproportionele monsterkast	Effluent verzamelput, voor het ecologisch filter
Debietproportionele monsterkast	Ecologische zone, na het ecologisch filter

Bij de toevoer van de conventionele straat is geen debietproportionele monsterkast aanwezig. Hiervoor is gekozen omdat de toevoer naar de conventionele straat via 3 wegen loopt. Naast de rechtstreekse voeding vanuit het influent, komt het roostergoed van de zeeftrommels bij de conventionele straat en ook de overstort van de bufferbezinktank. Met name de laatste 2 stromen zijn erg onregelmatig en daarmee lastig debietproportioneel te bemonsteren. Daarom is gekozen voor een debietproportionele bemonstering van de toevoer MBR, waarna de toevoer van de conventionele installatie rekenkundig bepaald wordt.

De verwerkte informatie in dit rapport is op basis van een deel van het monitoringprogramma, onder meer doordat enkele van de 24-uurs bemonsteringlocaties kwalitatief niet op orde waren. Dit heeft ook tot gevolg gehad dat nog geen start is gemaakt met de monitoring van bijzondere stoffen, maar veelal is de monitoring op nutriëntenverwijdering gericht geweest.

# 3

## RESULTATEN

### 3.1 ALGEMEEN

#### 3.1.1 INLEIDING

In onderstaand hoofdstuk zijn de resultaten gepresenteerd van de rwzi Ootmarsum over de periode september 2007 tot en met december 2008. Het volledige monitoringsprogramma van de installatie is nog niet uitgevoerd. Het monitoringsprogramma heeft als hoofddoel: het opdoen van praktijkervaring en het uitvoeren van onderzoek naar, en optimalisatie van de mogelijkheden voor het toepassen van de MBR hybride configuratie. Helaas is door een computerstoring een groot deel van de on-line monitoringsdata verloren gegaan. De resultaten die wel beschikbaar zijn, zijn weergegeven voor de opstartperiode en de periode waarin stabiele bedrijfsvoering van kracht was. Aan de hand van een tijdslijn zijn de belangrijkste gebeurtenissen gepresenteerd, vervolgens is een overzicht gegeven van het behandelde debiet en per deelstroom behaalde effluentkwaliteit.

#### 3.1.2 PILOT INSTALLATIE

Tijdens de bouw van de nieuwe installatie is gedurende een periode van anderhalf jaar een pilot installatie van Norit ingezet. Voor Norit is deze proefinstallatie van belang geweest om de te gebruiken membranen te testen met het afvalwater van de rwzi Ootmarsum. Ook zijn de regelingen hier uitgetest en zijn de optimale instellingen en grenzen van de mogelijkheden van de membranen opgezocht.

Medewerkers van het waterschap hebben in deze periode ervaring opgedaan met een membraanbioreactor en de daarbij behorende nieuwe technieken. Tevens is de pilot ingezet als proeflocatie voor het praktische deel van het opleidingsprogramma die door diverse medewerkers is gevolgd.

De pilot heeft op een gegeven moment nog een wijziging in het ontwerp tot gevolg gehad. De 'drain' reiniging is in de pilot ontwikkeld en getest. Op het allerlaatste moment is bij de nieuwbouw een ontvangput voor het drainwater gestort in de kelder onder de membranen. Hierdoor kon de nieuwe reinigingstap vanaf het begin gebruikt worden door de nieuwe installatie.

FIGUUR 8

PILOT INSTALLATIE



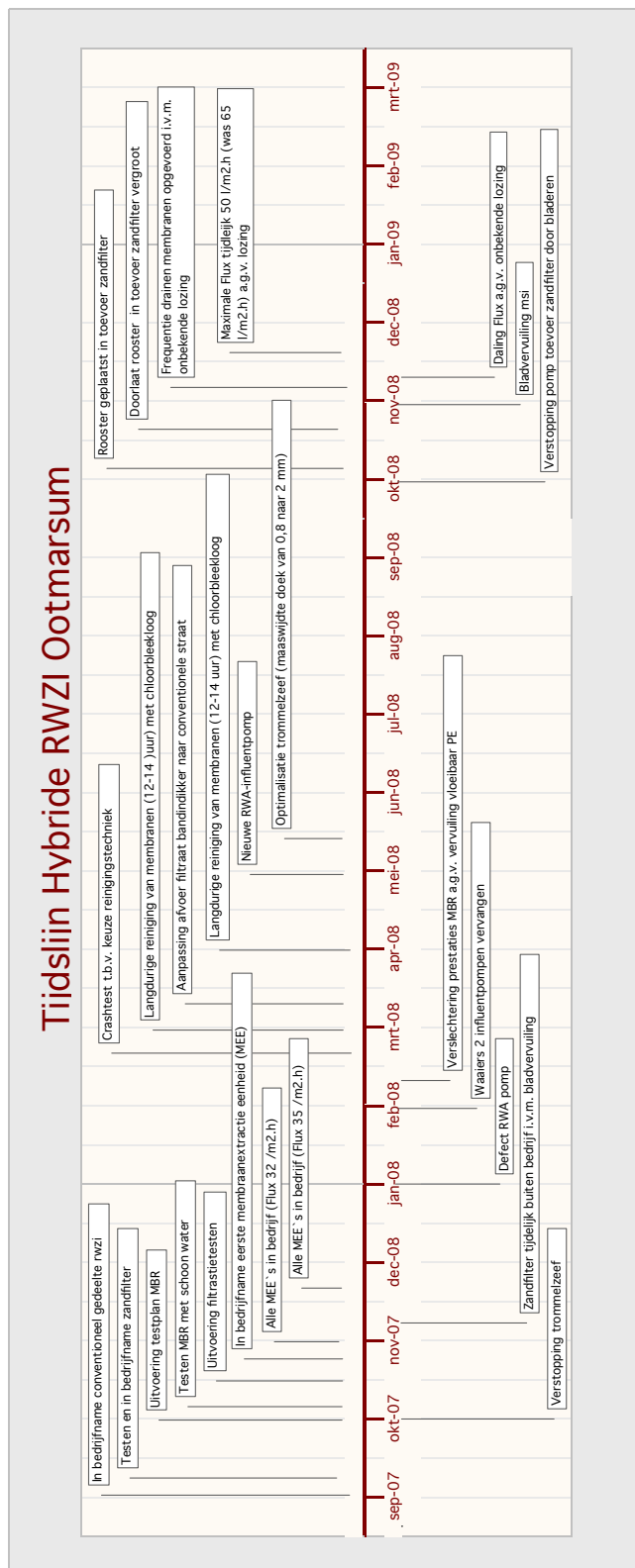


### 3.1.3 TIJDSLIJN

In figuur 9 zijn de belangrijkste gebeurtenissen gepresenteerd die sinds de opstart hebben plaatsgevonden. In het presenteren van de resultaten is een onderscheid gemaakt tussen de opstartfase (september tot en met december 2007) en de periode na de opstartfase (januari tot en met december 2008).

FIGUUR 9

TIJDSLIJN HYBRIDE RWZI OOTMARSUM



- In september van 2007 is het conventionele gedeelte van de zuivering in gebruik genomen, waarbij de verschillende zuiveringscomponenten zijn getest op hun werking. Tijdens deze fase is ook het zandfilter in gebruik genomen. Bij de opstart van de conventionele zuivering is zoveel mogelijk van het actief slib van de oude rwzi gebruikt. Tegelijk met het overpompen van het actief slib is de gemeentelijke riolering definitief aangesloten op de nieuwe influentput en is de oude retourstribleiding onderbroken en doorkruist met de nieuwe retourstribleiding. De nieuwe conventionele zuivering is in werking getreden met een droge stof gehalte van 1,6 g/l.
- Na de opstartfase van de conventionele straat is er gestart met het uitvoeren van het testplan ten behoeve van de MBR-installatie. De werking van de membraaneenheden is getest met schoon water. Na het uitvoeren van filtreerbaarheidstesten is de eerste membraanextractie eenheid getest, na succesvol afronden van deze testprocedure zijn de andere membraanextractie eenheden in bedrijf gesteld bij een flux van 35 l/m<sup>2</sup>.h.
- Het afvalwater wordt vanuit de buffer opgepompt naar een zeef met een maaswijdte van circa 0,8 mm, waar het afvalwater extra wordt voorbehandeld. In oktober van 2007 is er in deze zeef een verstopping opgetreden. Met name bij de eerste RWA aanvoer en bij het uitvoeren van meerdere membraandrainen kort achter elkaar bleek de zeeftrammel verstoppinggevoelig, vooral slecht/niet afbreekbare deeltjes zoals haren en plastics zorgden voor problemen.
- Door het vallen van bladeren in de nabezinktank werden deze geleidelijk meegevoerd naar de zandfilter waardoor verstoppingen optraden in de toevoerpomp. Hierdoor is de zandfilter tijdelijk buiten gebruikt geweest.
- In januari van 2008 is er een probleem opgetreden aan de RWA influent pomp. Kort hierna zijn twee waaiers vervangen.
- Op 5 februari 2008 is tijdens de overschakeling van poedervormig naar vloeibaar polymeer extra polymeer via de terrein rioleringsput naar de waterzuivering afgevoerd, waarna polymeer in de biologie van de MBR is gekomen (en dus ook bij de membranen). Kort daarna zijn polymeer batches door de terrein rioleringsput (via de gootsteen) afgevoerd en deels in de MBR terecht gekomen. Dit had een snelle en sterke verslechtering van de permeabiliteit van de membranen tot gevolg.
- Om tot een goede reinigingsmethodiek van de membranen te komen is er een crashtest op labschaal uitgevoerd. Met de resultaten van de test is er in maart 2008 een langdurige reiniging van 12-14 uur uitgevoerd op de membranen met chloorbleekloog. In dezelfde maand is ook een aanpassing doorgevoerd aan de afvoer van het filtraat van de banddikker. Filtraat wordt nu volledig behandeld via de conventionele straat om te voorkomen dat in de toekomst nogmaals PE-resten bij de MBR terecht kunnen komen.
- In april 2008 is voor de tweede keer is een langdurige reiniging van 12-14 uur uitgevoerd op de membranen met chloorbleekloog. Het bleek namelijk dat nog niet alle PE-resten uit het actief slib systeem verwijderd was. De PE-resten uit het actief slib systeem zorgden opnieuw voor een verslechtering van de permeabiliteit. In totaal heeft het 3 slibleeftijden geduurd voordat de PE-resten helemaal uit het systeem verdwenen waren (zie ook paragraaf 3.3.6).
- Door terugkerende problemen met de zeef is er in augustus 2008 een optimalisatie uitgevoerd op de trommelzeef. Hierbij is de maaswijdte van het doek vergroot van 0,8 naar 2 mm. Het vergroten van de maaswijdte is op advies van de membraanleverancier gebeurd. Naast het doel om de werking van de zeeftrammel beter te beheersen, is de verwachting dat de extra vervuiling goed behandelbaar is door de membranen en dat door de invoer van de extra reiniging (drain) de toevoer van de membraanmodules goed schoon gehouden kan worden.

- Om verstoppingen van het zandfilter door bladeren te voorkomen is een rooster geplaatst in de afloop van de nabezinktank om de bladeren tegen te houden. Na deze in gebruik te hebben genomen bleek de doorlaat te klein te zijn en is daarom vergroot. Er is overwogen om versnijders voor de pomp te installeren, maar daar is voorlopig nog niet voor gekozen, omdat de verwachting is dat dit een kortere productietijd van het zandfilter tot resultaat heeft. Getracht wordt om met goed beheer het rwzi-terrein goed blad vrij te houden en m.b.v. een rooster de bladeren bij de toevoerpomp weg te houden.
- Door een onbekende lozing is er in december 2008 een daling opgetreden in de flux van de MBR. Op 21 november 2008 is door de procesoperators melding gemaakt van een lozing. Er werd een 'witte waas' op de o.a. de nabezinktank gesignaleerd. Pas weken later vertoonden de membranen een sterke daling in de permeabiliteit. Hierna is onderzoek gestart naar de samenstelling en herkomst van de versturende stof. Dit is tot op heden zonder resultaat gebleven. Door meerdere intensieve (warme) chemische reinigingen uit te voeren is de capaciteit grotendeels hersteld. Het beeld is daarom ook dat het een eenmalige, illegale lozing is geweest. Begin 2009 zijn tevens problemen ontstaan bij het zandfilter. De versturende stof heeft zich ook opgehoopt bij het zandfilter. Daardoor is het zand gaan verkleven en is bij reiniging(en) een deel van het zand uitgespoeld met het spoelwater.

## 3.2 OPSTART

### 3.2.1 INLEIDING

Tijdens de opstart bleek al snel een voordeel van de hybride MBR naar voren te komen. Door het eerst opstarten van het conventionele deel was het grootste deel van de capaciteit al beschikbaar. Voordeel was dat de MBR straat daarna rustig getest en in bedrijf kon worden genomen, terwijl het conventionele deel op de achtergrond in bedrijf was en daarmee de bedrijfszekerheid garandeerde. De MBR is geënt met actief slib (gezeefd) uit de conventionele straat. Nadat in de conventionele zuivering het slib gehalte opgekweekt was tot 6 g/l is er actief slib overgepompt naar de MBR. Er werd via de zeeftrommels gepompt om er zeker van te zijn dat er geen voor de membranen hinderlijke of schadelijke deeltjes overgepompt werden. Om negatieve effecten op de biologie en het functioneren van de membranen te voorkomen is gedurende de opstartfase de slibbelasting constant gehouden en de flux op 40 l/m<sup>2</sup>.h.

In bijlage 2 zijn de analysegegevens ook weergegeven per component.

### 3.2.2 VOORBEHANDELING MBR

Bij het ontwerp en de opstart van de MBR is de voorbehandeling altijd een belangrijk aandachtspunt geweest. "Hoe zorg je er voor dat de membranen niet (onherstelbaar) beschadigd raken?" In Ootmarsum is gekozen voor zeeftrommels met een maaswijdte van 0,8 mm, met als primaire doel mogelijk beschadigende delen (zoals haren) uit het voorbehandelde influent te verwijderen. Haren worden als mogelijk beschadigend gezien, omdat deze in de bioreactor tot een klauwen kunnen overgaan en vervolgens de toevoer van de membranen kunnen verstoppen. Gezien het type membraan bestaat op Ootmarsum overigens geen risico op het samenbinden van membranen door haren, maar is verstopping een reëel gevaar.

Daarom is een praktijktest uitgevoerd met de zeeftrommels voor de 'harendoorlaatbaarheid'.

Het is gebleken dat het heel lastig is om een kwalitatief goede praktijkproef uit te voeren. De problemen die ervaren werden waren:

- Het simuleren van een praktijksituatie
- Meten van de hoeveelheid haar die de zeeftrommels in en uit gaat

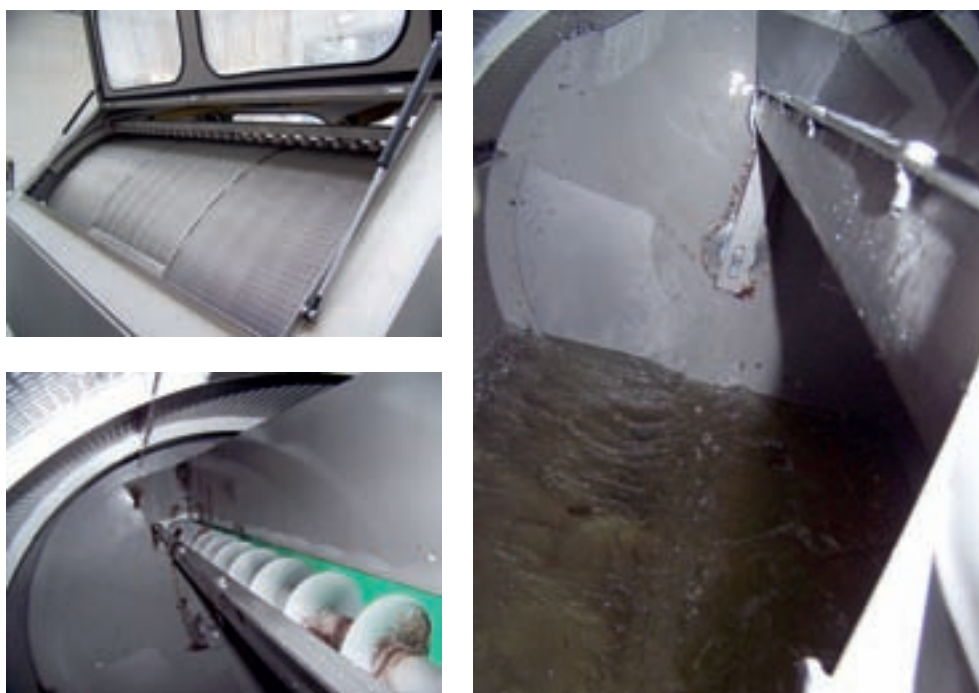
In de praktijk bevinden de haren zich in het influent. Om een goede meting uit te kunnen voeren is er voor gekozen om de haren niet met influent maar met schoon water te vermengen, zodat zichtbaar was wat er gebeurde met de haren. Er is wel een poging gedaan om de haren met de toevoerpomp uit het bufferbezinkbassin aan de zeeftrommel toe te voeren. Dit bleek niet te werken, omdat de haren te kort in contact waren geweest met water en bleven drijven.

De haren die gebruikt zijn voor de proef zijn vooraf exact afgewogen. De toevoer was op dat moment duidelijk in beeld. De afvoer was niet goed te monitoren, omdat het hier een praktijkproef op locatie betrof, en de afvoer van de zeeftrommel naar de MBR was een afgesloten leiding. De afvoer van het zeefgoed is wel afgekoppeld, maar tijdens de proef bleek dat de gebruikte haren overal bleven plakken. Het was daardoor niet mogelijk om een goede hoeveelheidsmeting uit te voeren.

Uiteindelijk zijn haren rechtstreeks in de zeeftrommel ingevoerd en heeft het apparaat op schoon water gedraaid. Nu was het zichtbaar dat vrijwel geen enkele haar door de zeef ging, maar dat ze werden afgevoerd via het zeefgoed. Daar komt bij dat de verwachting is dat de zevende werking nog beter zal zijn als de haren samen met influent in de zeeftrommel worden behandeld. De proef is uiteindelijk als geslaagd beschouwd.

FIGUUR 10

FOTO-IMPRESSIE VAN HAARPROEF BIJ ZEEFTROMMEL

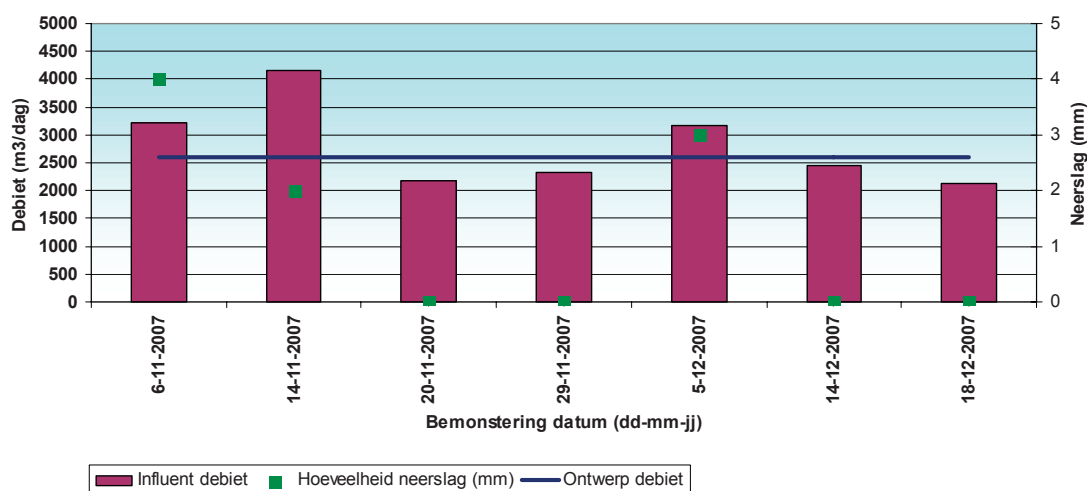


### 3.2.3 BEHANDELD AFVALWATER

In het ontwerp is rekening gehouden met een seizoensgebonden aanvoer van influent. De verwachting was dat 's zomers en 's winters bij DWA een gelijke hydraulische belasting zal worden waargenomen. 's Zomers wordt meer biologische belasting aangevoerd, door de aanwezigheid van toeristen op de vele campinglocaties. 's Winters blijft de hydraulische belasting hoog door de verhoogde aanvoer van dun water.

In figuur 11 is het verloop van het influent debiet ( $\text{m}^3/\text{dag}$ ) gepresenteerd in de periode vanaf de opstart tot en met december 2007, ten tijde van bemonsteringen. Gemiddeld is er tijdens deze bemonsteringen een volumestroom behandeld van  $2.806 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Tijdens de 4 DWA-bemonsteringen is gemiddeld  $2.273 \text{ m}^3/\text{dag}$  behandeld. Dit valt binnen de geprognosticeerde hydraulische belasting voor het jaar 2020 ( $2.600 \text{ m}^3/\text{dag}$  bij DWA).

FIGUUR 11 INFLUENTDEBIET BEMONSTERINGEN TIJDENS OPSTART



### 3.2.4 PRESTATIES PROCESONDERDELEN HYBRIDE-MBR

Op verschillende plaatsen in de zuivering is de samenstelling van het afvalwater bepaald. Meetpunten zijn: influent, toevoer MBR, afloop nabezinktank, afvoer zandfilter, afvoer MBR en totaal effluent. De monsters zijn verkregen door zowel 24-uurs bemonstering als steekmonsternamen. Tijdens de opstartperiode waren een aantal bemonsteringpunten kwalitatief nog niet in orde. Dit resulteerde in steekmonsters in plaats van 24-uursmonsters of verkeerd aangestuurde debietproportionele bemonstering.

Tijdens de opstart bleek het niet mogelijk om de toevoer MBR te monitoren. De debietmeting in deze leiding bleek onjuist, omdat de leiding bij DWA niet geheel gevuld werd. Daardoor ontstonden onbetrouwbare debietmetingen en werd de monsternamen onjuist aangestuurd. Omdat het monster uit een afgesloten leiding wordt gehaald zijn ook geen steekmonsters geanalyseerd.

#### NABEZINKTANK

In figuur 12 worden van verschillende parameters de effluentwaarden gepresenteerd van de conventionele straat in de afloop van de nabezinktank. Bij de nabezinktank was de 24-uurs monsternamen niet mogelijk, omdat de debietmeter foutieve waarden weergaf. Dit kwam doordat de leiding tussen de nabezinktank en het zandfilter (gedeeltelijk) leeg kwam te staan. De steekmonsters laten (momentaan) wel een positief beeld zien van het conventionele zuiveringsproces, alleen de fosfaatverwijdering blijft wat achter. Deze effluentwaarde is

behaald enkel op basis van biologische fosfaatverwijdering, er is geen chemische fosfaatverwijdering toegepast. Aangezien de oude rwzi niet uitgelegd was voor biologische fosfaatverwijdering (geen anaërobe zone) zal de biologische fosfaatverwijdering tijd nodig hebben gehad om op gang te komen.

De N-totaal concentraties die worden behaald in december 2007 zijn goed, maar door hoge nitraatconcentraties is de verwachting dat deze lager kan zijn. De oorzaak is de overbeluchting van de nitrificatiezones in de zuiveringen. De totale rwzi vroeg minder zuurstof dan de minimaal instelbare stand van 1 blower. Hierdoor werd het zuurstofsetpoint overschreden en was er onvoldoende ruimte voor denitrificatie. Helaas kan de zuurstof toevoer niet verder verlaagd worden door intermitterend te beluchten wegens kans op verstopping van de beluchtingbuizen.

Later is een aanpassing gemaakt aan het gemeenschappelijke headersysteem van de gehele rwzi. Er is een noodaflaat gerealiseerd en de afstelling van de minimale kleppenstand is naar beneden bijgesteld. Als nu plotseling de zuurstof vraag vermindert (bijvoorbeeld door uitval membraanbeluchting) en overdruk op het headersysteem dreigt, dan gaat de noodaflaat open. Deze aanpassing moet lagere N-totaal concentraties tot gevolg hebben.

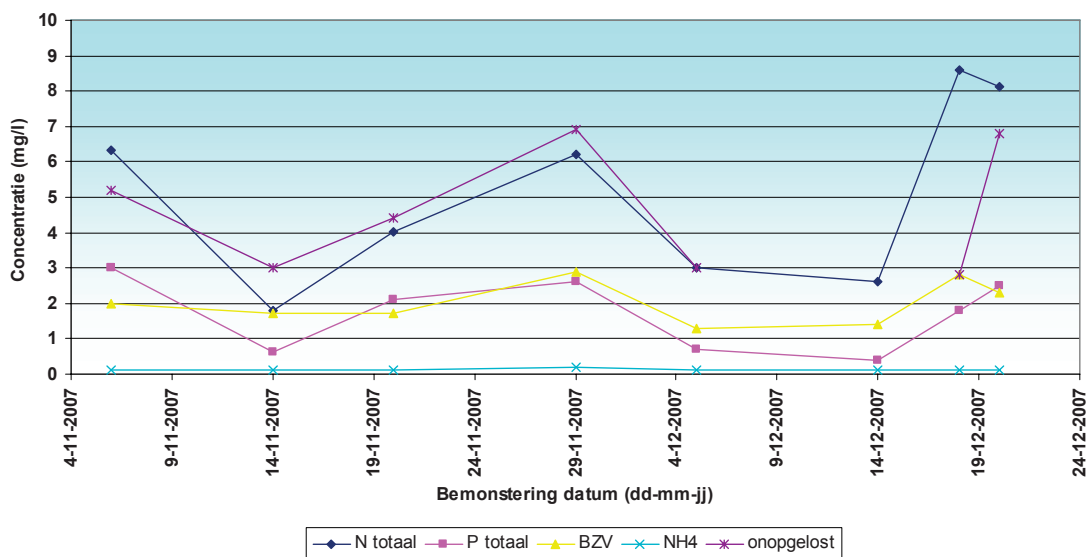
In tabel 8 staan de gemiddelde concentraties in deze periode gepresenteerd.

TABEL 8

CONCENTRATIES AFLOOP NABEZINKTANK TIJDENS OPSTART

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)
N-totaal	5,1
P-totaal	1,7
BZV	2,0
NH <sub>4</sub> -N	< 0,1
Onopgeloste bestanddelen	6,9

FIGUUR 12 EFFLUENTWAARDEN NABEZINKTANK OPSTARTPERIODE



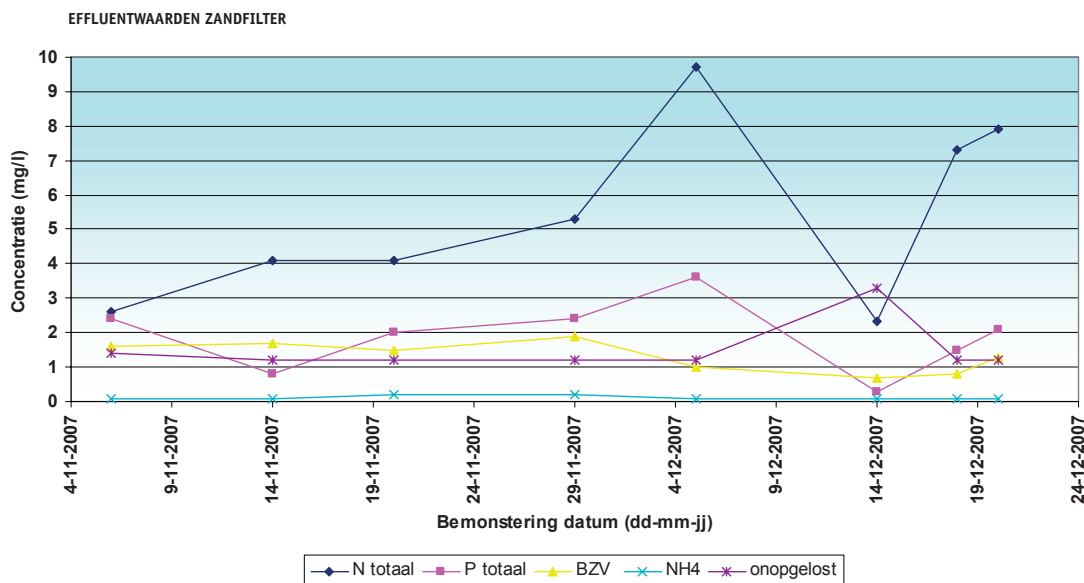
### ZANDFILTER

In figuur 13 zijn de effluentwaarden na het zandfilter gepresenteerd. De afvoer van het zandfilter is bemonsterd met een 24-uurs debietproportionele monsternam. Er is nauwelijks een vergelijk te maken met de toevoer van het zandfilter (afloop nabezinktank), omdat deze uit steekmonsters bestaat. Duidelijk is dat het doel om nog een deel van de laatste fractie onopgeloste bestanddelen weg te filteren, zonder aanvullende ijzerdosering wordt gehaald. Bij 6 van de 8 bemonsteringen liggen de concentraties ammonium (< 0,1 mg/l) en onopgeloste bestanddelen (< 1,2 mg/l) onder de detectiegrens. Het beeld bij de biologische fosfaatverwijdering is reeds beschreven bij de afloop nabezinktank. In tabel 9 staan de gemiddelde concentraties in deze periode gepresenteerd.

TABEL 9 CONCENTRATIES AFVOER ZANDFILTER TIJDENS OPSTART

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)
N-totaal	5,4
P-totaal	1,9
BZV	1,3
NH <sub>4</sub> -N	< 0,1
Onopgeloste bestanddelen	< 1,2

FIGUUR 13



### MEMBRAANBIOREACTOR

In figuur 14 zijn de effluentwaarden van de MBR straat gepresenteerd. Het effluent van de MBR is bemonsterd met een 24-uurs debietproportionele monsternam. De concentratie onopgeloste stof ligt altijd lager dan de detectiegrens (< 1,2 mg/l). De eerste bemonstering is wel een waarde van 1,4 mg/l gemeten, maar is later afgekeurd omdat het monsternam niet schoon gemaakt was. De ammoniumconcentratie ligt telkens op of onder de detectiegrens (< 0,1 mg/l).

In tabel 10 staan de gemiddelde concentraties in deze periode gepresenteerd. Het beeld van de zuiveringprocessen vertoont verder eenzelfde beeld als bij de conventionele zuivering.

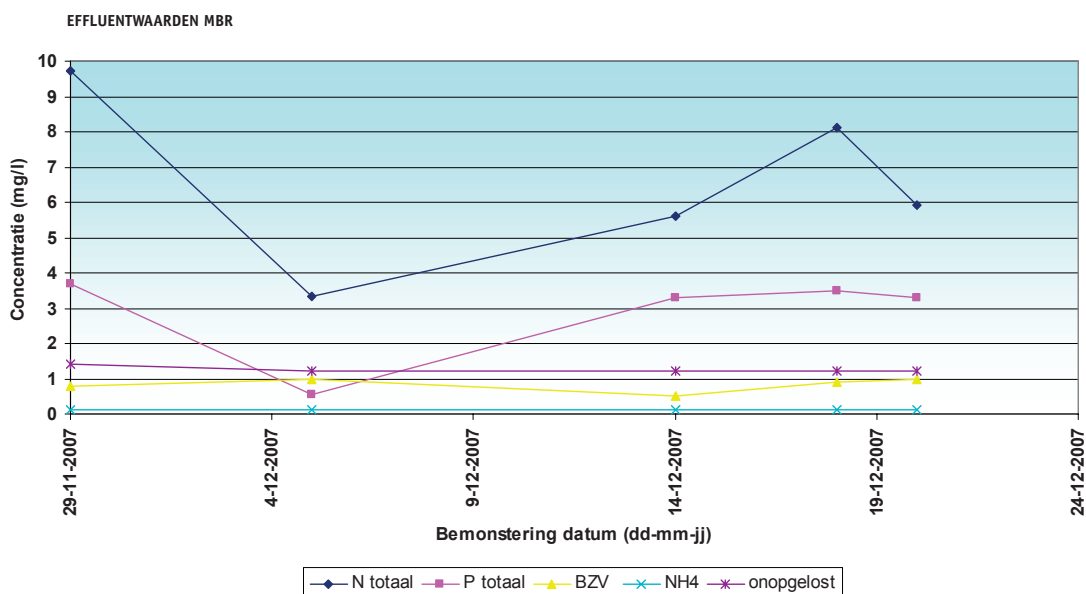
TABEL 10

CONCENTRATIES AFVOER MBR TIJDENS OPSTART

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)
N-totaal	6,5
P-totaal	2,9
BZV	0,8
NH <sub>4</sub> -N	< 0,1
Onopgeloste bestanddelen	< 1,2



FIGUUR 14



### HYBRIDE-MBR TOTAAL

Het totale effluent bestaat uit het effluent van de MBR, de afvoer van het zandfilter en de by-pass van het zandfilter. Het totale effluent is bemonsterd met een 24-uurs debietproportionele monsternamen. De resultaten hiervan zijn getoond in figuur 15. De zuiveringprocessen laten bij zowel de conventionele als de MBR straat vergelijkbare resultaten zien. Vanzelfsprekend wordt dit beeld weerspiegeld door de kwaliteit van het totaal effluent. In deze periode is de effluentmonsternamen nog aangestuurd door de influentdebietmeting, de effluentdebietmeter is pas later geplaatst. In tabel 11 staan de gemiddelde concentraties in deze periode gepresenteerd. Alleen bij de laatste bemonstering is de concentratie onopgeloste bestanddelen boven de detectiegrens (< 1,2 mg/l). De ammoniumconcentratie ligt telkens op of onder de detectiegrens (< 0,1 mg/l).

Ter informatie zijn in deze tabel de huidige eisen en de eisen vanaf de ombouw toegevoegd. Ook al gaat het een vergelijking met jaargemiddelden, de zuivering voldoet tijdens de opstart al voor een groot deel aan de eisen na ombouw.

Tijdens de ombouw van de oude zuivering en de opstart van de nieuwe zuivering heeft de rwzi in 2007 altijd aan de toen geldende WVO-vergunning voldaan.

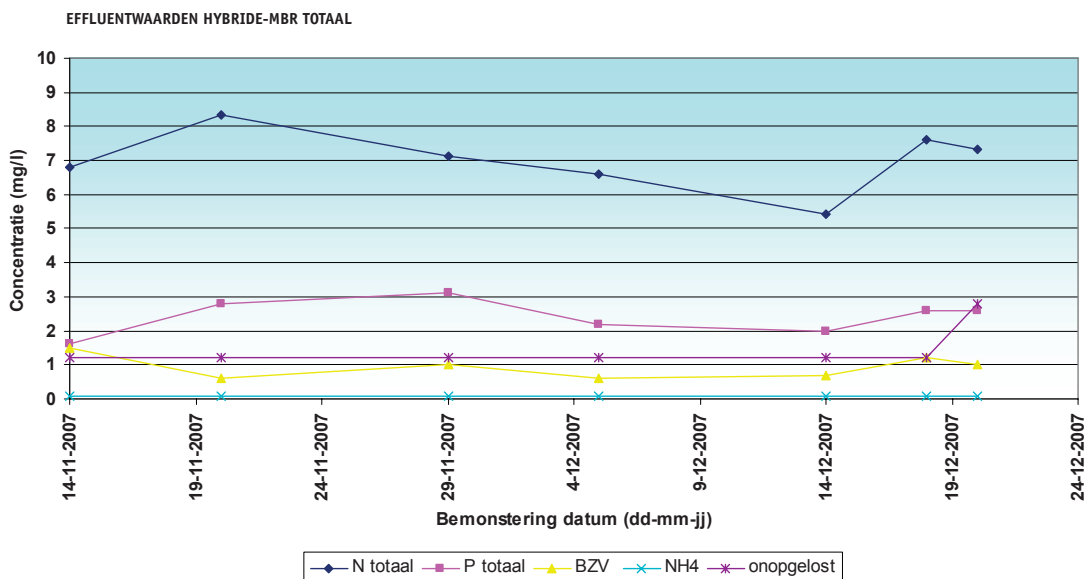
TABEL 11

CONCENTRATIES TOTAAL EFFLUENT TIJDENS OPSTART

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)	Oude eis jaargemiddeld (mg/l)	Eis vanaf ombouw jaargem. (mg/l)
N-totaal	7,0	15	10
P-totaal	2,4	3,5	1
BZV	0,9	10	5
NH <sub>4</sub> -N	< 0,1	-	1*
Onopgeloste bestanddelen	< 1,2	10	5

\* Wintergemiddelde

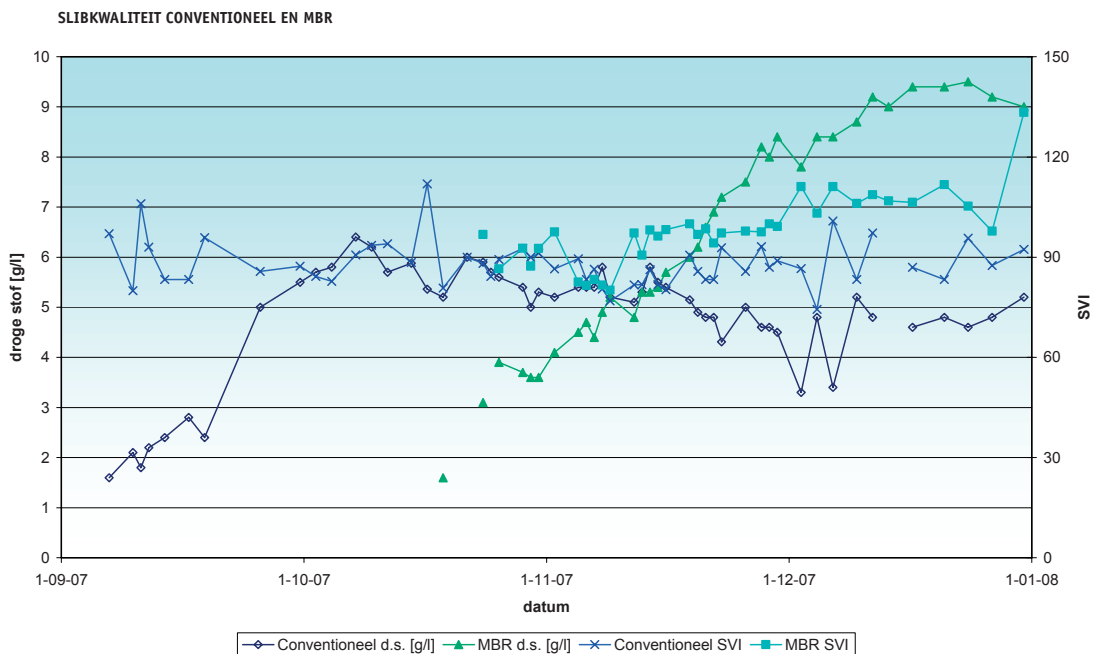
FIGUUR 15



### 3.2.5 SVI EN DROGE STOF CONCENTRATIE

Tijdens de opstart is de SVI veelvuldig bepaald. In figuur 16 staat een trend van zowel de conventionele als de MBR zuivering. Op het moment dat het actief slib uit de oude zuivering overgepompt was naar de nieuwe conventionele installatie bedroeg de concentratie 1,6 g/l en had het een SVI van circa 90 ml/g. Gedurende de opstart is de SVI in de conventionele zuivering stabiel gebleven. De droge stof loopt op, omdat extra actief slib is gekweekt voor de opstart van de MBR zuivering. Op het moment dat de MBR opgestart kon worden was de concentratie in de conventioneel circa 6 g/l.

FIGUUR 16



Bij enting van de MBR lag de SVI rond de 90 ml/g. Deze is daarna gestegen tot ongeveer 105, maar daarna wel stabiel gebleven. De MBR is geënt met slib uit de conventionele installatie en de concentratie was in het begin minder dan 2 g/l. Door de installatie geleidelijk te voeden is in december van 2007 de streefconcentratie van 10 g/l bereikt. Daarna is begonnen met het

afvoeren van surplusslib om het slibgehalte constant te houden, uiteindelijk is de drogestof concentratie gestabiliseerd op ongeveer 12 g/l.

Voordat het slib wordt afgevoerd wordt het eerst over een zeeband geleid waarbij polymeer wordt gedoseerd en het slib wordt ingedikt. Hierdoor hoeft later geen water meer afgelaten te worden, waardoor de afgifte van fosfaat wordt tegengegaan.

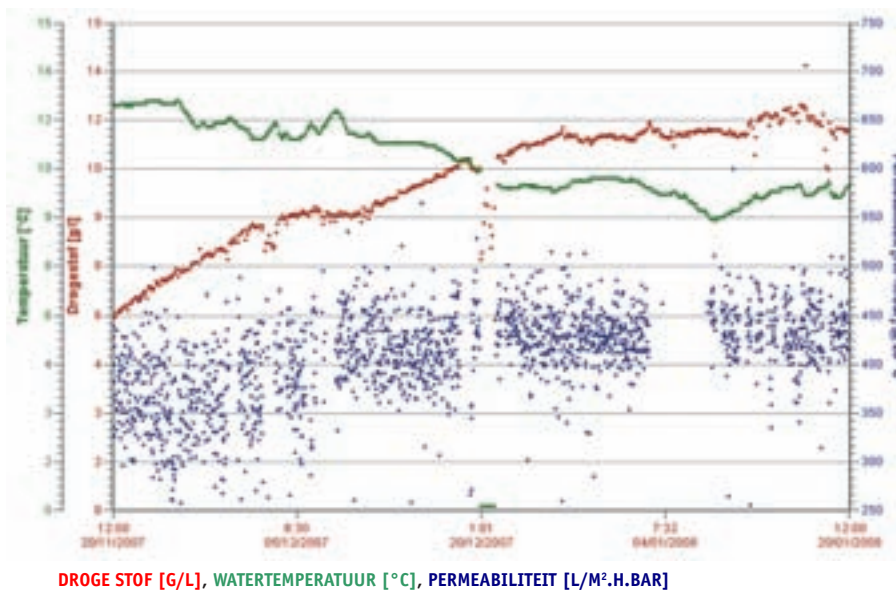
### 3.2.6 PRESTATIES MEMBRANEN

#### ONTWIKKELING PERMEABILITEIT

Na het opstarten van de MBR in oktober 2007 hebben de 6 afzonderlijke membraanextractie-eenheden stabiel gefunctioneerd. Tijdens de slibgroei nam de permeabiliteit van de membranen toe van ongeveer 350 tot ongeveer 425 l/m<sup>2</sup>.h.bar, zie figuur 17. Hier is de permeabiliteit in l/m<sup>2</sup>.h.bar (de hoeveelheid water die wordt onttrokken per m<sup>2</sup> membraanoppervlak afhankelijk van de druk die daar voor nodig is gecorrigeerd voor 20°C) uitgezet tegen de tijd. Een betere membraanperformance wordt mede gerealiseerd door een hogere permeabiliteit. De permeabiliteit van de units tijdens de opstartperiode ligt rond de 300-500 l/m<sup>2</sup>.h.bar. Gedurende de opstartperiode was het niet nodig om de membranen chemisch te reinigen en vanaf midden december 2007 is de permeabiliteit van de membranen vrijwel constant.

FIGUUR 17

VERLOOP PERMEABILITEIT OPSTARTFASE TEN OPZICHTE VAN DE TEMPERatuur EN HET DROGESTOFGEHALTE



#### ONTWIKKELING FLUX

De Flux is de hoeveelheid permeaat die per tijdseenheid door het membraanoppervlak wordt geleid in l/m<sup>2</sup>.h, en houdt verband met de permeabiliteit in l/m<sup>2</sup>.h.bar. Gedurende de opstart is bij DWA gedraaid met een gemiddelde flux van 50 l/m<sup>2</sup>.h en bij RWA met een flux van 65 l/m<sup>2</sup>.h. Er zijn enkele testen uitgevoerd om de membranen met een hogere flux te belasten. Dit bleek mogelijk, maar is niet gewenst. Ook zijn er testen geweest om bij DWA met 1, 2 of 3 eenheden te draaien, afhankelijk van de hoogte van de flux. Bij een hogere standaard flux bij DWA zijn minder eenheden tegelijk nodig en wordt er minder belucht actief slib teruggevoerd naar de aërobe zone. Dit was van belang vanwege de overbeluchting in de aërobe zone. In bijlage 4 staan grafieken met de fluxen gedurende de opstart over de membranen gegeven.

### ONTWIKKELING TRANSMEMBRAANDRUK

De Transmembraandruk (TMP) is de drukval over het membraan, tussen de zijde van het actiefslib en de permeaat zijde. Het is de drijvende kracht voor de filtratie en is de verbindende factor tussen de permeabiliteit en de flux. Ook negatieve TMP's kunnen voorkomen, dit gebeurt bijvoorbeeld gedurende een reinigingsprocedure wanneer permeaat in tegengestelde richting door de membranen gestuurd wordt. Een TMP van 0 geeft aan dat de eenheid op dat moment buiten bedrijf is.

Gedurende de opstart was de TMP voor de in bedrijf zijnde eenheden ongeveer 0,10 tot 0,15 bar (vergelijk met de permeabiliteit en de flux, zie ook bijlage 4 voor grafieken). Ook voor de TMP geldt dat deze zich voor alle 6 eenheden op een eenduidige manier ontwikkelde gedurende de opstartperiode.

## 3.3 RESULTATEN PARALLEL BEDRIJF

### 3.3.1 INLEIDING

Navolgend worden de resultaten van de bedrijfsvoering na de opstart besproken. In tegenstelling tot de hybride-MBR Heenvliet kunnen de zuiveringstraten in Ootmarsum niet in serie geschakeld worden, maar zullen ze altijd parallel in bedrijf zijn.

In bijlage 3 zijn de analysegegevens ook weergegeven per component.

### 3.3.2 AANPASSING VOORBEHANDELING MBR

Voornamelijk in het begin van RWA bleek dat de trommelzeven regelmatig verstopt raakten. Gedurende start van RWA (vooral na een lange droge periode) wordt het rioolstelsel schoon gespoeld met als gevolg dat er in korte tijd een hoge mate van vervuiling op de rwzi aankomt. De capaciteit van de zeven bleek in enkele gevallen onvoldoende om de vervuiling, vooral haren en plastics, die via de buffertank werd aangevoerd te verwerken. De mate van vervuiling van de zeven wordt in de situatie van Ootmarsum versterkt omdat het afvalwater voor de MBR uit de slibzak van de bufferbezinktank wordt onttrokken. Gedurende de start van RWA betekent dit dat vrijwel alle bezinkbare delen in het afvalwater door de fijnzeef moeten worden verwijderd. De capaciteit van de trommelzeven bleek (bij een perforatie van 0,8 mm) hiervoor in enkele situaties onvoldoende te zijn.

De consequentie was dat er vanuit beheer veel aandacht nodig bleek voor bedrijfsvoering van de trommelzeven. Mede omdat de geïntroduceerde drain reiniging goed bleek te werken, is besloten een praktijktest uit te voeren door de perforatie te vergroten van 0,8 mm naar 2 mm. Vervolgens is de bodemdruk bij de membranen gemonitord. Hiervan is geen toename geconstateerd in de maanden na de omschakeling van de zeef. Ondanks het feit dat nu meer vervuiling wordt doorgelaten, is er geen negatieve invloed op de prestaties van de membranen geconstateerd. De reden hiervoor is dat de koppen van de modules gedurende een drain steeds zeer effectief worden gereinigd.

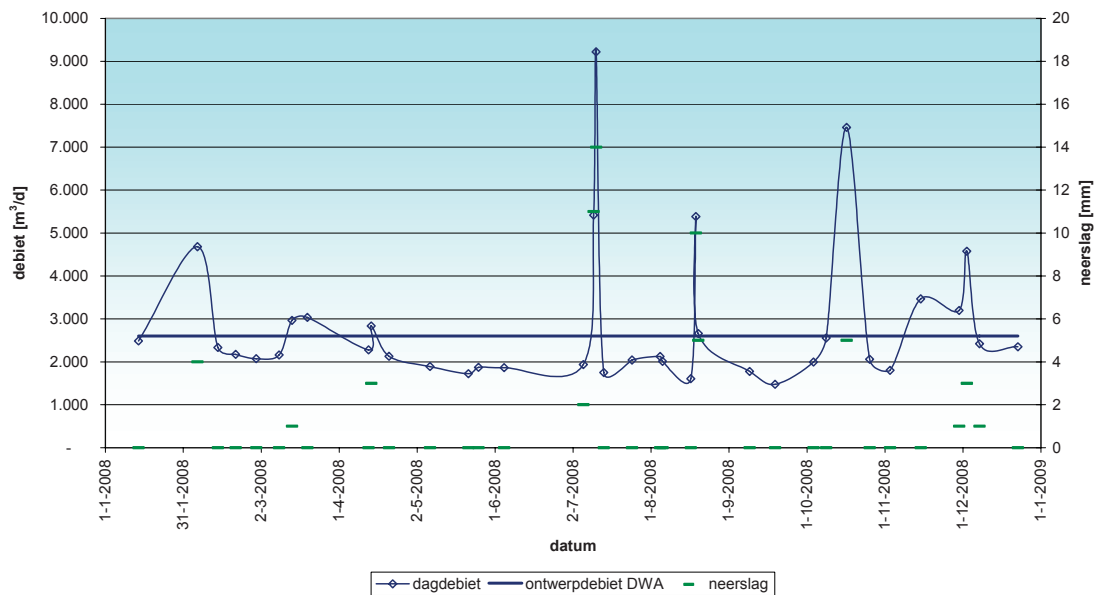
Verder is gebleken dat de deeltjes in het drainwater vaak veel groter waren dan 2 mm. Het vermoeden bestaat dat in de biologische deeltjes kunnen ontstaan (samenklonteren, aanhechten etc) die groter zijn dan 2 mm. Deze deeltjes worden door de zeef met een perforatie van 2 mm effectief verwijderd. Voor en tijdens de proef met een perforatie van 2 mm is de samenstelling en de hoeveelheid drain materiaal helaas niet bepaald. Wel is geconstateerd dat het volume van de bestaande draintank, de capaciteit van de drainpomp en de hydraulische capaciteit van de trommelzeven voldoende is.

Door de introductie van de grotere perforatie is de tijd die de operators nodig hebben om te zorgen voor een stabiele bedrijfsvoering van de trommelzeven significant gereduceerd. De operators ervaren nu niet meer dat de zeven extra aandacht behoeven bijvoorbeeld ten opzichte van de stappenroosters. Bij de opstart van de MBR was de gemiddelde tijdsbesteding voor de zeven circa 4 uur per dag, na de aanpassing van de perforatie is de gemiddelde tijdsbesteding 4 uur per week.

### 3.3.3 BEHANDELD AFVALWATER

In figuur 18 is het verloop van het totale influent debiet gepresenteerd voor de bemonsteringdagen in de periode vanaf januari tot en met december 2008, daarbij is tevens de gemeten neerslag weergegeven.

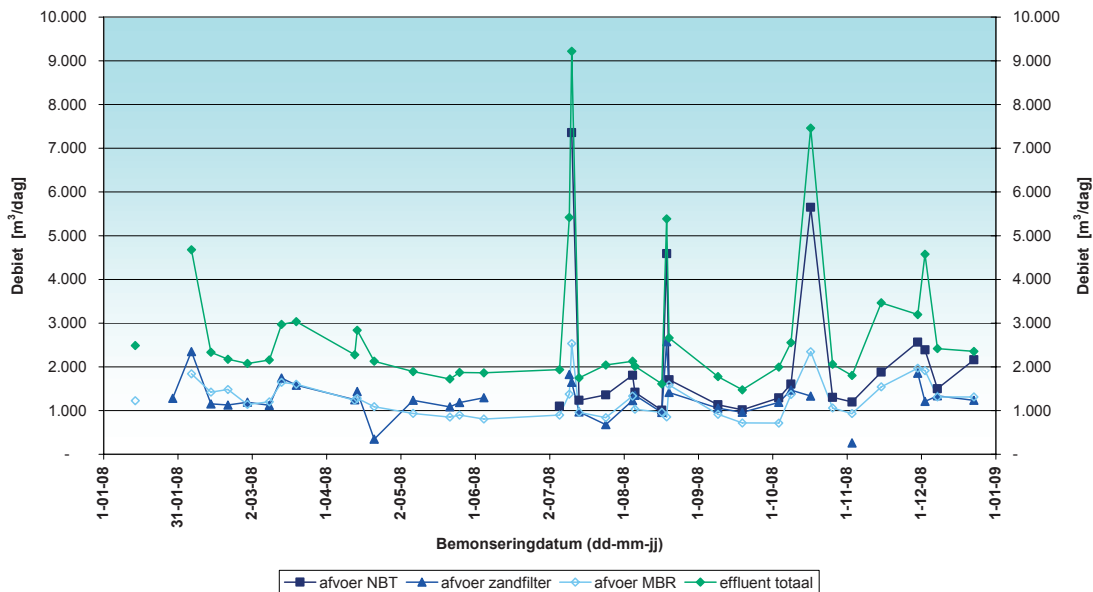
FIGUUR 18 TOTAAL INFLUENT DEBIET RWZI OOTMARSUM



Het debiet waarop de zuivering bij DWA is gedimensioneerd is 2.600 m<sup>3</sup>/dag. De gemiddelde dagaanvoer bij DWA bedraagt circa 2.122 m<sup>3</sup>/dag. Het gemiddelde over alle bemonstering dagen is 2.860 m<sup>3</sup>/dag.

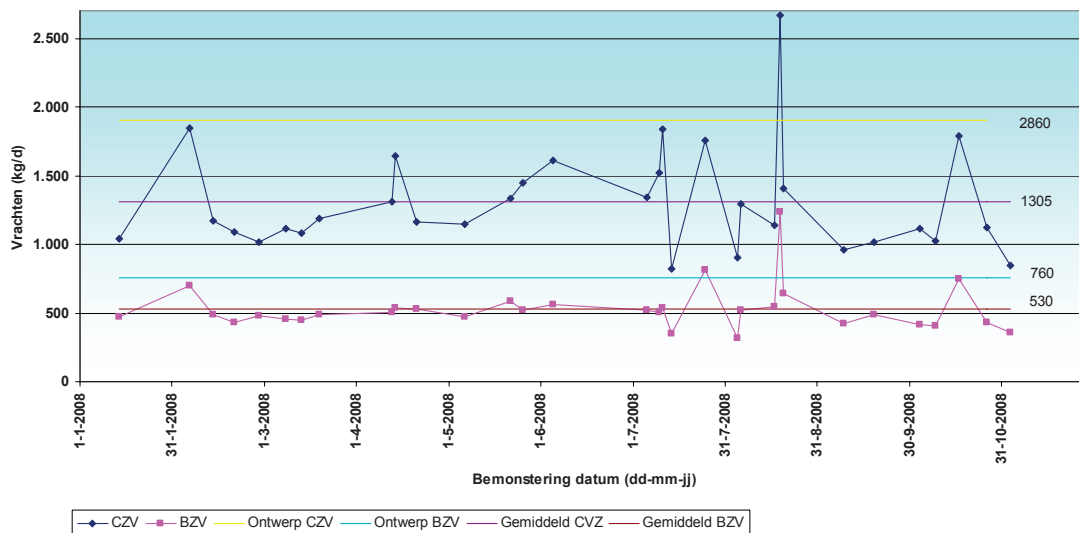
In figuur 19 zijn de debieten per dag gegeven over de verschillende proces onderdelen. Duidelijk wordt dat bij DWA de debieten over de MBR, de nabezinktank en het zandfilter dicht bij elkaar liggen. Gedurende RWA neemt het debiet over het zandfilter en de MBR weinig toe, duidelijk is dat de conventionele installatie dan hydraulisch veel zwaarder wordt belast en dat de bypass over het zandfilter actief is.

FIGUUR 19 EFFLUENTKWANTITEIT VAN DE VERSCHILLENDE ONDERDELEN

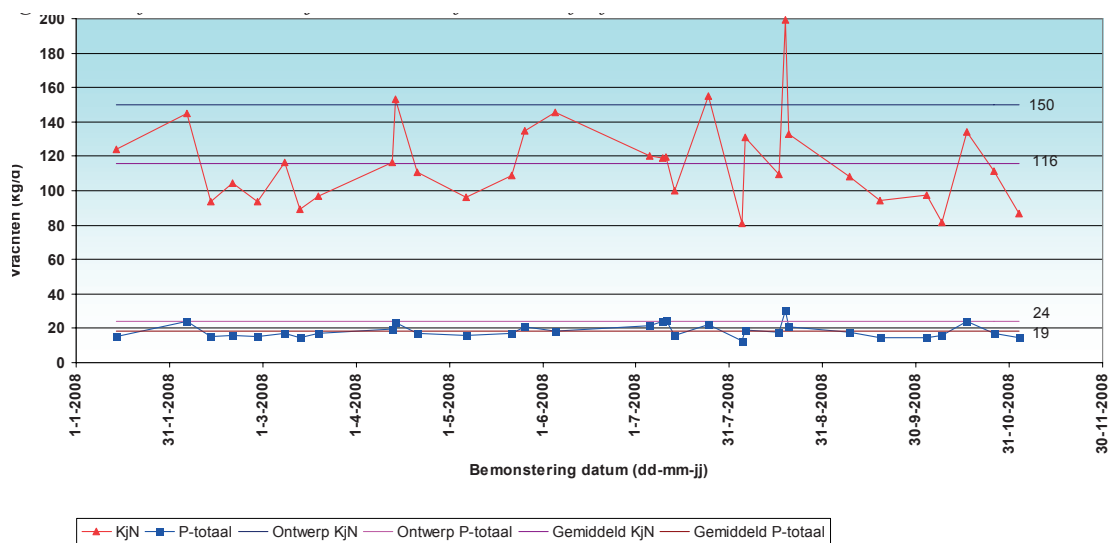


In figuur 20 en 21 wordt een overzicht gegeven van een aantal parameters (CZV, BZV, N-Kj, en P-Totaal) die zijn gemeten in het influent van de hybride zuivering weergegeven in vrachten (kg/d) (debiet proportionele monsternamen).

FIGUUR 20 INFLUENT VRACHT RWZI, CZV EN BZV



FIGUUR 21 INFLUENT VRACHT, KJELDAHL STIKSTOF EN TOTAAL FOSFOR



De rwzi is in 2008 voor de verschillende parameters gemiddeld 70-80% belast, in relatie met de geprognosticeerde waarden voor 2020. Dit komt overeen met de aanname dat de vrachten in de toekomst zullen stijgen en dat de aanvoer van afvalwater gelijk zal blijven als gevolg van optimalisaties in het rioolstelsel.

De verdeling van de vracht over de twee verschillende straten is door de overstort in de bufferbezinktank en het afvoeren van roostergoed van de zeeftrommels van de MBR straat naar de conventionele straat niet altijd gelijk. Er is in het ontwerp voor gekozen om de toevoer van de MBR te meten, en daarmee de toevoer van de conventioneel terug te rekenen. Deze meting is vanwege onjuiste debietmeting (inmiddels opgelost) en een onverwachte retourstroom onbetrouwbaar. De totale vrachten zijn daarom handmatig teruggerekend op basis van het gemeten effluentdebiet van de MBR. De verdeling van de vrachten over de 2 straten in het jaar 2008 is gegeven in tabel 12.

TABEL 12 GEMIDDELTE INFLUENT VERDELING

	Debiet (m <sup>3</sup> /d)	BZV (kg/d)	CZV (kg/d)	P-totaal (kg/d)	NKj (kg/d)	IE (54 g BZV)
Ontwerp 2020		760	1.900	24	150	14.000
Totaal gemeten 2008	2860	526	1.290	18,3	115	9.740
Conventionele straat	1586	281	691	9,7	61	5.194
MBR straat	1274	246	600	8,6	54	4.546

De verdeling over de straten spreekt voor zich, gemiddeld is de toevoer naar de conventionele straat iets groter wegens de zwaardere belasting bij RWA en de afvoer van het roostergoed van de voorbehandeling van de MBR straat naar de conventionele straat.

### 3.3.4 PRESTATIES PROCESONDERDELEN HYBRIDE-MBR

#### NABEZINKTANK

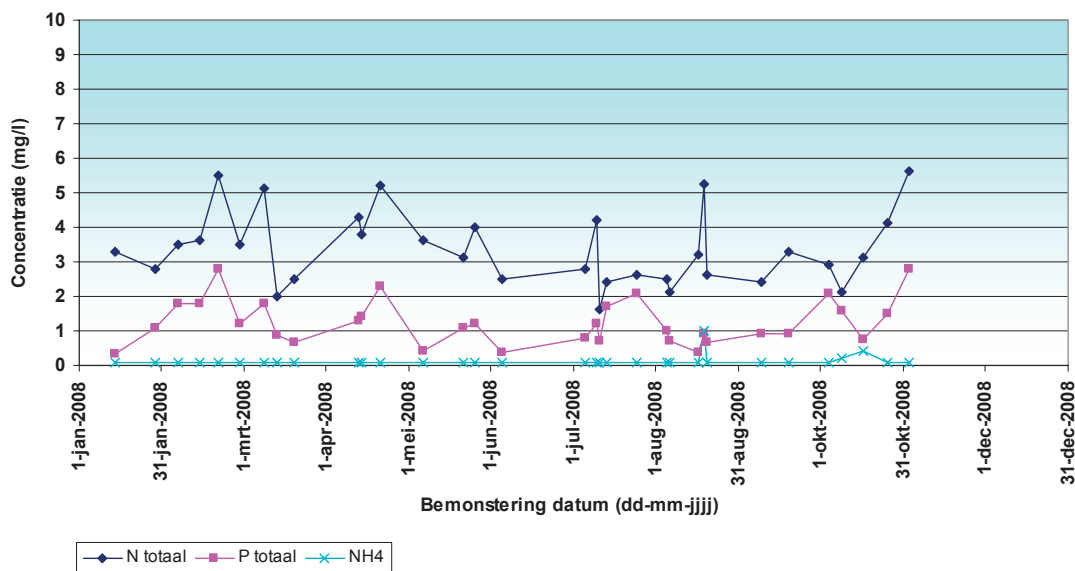
In figuur 22 en 23 worden van verschillende parameters de effluentwaarden gepresenteerd van de conventionele straat in de afloop van de nabezinktank. Bij de nabezinktank was de 24-uurs monsternamen begin 2008 niet mogelijk, vanaf augustus 2008 functioneerde deze echter goed. Hiervoor is de monsternamen door steekmonsters vervangen.

Het ammonium gehalte blijft gedurende het jaar stabiel, gemiddeld 0,1 mg/l met een enkele uitschieter in de maand augustus. Dit komt door storing in de beluchting, waardoor te weinig is belucht. De verwachting is dat de stikstofverwijdering nog verder geoptimaliseerd kan worden als de optimalisatie in de beluchting is doorgevoerd. De noodafblaas is in december 2008 geïnstalleerd. Desondanks wordt een goed resultaat voor de totale stikstofverwijdering behaald in de conventionele zuivering. Ook de biologische fosfaatverwijdering loopt redelijk goed. De grenzen voor de nutriëntenverwijdering zijn echter nog niet bereikt. In tabel 13 staan de gemiddelde concentraties in deze periode gepresenteerd.

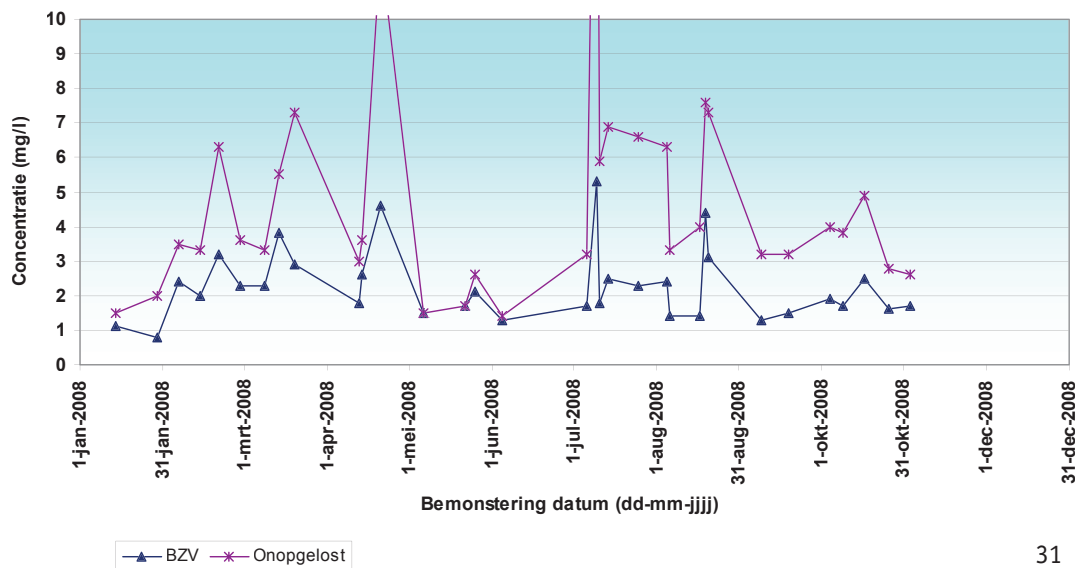
TABEL 13 CONCENTRATIES AFLOOP NABEZINKTANK, IN PARALLELLEDRIEF

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)
N-totaal	3,6
P-totaal	1,3
BZV	2,3
NH <sub>4</sub> -N	0,1
Onopgeloste bestanddelen	4,8

FIGUUR 22 EFFLUENT CONCENTRATIES AFVOER NABEZINKTANK



FIGUUR 23 EFFLUENT CONCENTRATIES AFVOER NABEZINKTANK





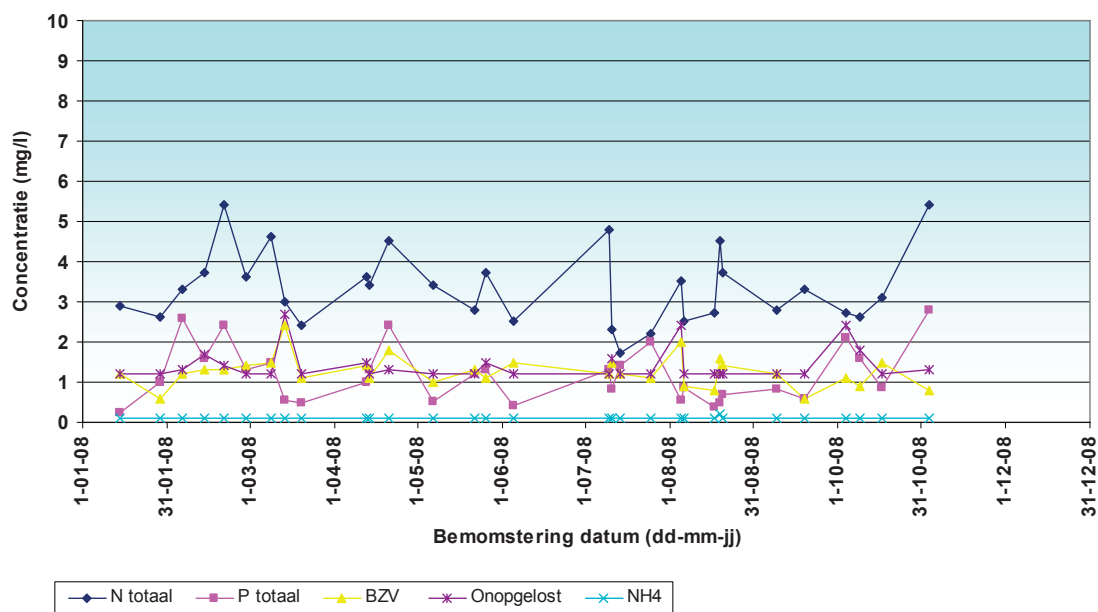
## ZANDFILTER

In figuur 24 worden van verschillende parameters de effluentwaarden gepresenteerd van de zandfiltratie. Gemiddeld wordt er over de gehele periode een vergelijkbaar resultaat gehaald in de stikstofverwijdering. Voor het fosfaat gehalte wordt er gemiddeld een iets lagere waarde gemeten. Het verschil in de stikstof en fosfaatconcentraties bij een vergelijking met de afloop nabezinktank zijn veelal toe te wijzen aan verschil in monsternamen (steek/24-uur). Tevens zal er iets fosfaat gebonden zijn aan de fractie onopgeloste bestanddelen die in het zandfilter wordt verwijderd. De BZV-concentratie laat ten opzichte van de afloop nabezinktank een beeld zien dat vergelijkbaar is met de afname van de laatste delen onopgeloste bestanddelen. Onopgeloste bestanddelen worden verregaand verwijderd tot onder de detectiegrens (< 1,2 mg/l). In tabel 14 staan de gemiddelde concentraties van 2008 gepresenteerd.

TABEL 14 CONCENTRATIES AFVOER ZANDFILTER, IN PARALLELLEDRIJF

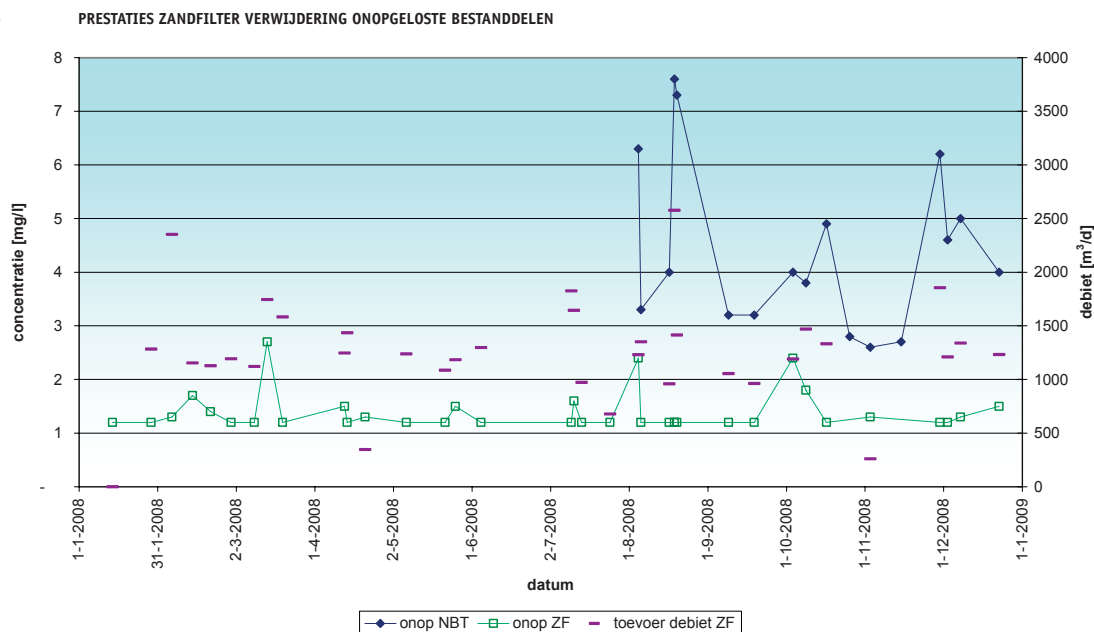
Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)
N-totaal	3,6
P-totaal	1,2
BZV	1,3
NH <sub>4</sub> -N	0,1
Onopgeloste bestanddelen	< 1,2

FIGUUR 24 EFFLUENT CONCENTRATIES AFVOER ZANDFILTER



Het hoofddoel van het zandfilter is de aanvullende verwijdering van onopgeloste bestanddelen uit het water afkomstig van de nabezinktank. De gemiddelde concentraties geven aan dat dit goed lukt. In figuur 25 is dit effect grafisch weergegeven. De detectiegrens geeft wel een iets vertekend beeld.

FIGUUR 25



### MEMBRAANBIOREACTOR

In figuur 26 zijn de effluentwaarden van de MBR straat gepresenteerd. Het effluent van de MBR is bemonsterd met een 24-uurs debietproportionele monsternam. Over het algemeen functioneert de MBR zuivering goed. De stikstofverwijdering is in de zomermaanden naar wens. De verwijdering van onopgeloste bestanddelen is uitstekend, deze liggen in het effluent altijd onder de detectielimiet ( $< 1,2$  mg/l). De fosfaatverwijdering is nog niet op peil maar er is mogelijk ruimte voor een betere biologische fosfaatverwijdering. Daarbovenop kan er, indien nodig, extra fosfaat gebonden worden door middel van dosering van chemicaliën. De verwachting is dat de nitraatconcentratie nog verder verlaagd kan worden als de optimalisatie in de beluchting is doorgevoerd. Nu heeft de MBR met name in de winter last van de relatief hoge aanvoer van dun water. Bij de membranen wordt dan in verhouding veel water behandeld (en dus belucht) terwijl er in verhouding minder biologische belasting is op dat moment.

Voor de uitschieter van fosfaat in oktober is geen verklaring. Het is heel vreemd dat deze piek alleen bij de MBR wordt waargenomen. Een eventuele meetfout is niet waarschijnlijk, omdat zowel het opgelost- als het totaal fosfaat hoog is en ook het totaal effluent een verhoogde concentratie fosfaat laat zien. Het beeld van de zuiveringprocessen vertoont verder eenzelfde beeld als bij de conventionele zuivering.

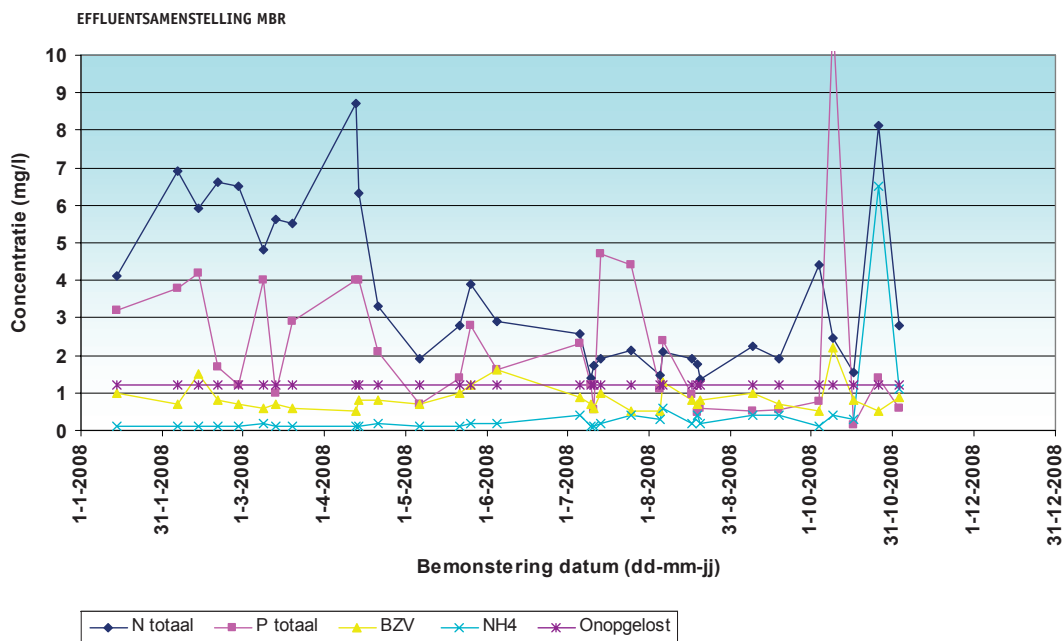
In tabel 15 staan de gemiddelde concentraties van 2008 gepresenteerd.

TABEL 15

CONCENTRATIES EFFLUENT MBR, IN PARALLELLEDRIJF

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)
N-totaal	3,6
P-totaal	2,0
BZV	0,8
NH <sub>4</sub> -N	0,4
Onopgeloste bestanddelen	$< 1,2$

FIGUUR 26



### EFFLUENT TOTAAL

Het totale effluent wordt ook apart bemonsterd, omdat het een samenvoeging is van het effluent van de MBR, het effluent van het zandfilter en de by-pass van het zandfilter. Deze laatste stroom wordt niet apart bemonsterd omdat dit gelijk is aan de afloop van de nabezinktank. Dit maakt de toetsing voor de WVO-vergunning tevens eenvoudiger. Van hieruit wordt het effluent geloosd in een vijversysteem of bij onderhoud aan het vijversysteem direct op de Wiemselbeek. Het beeld dat hier zichtbaar is komt overeen met de afzonderlijke beelden van de conventionele zuivering en de membraanbioreactor. Tot en met december 2008 heeft er geen aanvullende chemische defosfatering plaats gevonden. Onderzoek loopt naar de hoeveelheden fosfaat die nu biologisch worden vastgelegd. Indien nodig zal aanvullend chemisch gedefosfateerd gaan worden. Als er nog ruimte is voor extra biologische fosfaatverwijdering kan een verbetering in de zuurstofregeling en het gehanteerde droge stof gehalte er toe bijdragen dat de biologische fosfaatverwijdering zal verbeteren.

De gemeten waarden zijn gepresenteerd in figuur 27. In tabel 16 staan de gemiddelde concentraties van 2008 gepresenteerd. Hierbij is opvallend dat voor 4 parameters de streefwaarden van het jaar 2020 worden gehaald. Enkel de fosfaatverwijdering voldoet (nog) niet aan verwachtingen.

TABEL 16

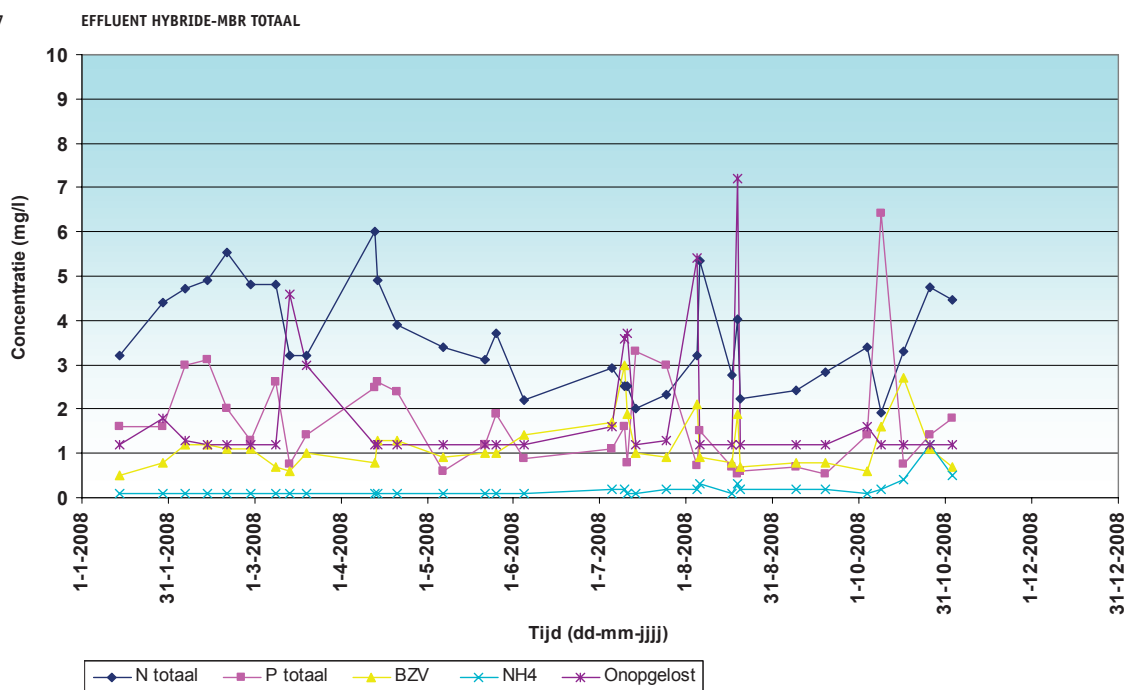
CONCENTRATIES TOTAAL EFFLUENT, IN PARALLELLE BEDRIJF

Parameter	Gemiddelde concentratie (mg/l)	Eis vanaf ombouw jaargem. (mg/l)	Streefwaarden 2020 jaargemiddelde (mg/l)
N-totaal	3,7	10	4
P-totaal	1,6	1	0,15
BZV	1,2	5	2
NH <sub>4</sub> -N	0,2	1 / 2*	0,8**
Onopgeloste bestanddelen	1,6	5	2

\* Zomer-/wintergemiddelde

\*\* 90-percentiel, bij een temperatuur > 10°C

FIGUUR 27



Per 7 oktober 2008 is een aangepaste WVO-vergunning van kracht geworden, waarbij de oude vergunning is omgezet naar een vergunning met een standaard set aan normen. De uiteindelijke WVO-vergunning met verscherpte normen is per 1 januari 2009 van kracht geworden. Hierbij is ook de stikstof-kjeldahl norm verwijderd. In 2008 heeft de zuivering aan de toen geldende WVO-vergunning voldaan.

TABEL 17 OVERZICHT WVO-TOETSING 2008 – VERGUNNING MET STANDAARD SET NORMEN

parameter	toetsingscriterium	lozingseis	eenheid	overschrijding	van de norm	laatste 4 kwartalen
bemonstering	aantal bemonsteringen in het kwartaal	6	[-]	<i>n</i>		
BZV	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 5 proportioneel etmaalmonsters de grenswaarde overschrijden	10	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	20	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
CZV	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 5 proportioneel etmaalmonsters de grenswaarde overschrijden	125	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	250	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
$N_{kjeldahl}$	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	8	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	3,7
$N_{totaal}$	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	10	mg/l	<i>n</i>	toetswaarde	1,5
$P_{totaal}$	voortschrijdend gemiddelde concentratie in 10 opeenvolgende proportionele etmaalmonsters	4	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
opopgel. bestandd.	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 5 proportioneel etmaalmonsters de grenswaarde overschrijden	30	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	75	mg/l	<i>n</i>	aantal overschrijdingen	0

**TABEL 18** OVERZICHT NORMEN WVO-VERGUNNING PER 1 JANUARI 2009 MET WAARDE EN EENHEID

bemonstering	aantal bemonsteringen in het kwartaal	6	[-]
BZV	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 3 proportioneel etmaalmonsters de grenswaarde overschrijden	5	mg/l
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	10	mg/l
CZV	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 3 proportioneel etmaalmonsters de grenswaarde overschrijden	125	mg/l
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	250	mg/l
N <sub>totaal</sub>	voortschrijdend gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters van een aaneengesloten periode van 12 maanden	10	mg/l
P <sub>totaal</sub>	voortschrijdend gemiddelde concentratie in 10 opeenvolgende proportionele etmaalmonsters	2	mg/l
NH <sub>4</sub> -N	gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters gedurende de zomerperiode (1 mei-31 okt)	1	mg/l
	gemiddelde concentratie in de proportionele etmaalmonsters gedurende de winterperiode (1 nov-31 apr)	2	mg/l
opopgel. bestandd.	in een aaneengesloten periode van 12 maanden mogen niet meer dan 3 proportioneel etmaalmonsters de grenswaarde overschrijden	5	mg/l
	aantal overschrijdingen van de concentratie in een proportioneel etmaalmonster	10	mg/l

Buiten de behaalde resultaten op basis van concentraties zijn de resultaten op basis van vrachten ook zeer goed. Enkel het eerder besproken resultaat bij de fosfaatverwijdering blijft achter. De behaalde rendementen van 2008 staat in onderstaande tabellen.

**TABEL 19** GEMIDDELD VERWIJDERDE VRACHT

	Debiet (m <sup>3</sup> /d)	BZV (kg/d verw)	CZV (kg/d verw)	N-totaal (kg/d verw)	P-totaal(kg/d verw)
Conventionele straat	1586	277	650	55	7,8
MBR straat	1274	245	570	50	6,1
Hybride-MBR totaal	2860	522	1.220	105	13,9

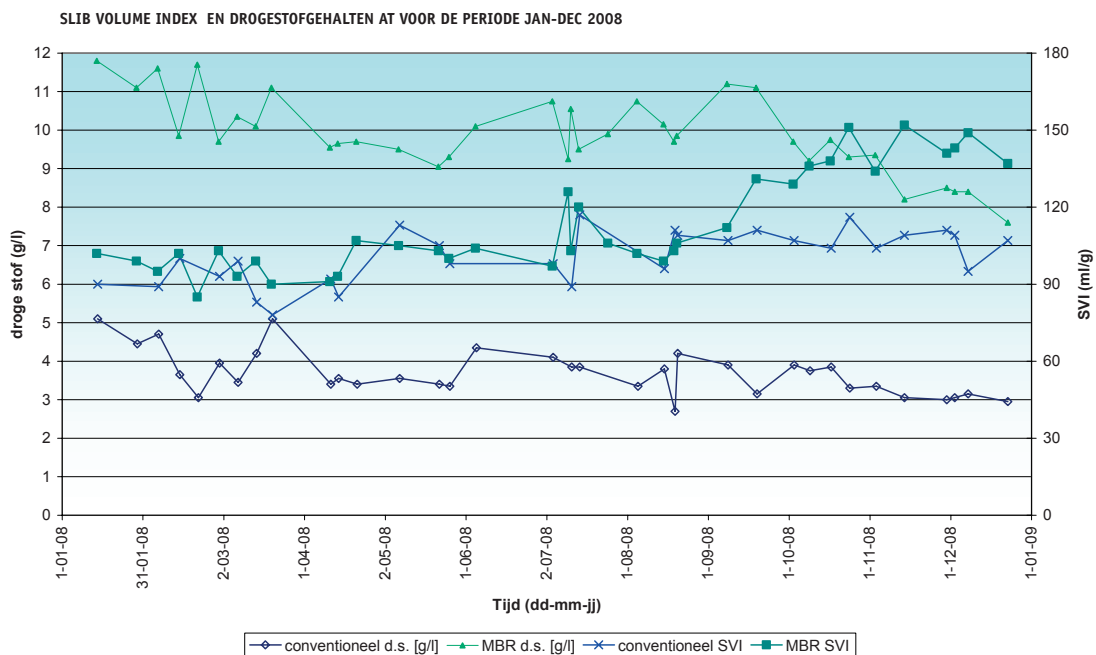
**TABEL 20** GEMIDDELDE VERWIJDERINGRENDEMENT

	Debiet (m <sup>3</sup> /d)	BZV (%)	CZV (%)	N-totaal (%)	P-totaal(%)
Conventionele straat	1586	98,9%	94,5%	90,8%	81,0%
MBR straat	1274	99,6%	95,1%	91,5%	72,2%
Hybride-MBR totaal	2860	99,2%	94,8%	91,0%	76,2%

### 3.3.5 SVI EN DROGE STOF CONCENTRATIE

In figuur 27 is het verloop van de Slib Volume Index (SVI) en het drogestofgehalte (DS) gepresenteerd van de biologie van het conventionele deel en MBR deel in de periode januari 2008 tot en met december 2008.

FIGUUR28



In het begin van het jaar ligt de SVI van het conventioneel deel rond de 90 ml/g. In de aanloop van de zomerperiode stijgt de SVI geleidelijk tot gemiddeld 110 ml/g. Het DS gehalte van de conventionele straat was in het begin van jaar 5 g/l. In het voorjaar is op een lager DS gehalte gestuurd. Dit is gedurende het jaar nog verder verlaagd tot een stuurwaarde van 3,5 g/l.

In de beginperiode van 2008 lag de SVI van de MBR tussen de 90-110 ml/g. Vanaf de maand juni steeg de SVI geleidelijk tot een waarde van 150 ml/g. Het is nog onduidelijk wat hier de exacte oorzaak van is, omdat veel mogelijke invloeden veranderingen hebben ondergaan. Het verlagen van het droge stof gehalte tot onder de 9 g/l lijkt een verband te hebben gezien de periode van het stijgen van de SVI. Maar ook de zuurstofhuishouding en de biologische belasting kunnen van invloed zijn. Het is wel duidelijk dat de stijging pas na de zomer is ingezet.

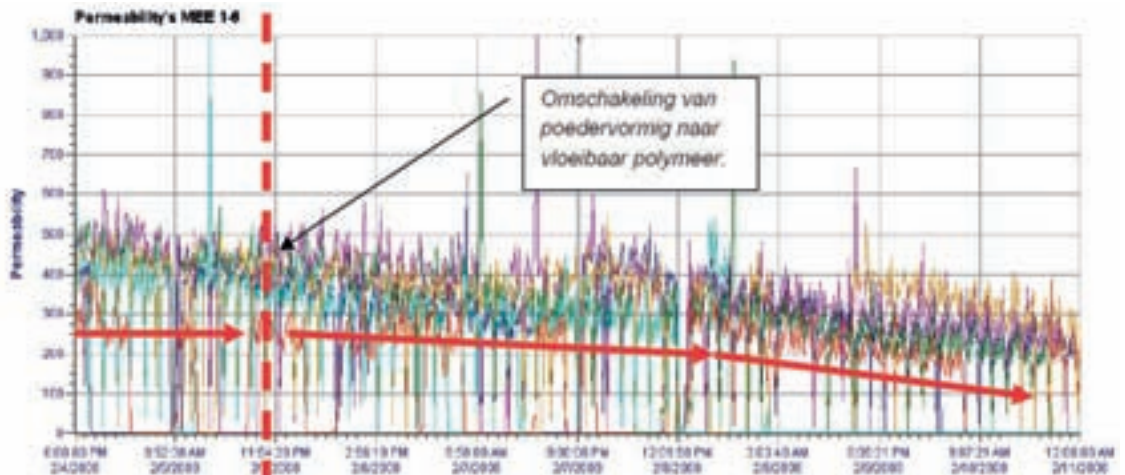
Wat betreft de stuurwaarde van de droge stof in de MBR, deze is in de loop van 2008 omlaag gebracht van 11 naar 9 g/l in verband met de biologische belasting die lager is dan volgens ontwerp. De ontwerpbelasting is 0,04 kg BZV/ kg d.s. dag, maar de gemiddelde belasting over 2008 was 0,022 kg BZV/ kg d.s. dag. Na het doorvoeren van de droge stof verlaging is in het najaar van 2008 (nov-dec) gemiddeld een belasting gemeten van 0,027 kg BZV/ kg d.s. dag. Als de biologische belasting (gemiddeld 526 kg BZV/dag) wordt teruggerekend naar een stuurwaarde voor de droge stof concentratie dan wordt duidelijk dat er eigenlijk een nog lagere actief slib concentratie is gewenst. De stuurwaarden voor de droge stof op basis van de belasting zouden 2,0 g/l voor de conventionele straat en 5,6 g/l in de MBR straat zijn. Er is voor gekozen om het droge stof gehalte in de MBR rond de 9 g/l te houden, omdat bij lagere waarden de membranen mogelijk slechter presteren.

### 3.3.6 PRESTATIES MEMBRANEN

#### ONTWIKKELING PERMEABILITEIT

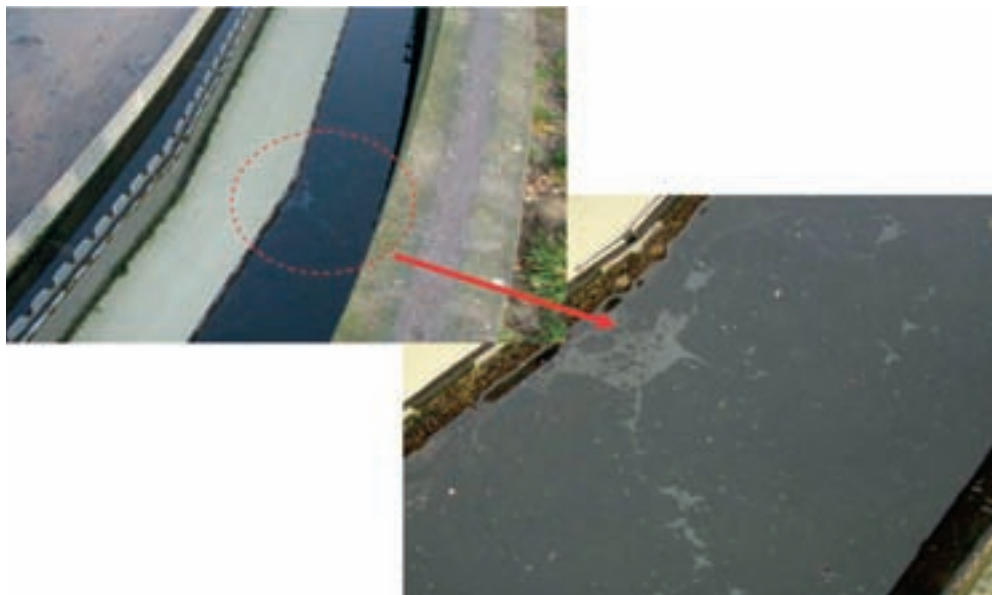
Vanaf 5 februari 2008 is de bedrijfsvoering van de zeefband veranderd, waarbij is overgegaan van een poedervormig naar een vloeibaar polymeer (beide cationisch van aard en een potentieel risico voor de membranen). Vanaf deze datum zijn de prestaties van de membraaneenheden zeer snel verslechterd vergeleken met de stabiele trend van de voorgaande maanden, zie figuur 29. Deze overgang van PE heeft dus direct verband met de achteruitgang van membraanprestaties.

FIGUUR 29 PERMEABILITEIT MEMBRAANEXTRACTIE EENHEDEN NA OMSCHAKELING PE



Tijdens de overschakeling is extra polymeer via de terrein rioleringsput naar de waterzuivering afgevoerd, waarna polymeer in de biologie van de MBR is gekomen (en dus ook bij de membranen). Kort daarna zijn er polymeer batches door de terrein rioleringsput (via de gootsteen) afgevoerd en deels in de MBR terecht gekomen. Op maandag 11 februari is er op de nabezinktank van de conventionele zuivering duidelijk een olieachtig laagje waargenomen. Bevestigd werd dat dit de week ervoor erger was geweest, zie onderstaande foto's.

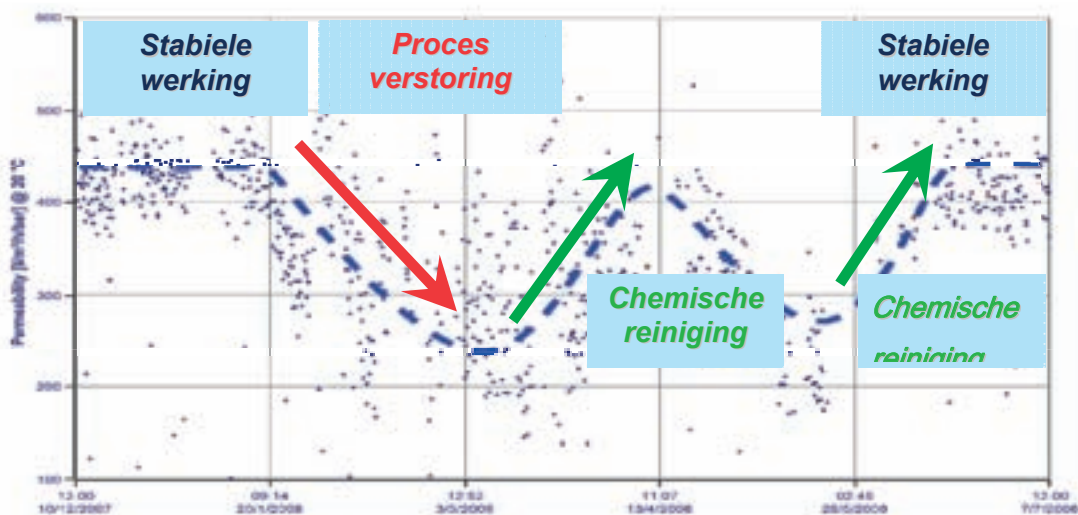
FIGUUR 30 FOTO'S VAN OLIEACHTIG LAAGJE OP DE NABEZINKTANK



Geconcludeerd kon worden dat de incidentele lozing van vloeibaar polymeer een directe relatie heeft met de extreme membraanvervuiling die geconstateerd is na 5 februari 2008. Door het uitvoeren van een aantal chemische reinigingen is de permeabiliteit weer op het oude niveau gebracht, zie ook figuur 31.

FIGUUR 31

DALING PERMEABILITEIT TEN GEVOLGE VAN VERVUILING MET PE EN HERSTEL PERMEABILITEIT DOOR MEERDERE CHEMISCHE REINIGINGEN

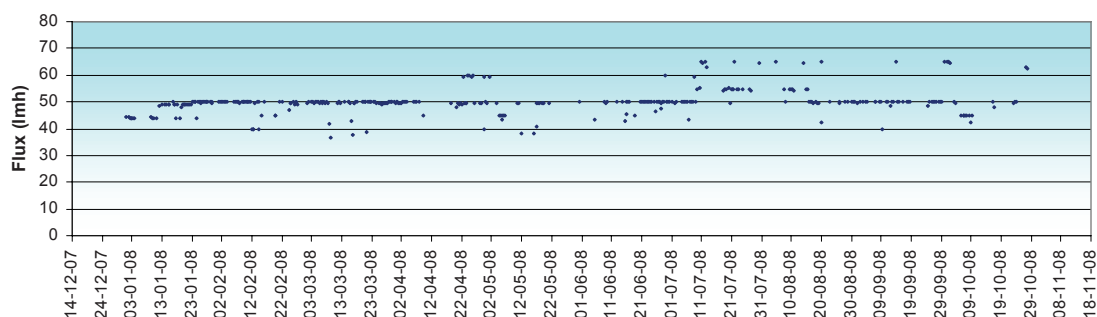


#### ONTWIKKELING FLUX

In figuur 32 is een overzicht gepresenteerd van het verloop van de flux van een enkele MEE. Deze is vergelijkbaar met de flux zoals ook gezien wordt in andere MEE's. Gemiddeld ligt de bruto flux tussen de 45 en 55 l/m<sup>2</sup>.h. In de maand juli is de flux enige tijd verhoogd. Eind november is de maximale flux ten gevolge van een onbekende lozing tijdelijk 50 l/m<sup>2</sup>.h geweest. In figuur 32 en bijlage 5 zijn de bruto fluxen gedurende 2008 gegeven van alle 6 MEE's.

FIGUUR 32

WEERGAVE BRUTO FLUX MEE 1

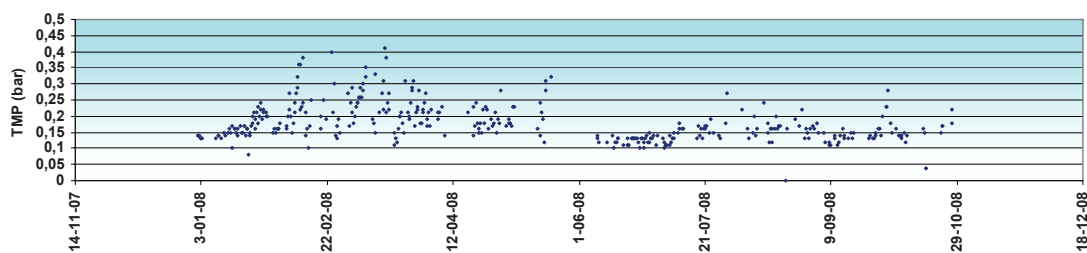


#### ONTWIKKELING TRANSMEMBRAANDRUK

Als gevolg van de vervuiling aan de membranen is de permeabiliteit sterk gedaald, om vervolgens wel de benodigde flux te bereiken is een hogere TMP nodig. In tegenstelling tot bij normaal, stabiel bedrijf (TMP is ongeveer 0,1 tot 0,2 bar) is de TMP gestegen tot maximaal gemiddeld 0,3 bar met uitschieters tot 0,4 bar. Dit komt overeen met de geobserveerde afname van de permeabiliteit van ongeveer 50%. De gemeten transmembraandrukken staan weergegeven in figuur 33 en bijlage 5.



FIGUUR 33 WEERGAVE TRANSMEMBRAANDRUK MEE 1. ALLE NULPUNTEN EN NEGATIEVE WAARDEN TEN GEVOLGE VAN MEMBRAANREINIGING ZIJN WEGGELATEN



### 3.4 DESINFECTIE

Om de mate van verwijdering van bacteriën met een hybride-MBR te kunnen vaststellen, zijn indicatieve metingen uitgevoerd waarbij de hoeveelheid van zogenaamde indicatororganismen (*E. Coli*, coliformen en Enterococci) in verschillende stromen is bepaald. De zuivering is deze dag belast geweest met regenweeraanvoer. De debietrend in het besturingsysteem laat zien dat de MBR tot aan 120 m<sup>3</sup>/h heeft behandeld, evenals de conventionele zuivering. De influent en afloop MBR is bepaald uit een gemiddelde van 5 deelmetingen op één dag. De overige metingen zijn eenmalige steekmonsters geweest, op dezelfde dag.

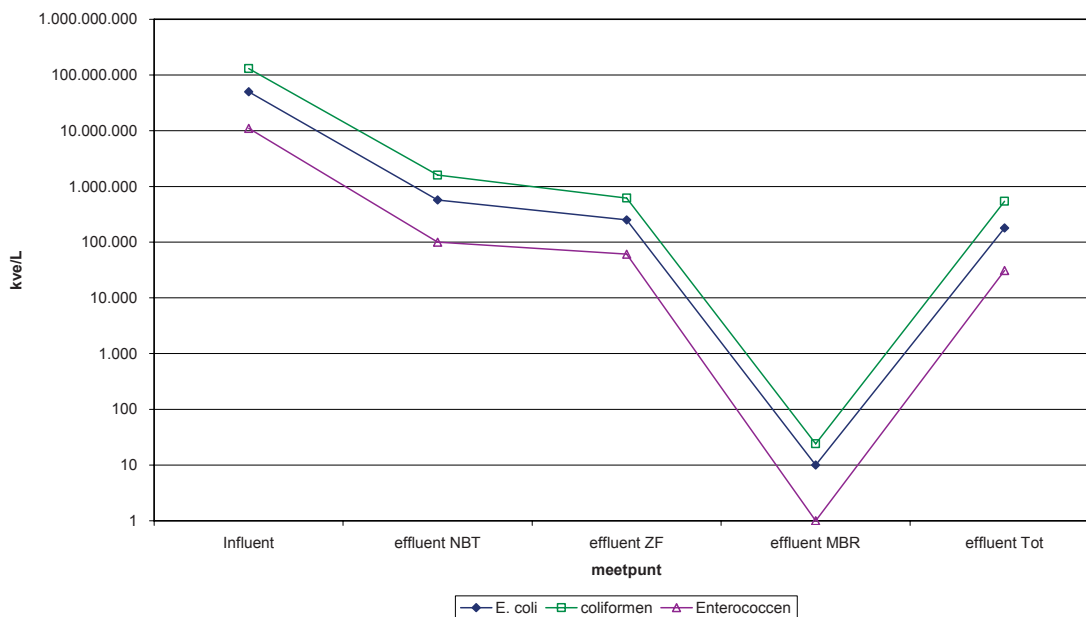
De gemiddelde concentraties voor de indicatorbacteriën in het influent liggen tussen 10<sup>7</sup> - 10<sup>8</sup> kve/L. De concentraties van de indicatororganismen in effluent van een traditionele zuivering zijn in verschillende Europese studies onderzocht en bleken voor indicatorbacteriën tussen 10<sup>6</sup> - 10<sup>7</sup> kve/L te liggen. Het water in de afloop nabezinking (conventioneel effluent) in Ootmarsum bevat 10<sup>5</sup> - 10<sup>6</sup> kve/L, een factor 10 minder dan de Europese studies. In een studie van Costan-Longares is ook naar de concentratie van deze indicatororganismen gekeken in effluent na tertiaire zuivering (bijvoorbeeld zandfiltratie) en deze bleken gereduceerd te zijn tot concentraties van 10<sup>2</sup> - 10<sup>3</sup> kve/L. Het water in de afvoer van het zandfilter in Ootmarsum bevatte minder bacteriën (10<sup>4</sup> - 10<sup>5</sup> kve/L) dan de afloop nabezinking. De concentraties (kve/L) voor de bacteriën in het MBR-effluent in Ootmarsum waren veel lager, namelijk 1 tot 25 kve/L voor de verschillende indicatorbacteriën. Het totaal effluent lijkt op het gemeten moment maar weinig beïnvloed te worden door de resultaten van de MBR (figuur 34). Het betreft echter een logaritmische schaal en de daling in het totaal effluent ten opzichte van het zandfilter is respectievelijk 13%, 28% en 49% (coliformen, *E. coli* en Enterococci), veroorzaakt door de verregaande verwijdering bij de MBR.

Op basis van deze beperkte gegevensset kan geconcludeerd worden dat de verwijdering van micro-organismen door een traditionele zuivering met actief slib, beluchting en sedimentatie circa 2<sup>10</sup>log-eenheden bedraagt. Ook na het zandfilter is de verwijdering circa 2<sup>10</sup>log-eenheden. De verwijdering van de bacteriën in de MBR in Ootmarsum lag tussen 7 en 8<sup>10</sup>log-eenheden. Deze verwijderingen zijn 5 tot 6<sup>10</sup>log-eenheden beter dan die van de traditionele zuiveringen.

Mogelijk dat bij bemonsteringen op verschillende dagen meer variatie in de gemeten concentraties indicatorbacteriën wordt gevonden. Op het moment is onduidelijk wat de efficiëntie van de hybride-MBR is bij verschillende belastingen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zal nog meerdere malen vergelijkbaar onderzoek gedaan moeten worden.

Vooralsnog kan geconcludeerd worden dat de MBR straak op het gebied van desinfectie uitstekend presteert vergeleken bij de conventionele straak.

FIGUUR 34 WEERGAVE DESINFECTERENDE WERKING VAN DE PROCESONDERDELEN

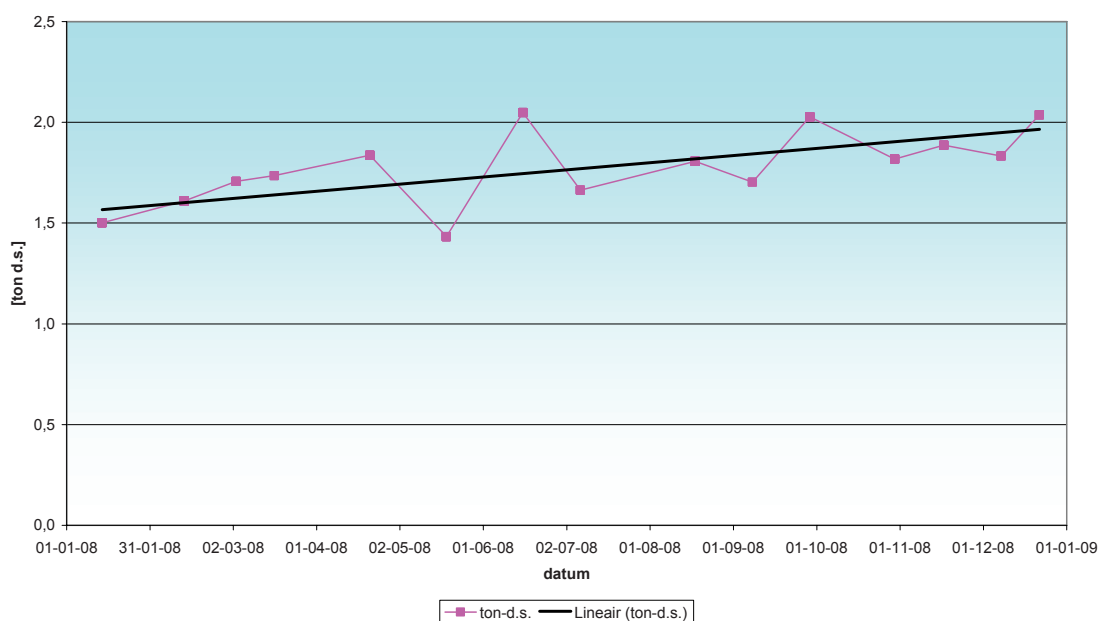


### 3.5 SLIBPRODUCTIE

Gedurende 2008 is in totaal 189 ton d.s. ingedikt surplusslib afgevoerd en is 9.662 ie<sub>54</sub> verwijderd. De specifieke slibproductie is dus 19,6 kg d.s./ie verwijderd. Dit is iets meer in vergelijking met de rwzi Denekamp welke een specifieke slibproductie heeft van 15,4 kg d.s./ie verwijderd.

De verdeling van de afvoer van het geproduceerde slib is in figuur 35 te zien. Er is geen zomer/winter trend zichtbaar. Daarentegen stijgt de productie gestaag gedurende het jaar. Hiervoor zijn twee hoofdredenen. Begin 2008 hadden de zuiveringstraten de streefwaarde voor de droge stof concentratie van het actief slib bereikt. Gedurende het jaar is deze streefwaarde naar beneden bijgesteld, waardoor extra slib is afgevoerd.

FIGUUR 35 AFGEVOERD SLIB 2008



### 3.6 MICROSCOPISCHE SLIBKARAKTERISTIEKEN

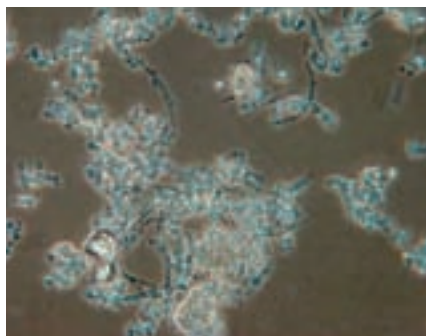
Op 13 juni 2008 zijn foto's van het actief slib van beide straten gemaakt. Het slib is op dat moment niet gekarakteriseerd, maar de foto's waren enkel om snel een vergelijking te zien tussen het slib van de twee straten. De foto's staan hieronder vermeld, het actief slib van de MBR is ook nog eens verdund tot de concentratie van de conventioneel.

FIGUUR 36 FOTO'S ACTIEF SLIB: CONVENTIONEEL 4 G/L, MBR 9 G/L, MBR VERDUND 4 G/L



Eind 2008 is een microscopisch slibonderzoek uitgevoerd op het MBR slib. Het slib van de MBR, figuur 37, bestond uit kleine tot middelgrote vlokken (< 100 µm) met een open structuur. Er kwamen geen hogere organismen in voor, wel werden flagellaten aangetroffen. De populatie draadvormers was niet groot; de Filament-Index was 1-2 op een schaal van 0 - 5. De populatie was samengesteld uit soorten die vrij normaal zijn voor een moderne, laagbelaste installatie: *Microthrix parvicella*, *Nocardia*, *Nostocoida limicola* III, *Haliscomenobacter hydrossis*, Type 1851. Bij deze omvang veroorzaken deze draadvormers geen problemen. *M.parvicella* en *Nocardia* staan wel bekend om hun drijfslaag-bevorderende werking. Alles bij elkaar heeft het slib een goede kwaliteit.

FIGUUR 37 FOTO ACTIEF SLIB MBR OOTMARSUM



### 3.7 ENERGIEVERBRUIK

#### 3.7.1 ENERGIEVERBRUIK CONVENTIONELE ZUIVERING VERSUS MBR

Het totale energieverbruik van de hybride MBR Ootmarsum wordt sinds de opstart gemonteerd. Onderscheid zou worden gemaakt tussen het energieverbruik van de hoofdonderdelen: conventioneel biologie plus nabezinking, zandfiltratie, biologie MBR en membraanextractie. Het energieverbruik zou worden afgeleid uit het geregistreerde verbruik en uit de draaiuren en instellingen van de belangrijkste verbruikers. Door technisch redenen is het nog niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen de verschillende procesonderdelen. Het grootste probleem is het feit dat de lucht over meerdere installatieonderdelen wordt verdeeld

via één gezamenlijk 'headersysteem'. Hierdoor is het niet direct meetbaar hoeveel (beluchting)energie die onderdelen gebruiken. Ook een indirecte vergelijking blijkt niet mogelijk, omdat enkele benodigde parameters wel actueel gemeten, maar niet gelogd worden.

Het energieverbruik van de MBR en de conventionele straat verschillen. De belangrijkste verschillen in verbruik worden veroorzaakt door:

- MBR
  - Bufferbezinktank met kettingruimer en opvoerpomp
    - Geïnstalleerd vermogen: 7,68 kW
  - Zeeftrommels
    - Geïnstalleerd vermogen: 4,5 kW
  - Membraan eenheden
    - Geïnstalleerd vermogen: 108,9 kW
- Conventionele Straat
  - Retourslibgemaal
    - Geïnstalleerd vermogen: 15 kW
  - Nabezinktank
    - Geïnstalleerd vermogen: 0,25 kW
  - Zandfilters
    - Geïnstalleerd vermogen: 56 kW

Het beoordelen van het verschil in energieverbruik tussen de straten alleen op basis van het geïnstalleerde vermogen is onjuist aangezien de onderdelen die juist veel vermogen vragen niet continu in bedrijf zijn (bijvoorbeeld spoel- en drainpompen van de membraaneenheden, spoelpomp zandfilter). De onderdelen die wel continu in bedrijf zijn, zijn echter niet onderscheidend, de verschillen in geïnstalleerde vermogens voor menging en recirculatie zijn klein.

De zuurstofvraag van de beide straten zal, op basis van de gemiddelde vrachtverdeling, niet veel uitmaken. Echter de energie die nodig is voor het inbrengen van de benodigde zuurstof is afhankelijk van de zuurstof overdracht, deze wordt direct beïnvloed door de  $\alpha$ -factor. Het drogestof gehalte in de conventionele straat en in de MBR straat is verschillend, dit is van invloed op de  $\alpha$ -factor, en dus op de benodigde beluchttingsenergie. Een goede indicatie voor het verschil in benodigde energie is het gemiddelde luchtdebiet richting de 2 straten, echter deze data zijn wegens technische problemen niet beschikbaar.

Bij RWA neemt de energievraag van de MBR proportioneel toe, vergeleken met de conventionele straat. Dit komt omdat er meer MEE's ingeschakeld worden die elk een behoorlijk vermogen vragen. De grootste onderscheidende verbruiker in de conventionele straat, het zandfilter, zal echter niet heel veel meer vermogen vragen omdat bij RWA een groot deel van de extra hydraulische belasting van de conventionele straat niet door het zandfilter behandeld zal worden en via een bypass afgevoerd wordt.

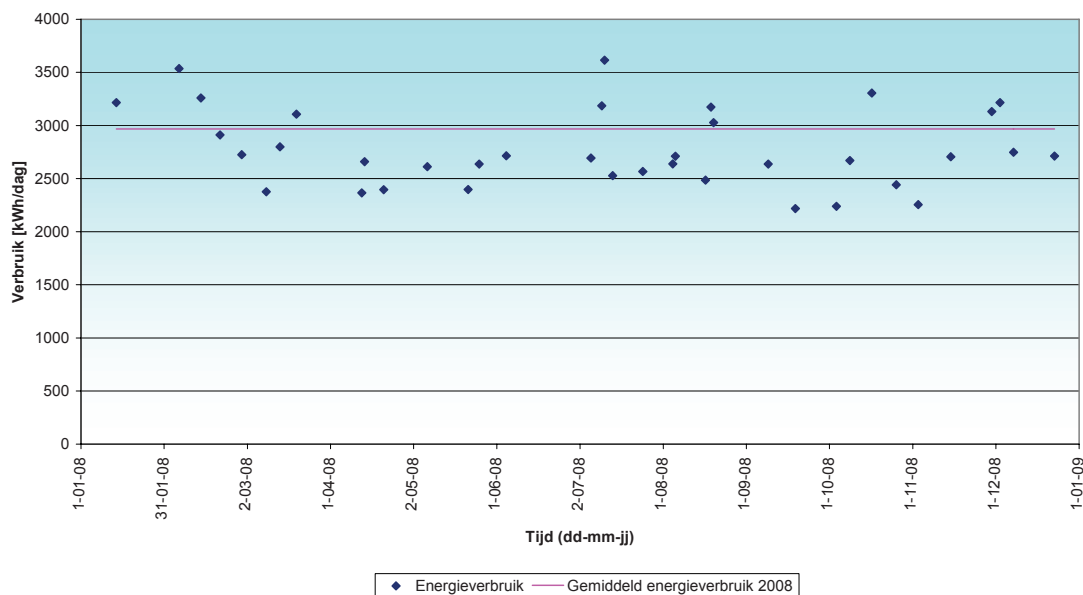
### 3.7.2 ENERGIEVERBRUIK TOTALE HYBRIDE-MBR

De gehele hybride-MBR heeft in 2008 1.083 MWh verbruikt, wat overeenkomt met een gemiddeld verbruik van 2.967 kWh/dag. Het specifieke energieverbruik is 1,0 kWh/m<sup>3</sup> behandeld afvalwater. Een vergelijking met het gemiddelde van de andere 18 rwzi's binnen waterschap Regge en Dinkel (0,4 kWh/m<sup>3</sup>) laat zien dat de hybride-MBR in veel energie verbruikt. In de jaren 2004-2005 verbruikte de oude rwzi 425 MWh per jaar (circa 0,3-0,4 kWh/m<sup>3</sup>). Aangezien

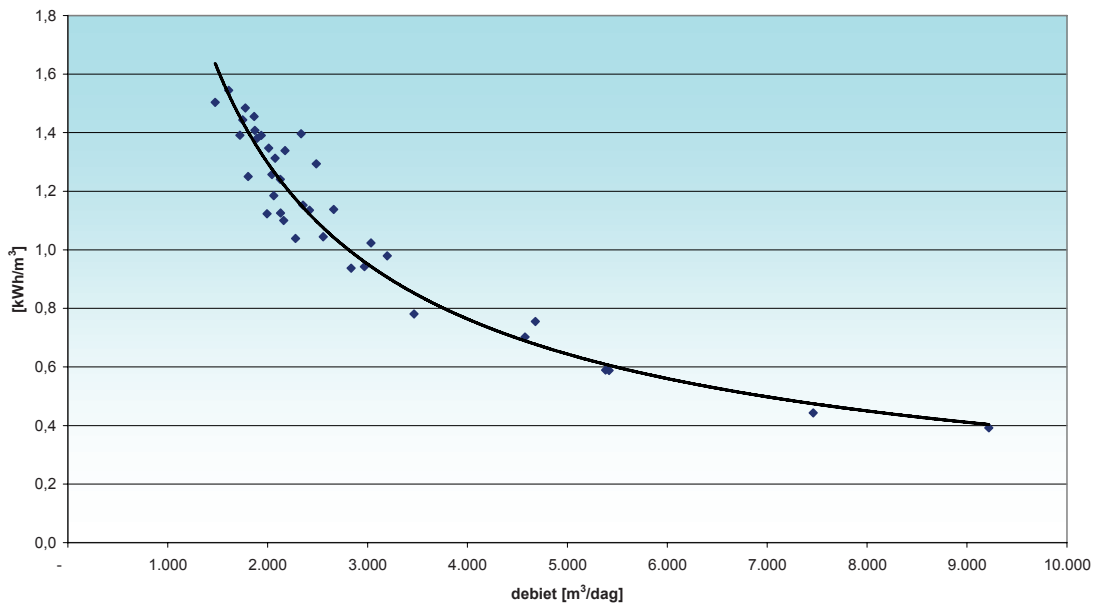
de hybride-MBR met 14.000  $ie_{54}$  een betrekkelijk kleine rwzi is, valt het specifieke energieverbruik waarschijnlijk hoger uit dan bij een groter hybride-MBR het geval zou zijn. Het huidige specifieke energieverbruik is mogelijk ook enigszins verhoogd door de lage biologische belasting van de rwzi (zie paragraaf 3.3.5).

Voor de gehele zuivering (inclusief MBR) is het energieverbruik weergegeven in figuur 38 (gemeten tijdens de bemonstering). Gemiddeld ligt het energieverbruik op 2.753 kWh/dag tijdens de bemonsteringen en voor het jaar 2008 op 2.967 kWh/dag. In de figuren 39 en 40 staat het specifiek energieverbruik uitgezet per  $m^3$  behandeld afvalwater en per verwijderde hoeveelheid vuillast ( $ie_{54}$ ).

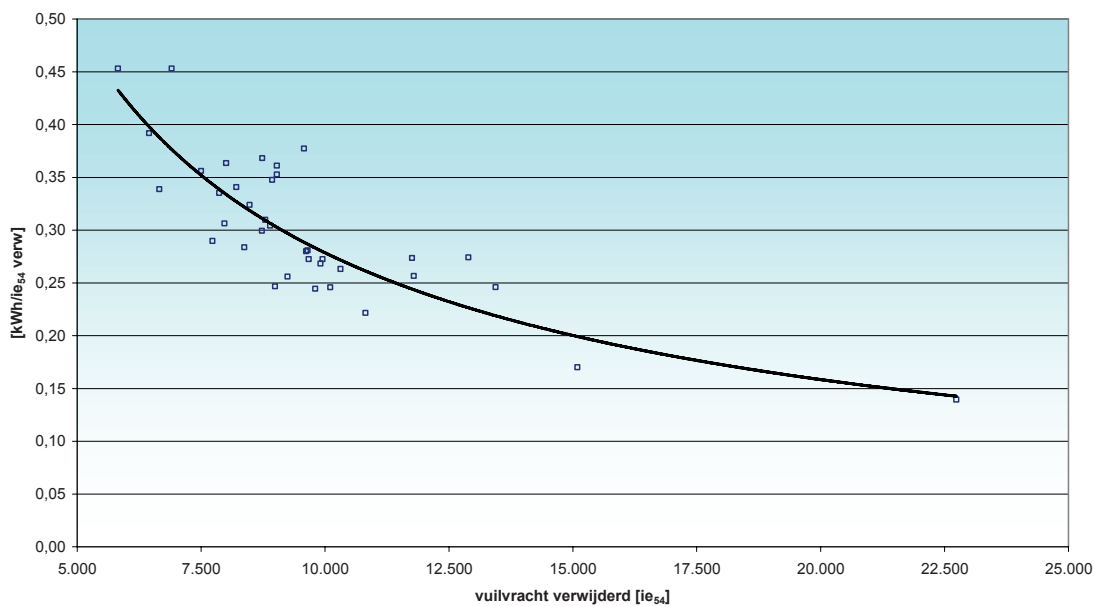
FIGUUR 38 ENERGIEVERBRUIK TOTAAL



Tijdens DWA bemonsteringen is het specifiek energieverbruik gemiddeld  $1,3 \text{ kWh/m}^3$  behandeld afvalwater. Bij hogere aanvoer gaat er meer water over de conventionele straat. Deze verbruikt in verhouding minder energie, dan de MBR. Het gemiddelde van alle bemonsteringen ligt dan ook lager ( $1,0 \text{ kWh/m}^3$ ). Dit is een factor 2,5 hoger dan het gemiddelde van de andere 18 zuiveringen, welke in het beheer zijn van waterschap Regge en Dinkel ( $0,4 \text{ kWh/m}^3$ ).

FIGUUR 39 SPECIFIEK ENERGIEVERBRUIK TOTAAL PER M<sup>3</sup> AFVALWATER

Het gemiddelde specifiek energieverbruik is 0,26 kWh/ie<sub>54</sub> verwijderd. Bij grotere vuilvracht verwijdering daalt het specifieke energieverbruik. De verwachting is daarom dat het gemiddelde specifieke energieverbruik zal dalen als de komende jaren de belasting op de rwzi toeneemt.

FIGUUR 40 SPECIFIEK ENERGIEVERBRUIK TOTAAL PER VERWIJDERDE IE<sub>54</sub>

### 3.7.3 ENERGIEVERBRUIK MEMBRANEN

In tabel 21 staat het energieverbruik gepresenteerd van de verschillende Membraan procesonderdelen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de procesomstandigheden tijdens DWA en RWA perioden. Tevens zijn de ontwerpwaarden opgegeven die destijds zijn gehanteerd. Het totale energieverbruik bedraagt in 2008 tijdens DWA 0,35 kWh/m<sup>3</sup> en tijdens RWA 0,28 kWh/m<sup>3</sup>.

TABEL 21 ENERGIE CONSUMPTIE MEMBRANEN

Energie consumptie MBR	Ontwerp		2008	
	DWA	RWA	DWA	RWA
Slibcirculatie over de modules	0,24	0,18	0,12	0,09
Beluchting van de modules	0,30	0,23	0,22	0,17
Permeaat onttrekking / backflush	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Totaal verbruik (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,55</b>	<b>0,42</b>	<b>0,35</b>	<b>0,28</b>

Dat de energieverbruiken in 2008 al ruim onder het ontwerp liggen komt door optimalisaties die in samenwerking met de membraanleverancier zijn uitgevoerd. Het circulatiedebiet over de membranen is tezamen met het ingestelde luchtdebiet duidelijk verminderd, met energiebesparing als gevolg. Door verdere optimalisatie van de circulatiecapaciteit en beluchtingcapaciteit van de membraaninstallatie is de verwachting dat het energieverbruik nog significant kan worden verlaagd. Eén van deze optimalisaties is het automatisch regelen van het ingestelde luchtdebiet bij de membranen. Uit onderzoek is gebleken dat bij DWA en RWA verschillende instellingen gewenst zijn voor het circulatiedebiet en de beluchtingcapaciteit. De beluchtingcapaciteit moet nu handmatig ingesteld worden. De meer energiezuinige RWA instelling kan daarom niet gebruikt worden. Voorlopig is nog niet gekozen voor het aanpassen van de luchtregeling bij de membranen.

# 4

## BEDRIJFSVOERING

### 4.1 ALGEMEEN

Op de hybride-MBR zijn enkele onderdelen specifiek te noemen die afwijken van een conventionele installatie, zoals:

- Bufferbezinktank
- Trommelzeven
- Membraaninstallatie
- Zandfilter

Deze onderdelen beïnvloeden in verschillende mate de ‘traditionele’ bedrijfsvoering.

### 4.2 BEHEER EN ONDERHOUD

Uit de praktijk blijkt dat de belangrijkste aspecten bij het beheer en onderhoud van de membraaninstallatie zijn (zie ook bijlage 6):

- functioneren van de aanvoerpomp in de bufferbezinktank; wisselingen in de aanvoer veroorzaken verstoppingen in de pomp.
- functioneren van de trommelzeven; de ontworpen kleine maaswijdte zorgde voor veel beheerinspanningen.
- ongewenste stoffen in het afvalwater; ongewenste (interne en externe) lozingen hebben intensieve reinigingen tot gevolg gehad.
- de membranen; zie vorige bullet.
- technische onderdelen bij de membraan eenheden; in verhouding veel meer onderdelen die zeer nauwkeurige aansturing vereisen.

### 4.3 STORINGSGEVOELIGHEID

De belangrijkste aspecten voor beheer en onderhoud worden natuurlijk ook bepaald door de storingsgevoeligheid van diverse onderdelen/processen.

Voor een goede werking van de bandindikker, die zowel het surplusslib van de conventionele zuivering als dat van de MBR indikt, is gezocht naar een specifiek polymeer, die het functioneren van de membranen niet zouden beïnvloeden. Tijdens de bedrijfsvoering is gebleken, dat toch restanten van polymeer teveel op de membranen plakken. Uiteindelijk is de terugvoer van het terreinrioleringswater (waar het slibwater van de bandindikker op loost) zodanig verplaatst, dat dit alleen naar het conventionele deel wordt afgevoerd.

Eind 2008 heeft een gedeeltelijke verstopping van de membranen plaatsgevonden door de lozing op de riolering van een kleverige substantie, die lange koolstofketens bevat. Om welke stof het exact gaat en wie het geloosd heeft is nog steeds onduidelijk. De membranen zijn, na grote inspanningen, uiteindelijk weer volledig gereinigd. De substantie heeft ook in de rest van de zuivering voor problemen gezorgd. Uiteindelijk is het namelijk neergeslagen in de zandfilters, waardoor veel zanduitspoeling heeft plaatsgevonden door de aanhechting van de substantie aan het zand.



Ook de luchtgestuurde vlinderkleppen in de membraan eenheden zijn een kritische factor in de installatie. Regelmatig zijn er problemen met het “kleven” van de kleppen in de rubberen zitting, waardoor deze de looptijd overschrijdt en een storing ontstaat, waardoor de betreffende eenheid in storing valt.

Tenslotte zijn er problemen geweest met de bedrijfszekerheid van de MBR door een indirecte storingsgevoeligheid. De zeeftrommels worden namelijk gereinigd met bedrijfswater. Het bedrijfswater wordt geproduceerd met het effluent van de zandfilters. Toen bladeren (die in de nabezinktank vallen) problemen veroorzaakten bij de toevoerpompen van het zandfilter, ontstond een tekort aan bedrijfswater en viel de zeeftrommel en daarmee de gehele MBR in storing. Dit probleem is inmiddels opgelost door ook het effluent van de MBR toe te voegen aan het bedrijfswater. Hierdoor komt de bedrijfszekerheid van de MBR niet in gevaar bij storingen in het zandfilter.

Tevens is bij voorgaande indirecte storingsgevoeligheid naar voren gekomen dat met name bij de conventionele installatie ophoping plaats vindt van haren en kleine plastic deeltjes. Dit komt doordat het roostergoed van de zeeftrommel wordt afgevoerd naar de conventionele installatie. Daar worden deze deeltjes tegen gehouden door het zandfilter. Eventuele kleine deeltjes bij de MBR worden tegengehouden door de membranen. Deze ophoping is ongewenst, omdat het extra reinigen bij het zandfilter en de membranen tot gevolg zal hebben, waarbij deze deeltjes weer terug het systeem in gaan en niet verwijderd worden. Voor het verwijderen van dit vuil uit het systeem is een extra verwijderingstrap gewenst.

#### 4.4 PERSONEEL

Beheer van de installatie wordt in principe uitgevoerd door één vaste medewerker met daarbij een roulerende poule van medewerkers, die voor vervanging of aanvulling zorgen. Voor het onderhoud is geen vaste medewerker gekozen, maar zijn alle medewerkers van het cluster inzetbaar. Om deze reden zijn vroegtijdig door diverse medewerkers van verschillende vakdisciplines cursussen gevolgd voor het beheer en onderhoud van een MBR. Eén van de cursussen betrof een in-company cursus, waarbij de standaard cursus ‘Membraanbioreactor’ aangepast is voor de specifieke inrichting van de hybride-MBR Ootmarsum. Daarbij is een praktijktest aan de cursus toegevoegd, die uitgevoerd is in de pilot installatie. Bij een tweede groep medewerkers is de praktijktest uitgevoerd met de hybride-MBR. Inmiddels ervaren medewerkers van het waterschap, membraanleverancier en ingenieursbureau (ontwerp) waren tevens betrokken bij het lesgeven.

De medewerkers zijn verder in een vroeg stadium betrokken bij de pilot membraaninstallatie en het (droog) testen van de installatie, om zodoende te leren van alle in- en outs van de installatie en zijn techniek. De betreffende medewerkers hebben ook het verdere traject van natte test (waterdraaien) en in bedrijf stellen samengewerkt met de leverancier van de membranen.

In de praktijk blijkt echter dat de specifieke kennis van de techniek en eigenschappen van een membraaninstallatie in een roulerende poule van medewerkers moeilijk actueel te houden is. Eén medewerker, die volledig is ingevoerd in de materie van een membraaninstallatie is dus te weinig, zeker in de eerste jaren na de inbedrijfstelling, waarin iedereen de installatie “echt” moet leren kennen.

Ook blijkt dat de eerste periode een verhoogde inzet van een meet-, regel- en elektrotechnicus en een technoloog noodzakelijk zijn, om zo de continue monitoring en analyse van het functioneren van de installatie te garanderen.

# 5

## CONCLUSIES EN EVALUATIE

De rwzi Ootmarsum is tot op heden een geslaagd concept, waarmee goede resultaten gehaald worden. Na een relatief snelle en goed verlopen opstart kan geconcludeerd worden dat, met uitzondering van P-totaal, aan de gestelde eisen wordt voldaan. Het totaal stikstofgehalte in het effluent bedraagt gemiddeld 3,6 mg/l. Het fosfaatgehalte bedraagt gemiddeld 1,6 mg/l, wat hoger is dan de ontwerpwaarde. De fosfaatverwijdering dient dan ook geoptimaliseerd te worden. Indien blijkt dat geen mogelijkheden voor extra biologische fosfaatverwijdering aanwezig zijn, dan is het noodzakelijk om over te gaan tot het doseren van chemicaliën. Tot op heden worden nog geen chemicaliën gedoseerd.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de resultaten van het effluent van de MBR en het zandfilter van rwzi Ootmarsum.

TABEL 22

OVERZICHT RESULTATEN EFFLUENT RWZI OOTMARSUM

Parameter	MBR	Zandfilter	Totaal	Ontwerp eis (jaargemiddelde)	Eenheid
N-Totaal	3,7	3,3	3,6	<10	mg/l
P-Totaal	2,3	1,2	1,6	1	mg/l
Onopgeloste bestanddelen	<1,2*	<1,2*	1,5	5	mg/l
BZV	0,8	1,3	1,2	5	mg/l

\* Detectielimiet voor onopgeloste stof is 1,2 mg/l

De goede resultaten vragen een hoger energieverbruik, wat voor de diverse installatieonderdelen nog onvoldoende duidelijk in beeld gebracht is. Het gemiddelde energieverbruik voor de gehele rwzi bedroeg gemiddeld 1,0 kWh/m<sup>3</sup> effluent. Ter vergelijking: conventionele rwzi's bij Waterschap Regge en Dinkel verbruiken gemiddeld 0,4 kWh/m<sup>3</sup> effluent.

Zowel de MBR-installatie als de zandfiltratie blijken gevoelig voor lozingen van "kleverige" stoffen. Polymeer dat voor slibindikking wordt gebruikt gaf een verslechtering van de membraanprestaties, de aanvoer van een onbekende stof leverde problemen op in zowel de MBR als het zandfilter (uitspoeling van samenklvend zand).

De influent voorbehandeling voor de geplaatste Norit-membranen blijkt robuuster uitgevoerd te kunnen worden dan aanvankelijk verwacht. Een maaswijdte voor de trommelzeef van 2 mm voldoet, en functioneert ook beter in vergelijking met een maaswijdte van 0,8 mm. Dit is mede te danken aan de toegepaste 'drain'-reiniging op de membraaneenheden.

De ophoping van fijn roostergoed in de conventionele zuivering (haren, plastics) is een punt van aandacht. Er wordt extra vuil afgevangen door de fijnmazige trommelzeven, wat naar de actief slibtank van de conventionele straat wordt gevoerd. Deze deeltjes en doorgelaten haren worden vervolgens weer afgevangen door het zandfilter, en deels door de membranen. Dit alles leidt tot ophoping van de stoffen in het actief slibstelsel.

De membraanextractie eenheden zijn ontworpen op een brutoflux van 47,5 l/m<sup>2</sup>.h bij DWA en een brutoflux van 61,7 l/m<sup>2</sup>.h bij RWA. In de praktijk is dit ruimschoots en zonder problemen gehaald.

De MBR blijkt met de toegepaste ultrafiltratie een goede desinfectiemethode te zijn, met slechts 1-25 KVE/l in het geproduceerde filtraat.

Na de opstartfase, in het eerste jaar van de bedrijfsvoering, is gebleken dat de werking van de rwzi stabiel en robuust is. Vanwege technische problemen is gedurende deze tijd echter niet gebruik gemaakt van de volledige bemonsteringscapaciteit en dataverzameling. In de loop van 2009 zal dit operationeel zijn. Aanvullende monitoring van de rwzi is nodig om meer in detail de werking van de installatieonderdelen te kunnen volgen en verklaren. Dit geldt zowel voor de energievraag als de geleverde prestaties. Ook zal dit kunnen leiden tot verdere optimalisatie van de processen.

Om een complexe hybride MBR-installatie goed te kunnen bedienen is goed opgeleid personeel noodzakelijk, waarbij er ook voor gezorgd moet worden dat de opgedane kennis paraat blijft. De inzet van een pilot installatie, die al in gebruik is tijdens de bouw, blijkt grote toegevoegde waarde te hebben. Gedurende de eerste jaren is een vergrote inzet van personeel gewenst, waarbij ook andere vakdisciplines betrokken moeten worden.

**BIJLAGE 1**

# MONITORINGPROGRAMMA HYBRIDE MBR OOTMARSUM

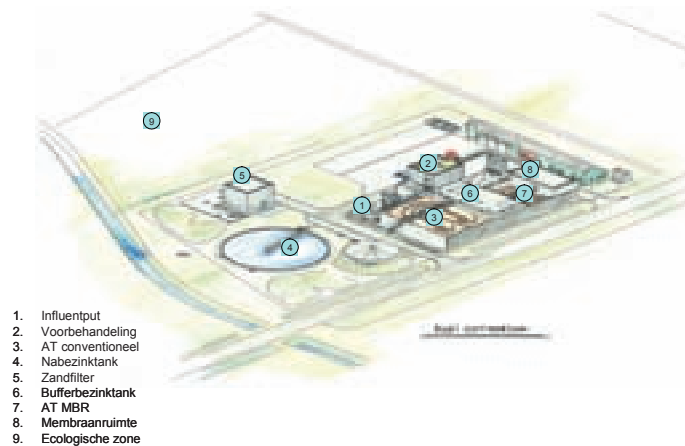
## INLEIDING

Omdat de rwzi nog niet stabiel heeft gedraaid met alle monsterpunten kwalitatief in orde (zie rapport: illegale lozing en beïnvloeding monsterpunten), is nog maar een deel van het monitoring programma uitgevoerd. Met name aan de bijzondere stoffen is nog bijna geen onderzoek uitgevoerd, omdat met name de monsternamen dan kwalitatief goed in orde moet zijn. In onderstaand overzicht staat informatie over het programma.

## MONITORINGPROGRAMMA

In dit monitoringprogramma onderscheiden we 3 groepen van monsterpunten:

Zuivering: monsterpunten hierbij zijn; totaal influent, toevoer MBR, afvoer MBR, afloop NBT, afloop zandfilter, totaal effluent.



Watersysteem: monsterpunten hierbij zijn; uitloop biozone, Wiemselbeek bovenstrooms, Wiemselbeek benedenstrooms.



Afvalwaterketen: monsterpunten hierbij zijn. totaal influent, afloop zandfilter, afvoer MBR, totaal effluent, uitloop biozone, Wiemselbeek bovenstrooms, Wiemselbeek benedenstrooms.



**MONITORINGPARAMETERS**

Binnen de verschillende ketens worden verschillende groepen parameters gemonitord.

Groep Chemisch: debiet, CZV, BZV, NKj, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, N-totaal, PO<sub>4</sub>-P, P-totaal, Onopgeloste bestanddelen.

Groep Actief slib: droge stof, as, filtratietesten, viscositeitmetingen, microscopisch slibonderzoek, vezelonderzoek.

Groep Afvalwater: metalen (8), EOX, fenol-index, vluchtige aromaten (BTEXN) en chlooralifaten (12 verbindingen)

Groep Hormonen: ER-calux assay als maat voor de oestrogene activiteit

Groep Geneesmiddelen: Geneesmiddelenpakket 1 en 2 van Omegam

Groepen Watersysteem: nog niet bekend

**MONITORING ZUIVERINGKETEN**Doelstellingen

Met de resultaten van het onderzoeksprogramma wordt beoogd om:

- de prestaties van de hybride installatie te evalueren;
- de prestaties van de conventionele installatie + zandfilter te evalueren;
- de prestaties van de conventionele installatie + zandfilter te vergelijken met de prestaties van de mbr;
- de prestaties van de verschillende logische procesonderdelen in onderlinge samenhang te kunnen evalueren;
- de prestaties van de hybride installatie te vergelijken met de hybride MBR Heenvliet;
- de prestaties van de mbr en de conventionele installatie + zandfilter te kunnen vergelijken met mbr's en zandfilters op andere locaties;
- optimalisaties te kunnen uitvoeren.

Monitoring groepen

De groepen Chemisch en Actief slib worden in deze keten gemonitord.

**MONITORING WATERSYSTEEMKETEN**Doelstellingen**MONITORING AFVALWATERKETEN**DoelstellingenMonitoring groepen

De groepen Afvalwater, Hormonen en Geneesmiddelen worden in deze keten gemonitord.

**MONITORINGFREQUENTIE**

Bij de bemonstering van de waterlijn van de rwzi zullen maandelijks 4 bemonsteringen plaatsvinden. Dit is een verhoging van de vereiste frequentie vanuit de WVO (2 maal per maand). De sliblijn wordt 2 maal per maand bemonsterd. De zware metalen zullen maandelijks gemonitord worden. Voor de andere parameters zal de frequentie afwijkend zijn, wisselend van een enkele monsternamen tot een aantal monsternames tot een intensieve meetreeks van een week.

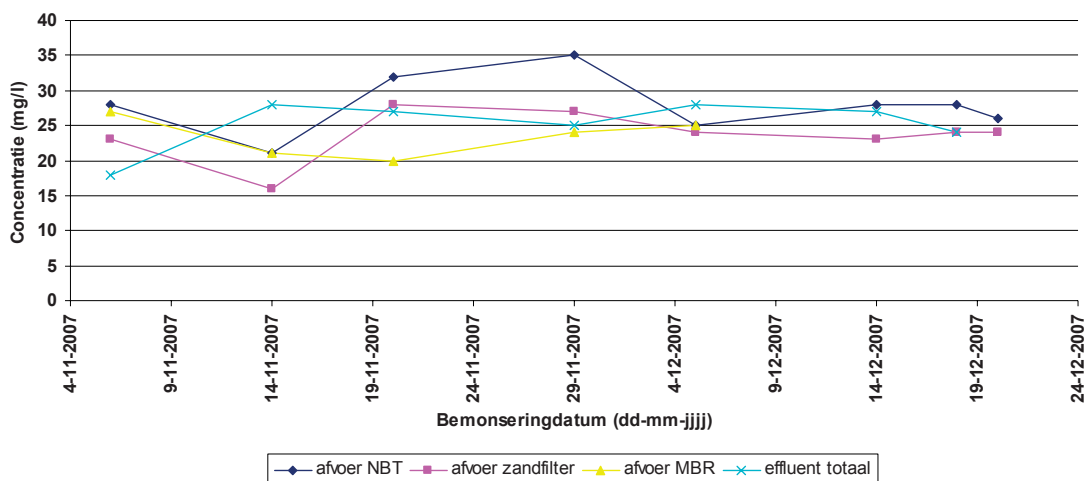


BIJLAGE 2

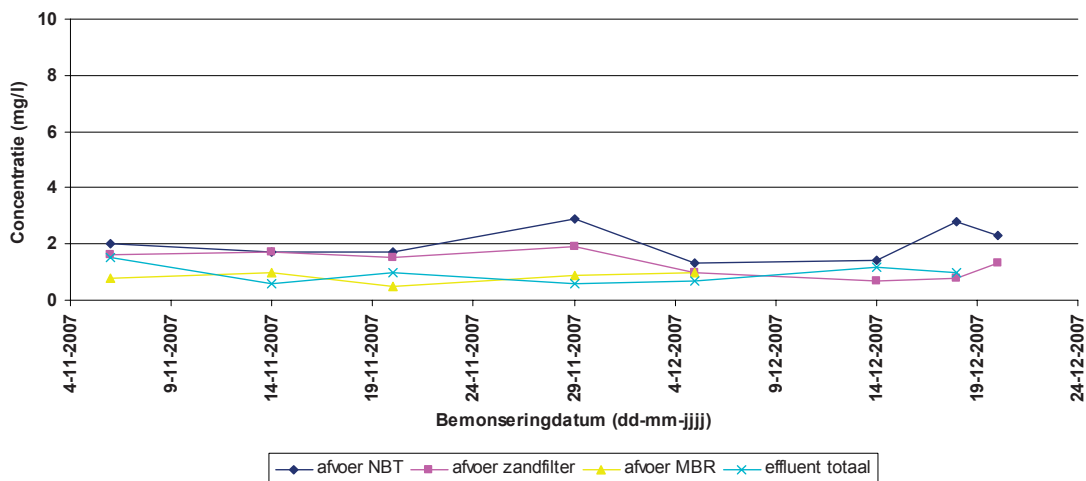
# GEMETEN CONCENTRATIES PER ZUIVERINGSDEEL TIJDENS OPSTARTFASE



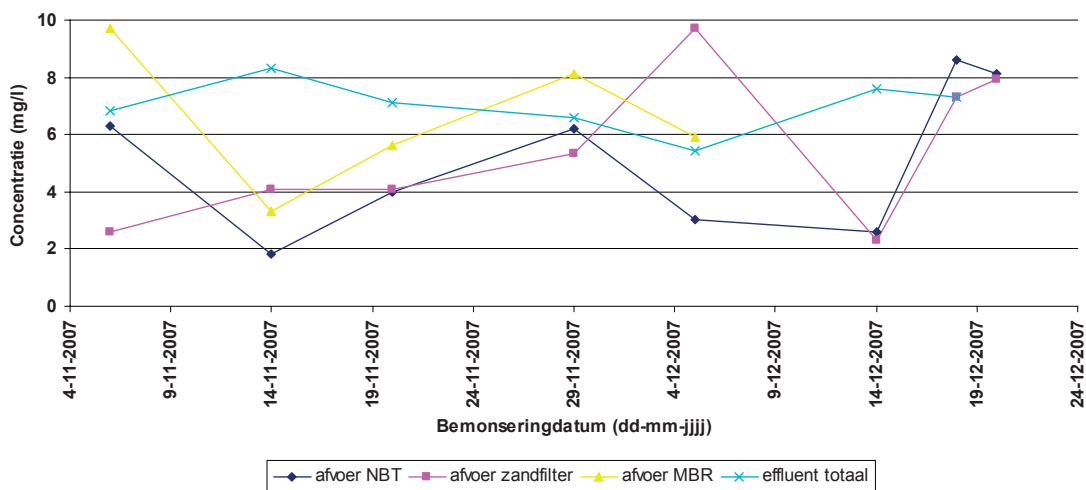
Gemeten concentratie CZV

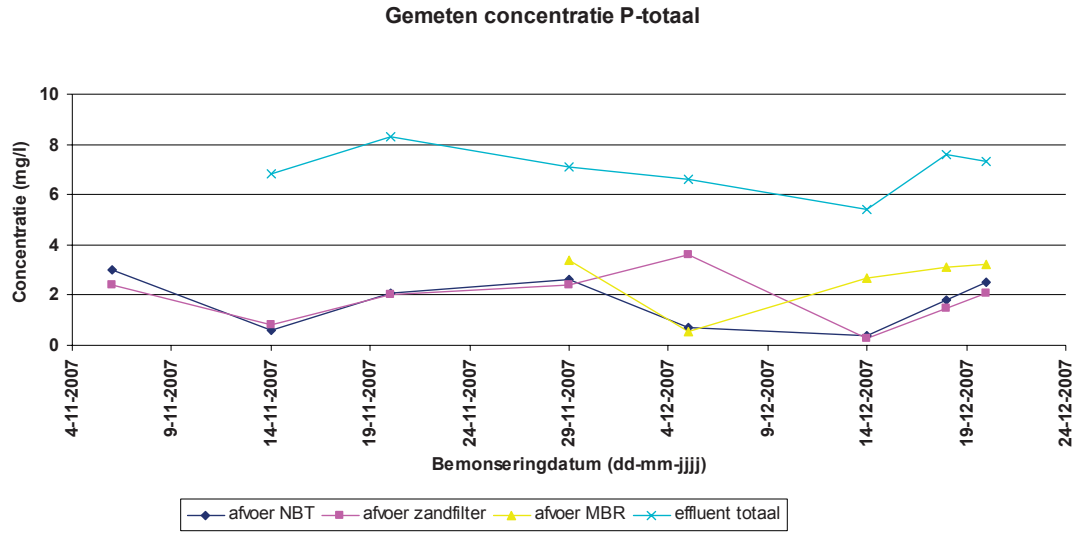


Gemeten concentratie BZV



Gemeten concentratie N-totaal



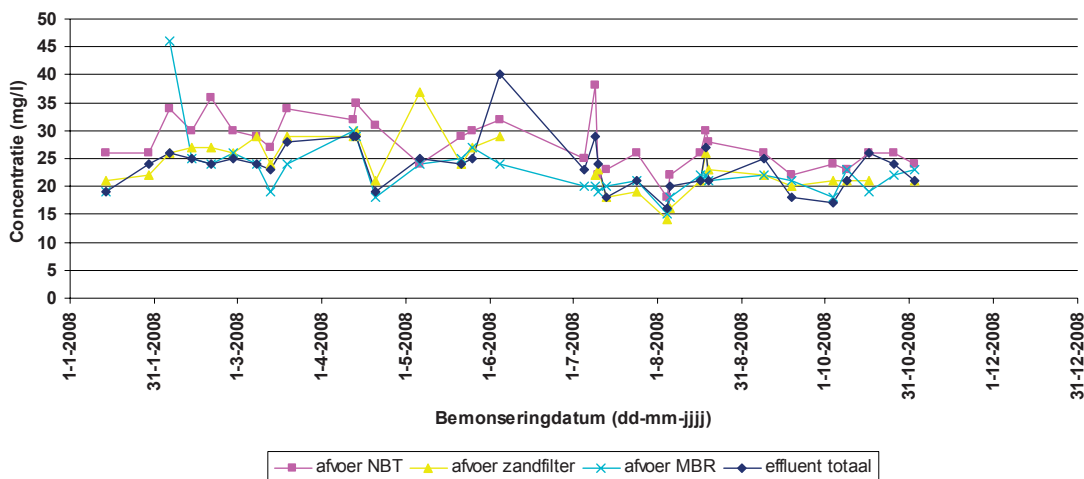




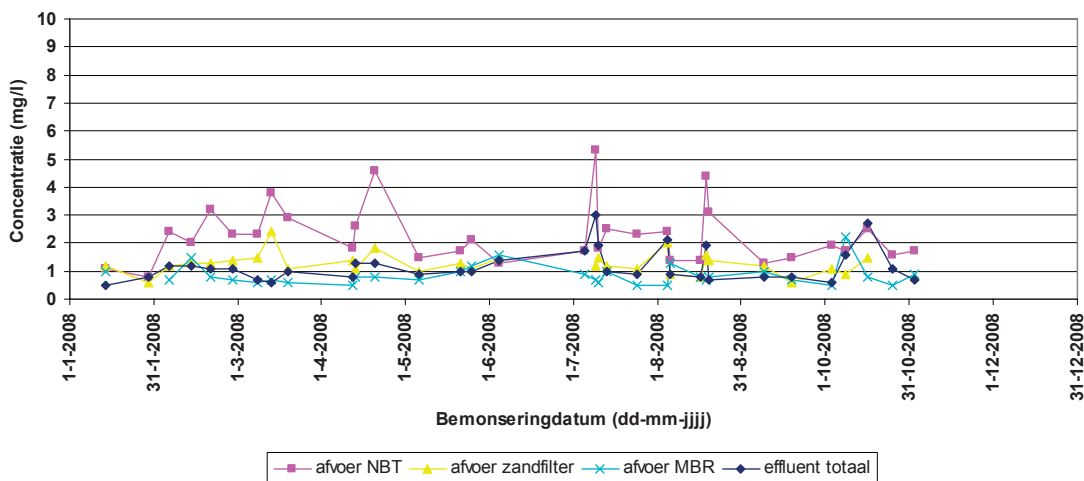
**BIJLAGE 3**

# GEMETEN CONCENTRATIES IN PARALLELBEDRIJF PER ZUIVERINGSDEEL

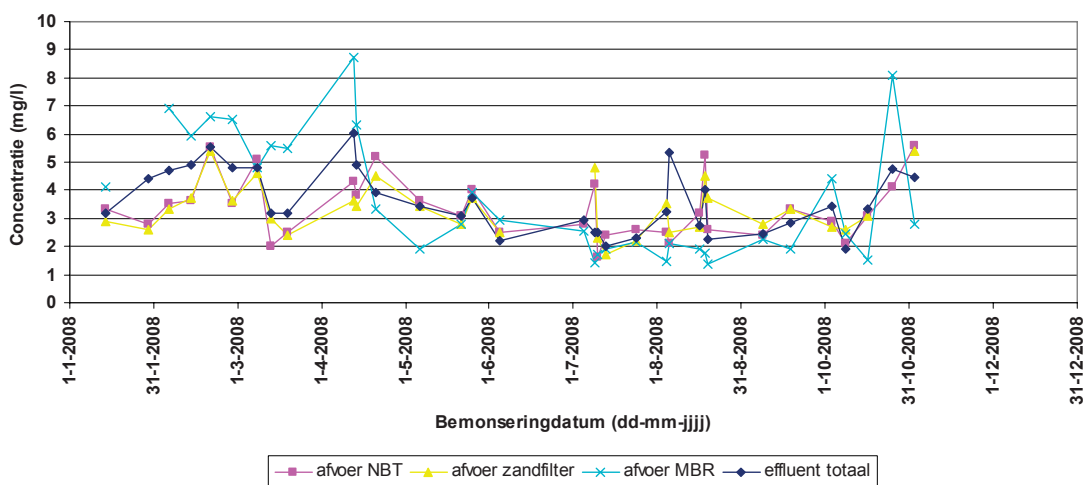
### Gemeten concentratie CZV



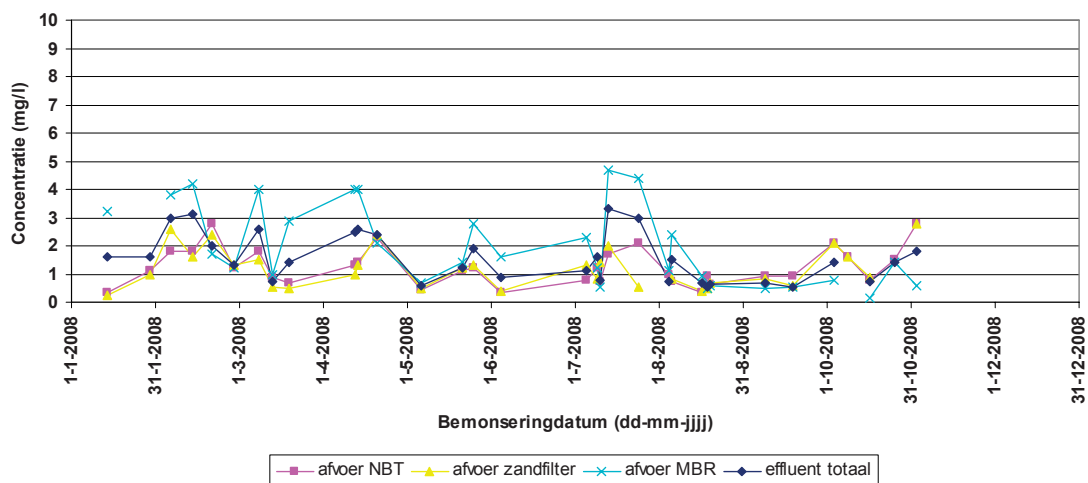
### Gemeten concentraties BZV



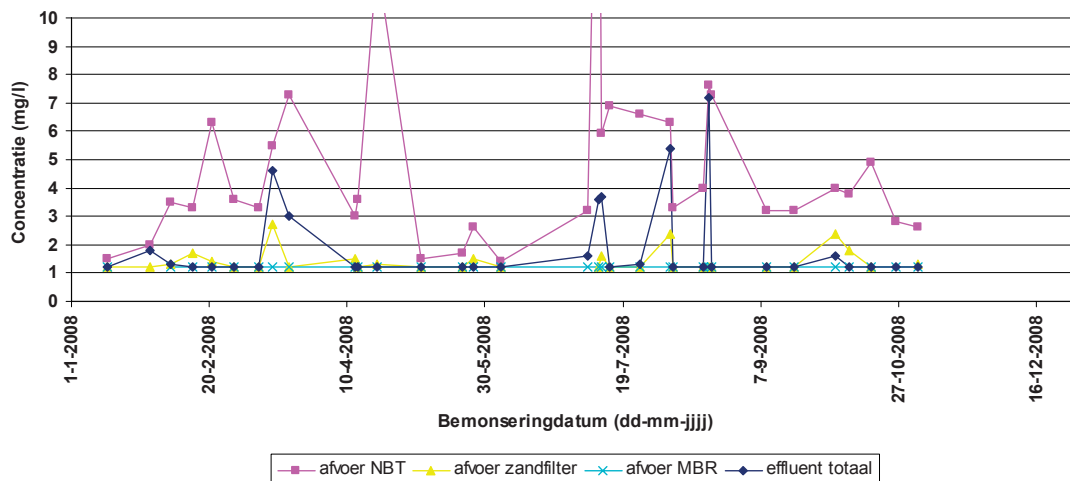
### Gemeten concentraties N-totaal



### Gemeten concentraties P-totaal



### Gemeten concentraties onopgelost



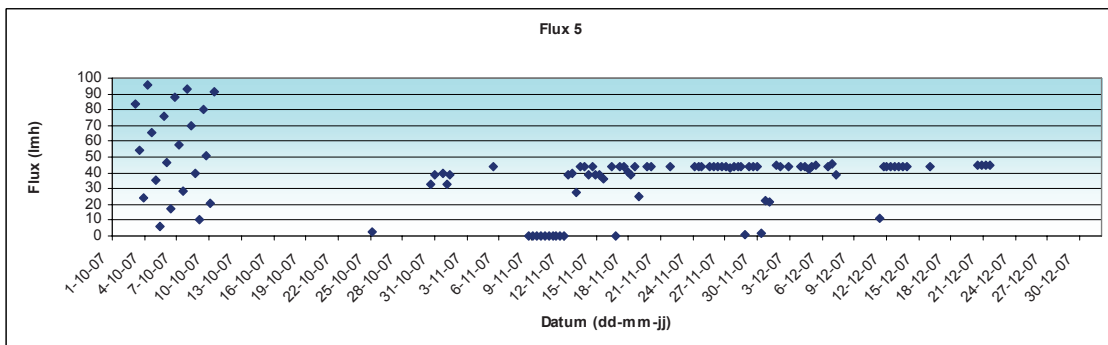
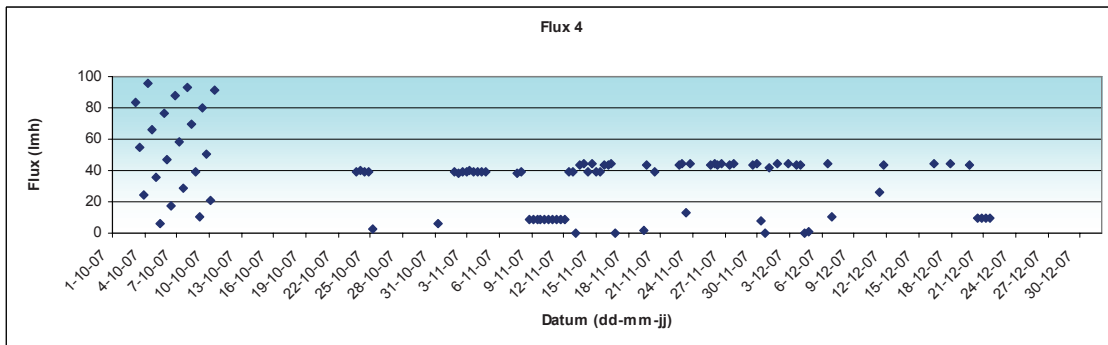
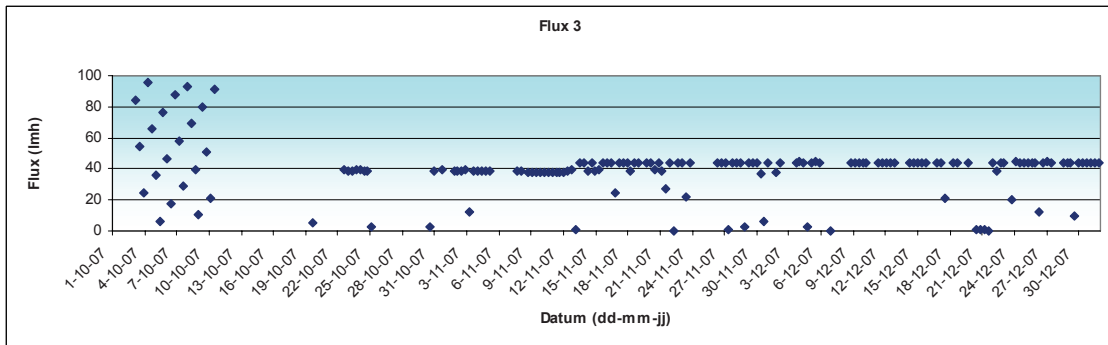
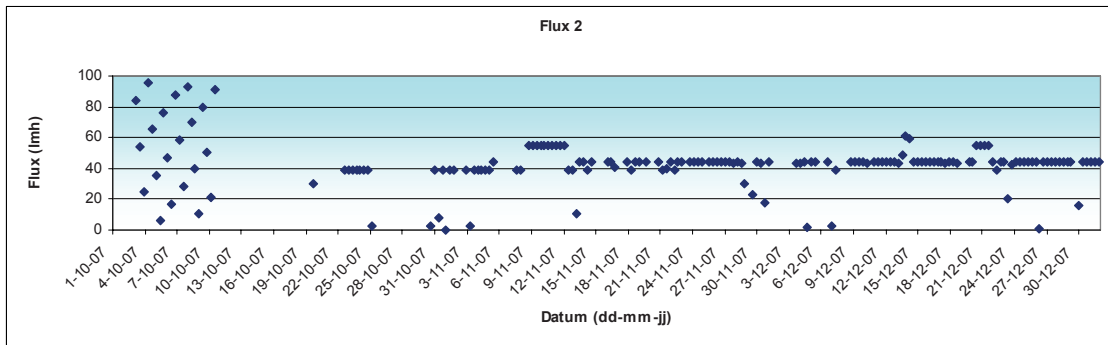
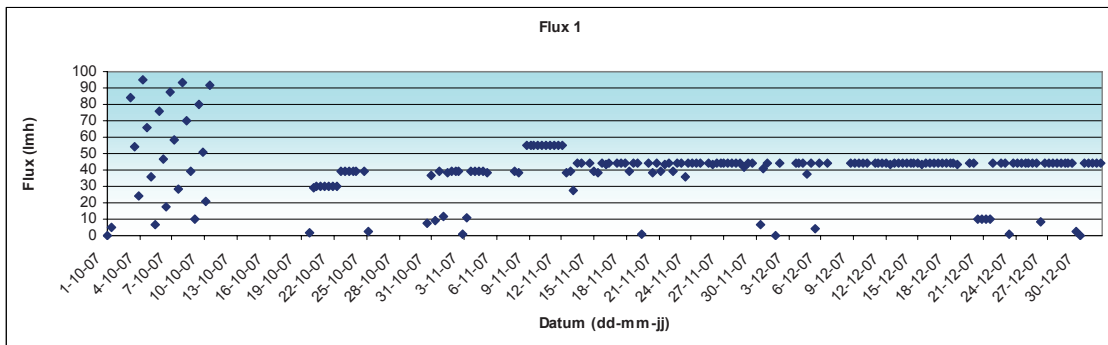


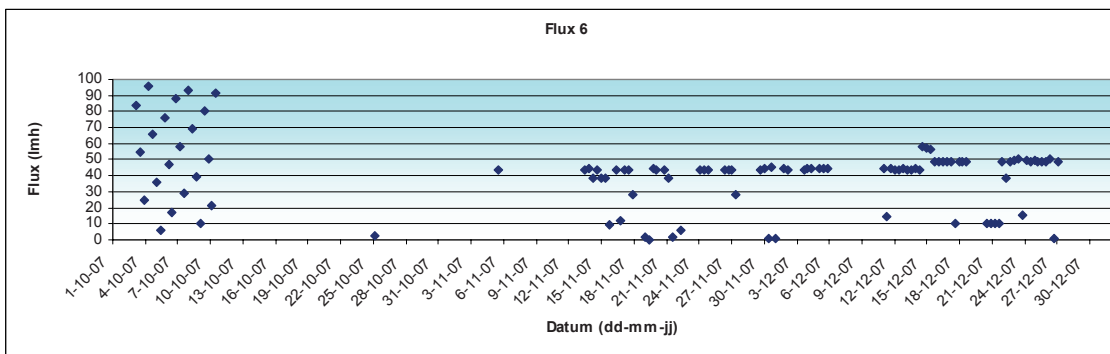
**BIJLAGE 4**

# TRANSMEMBRAANDRUK EN FLUX TIJDENS OPSTART

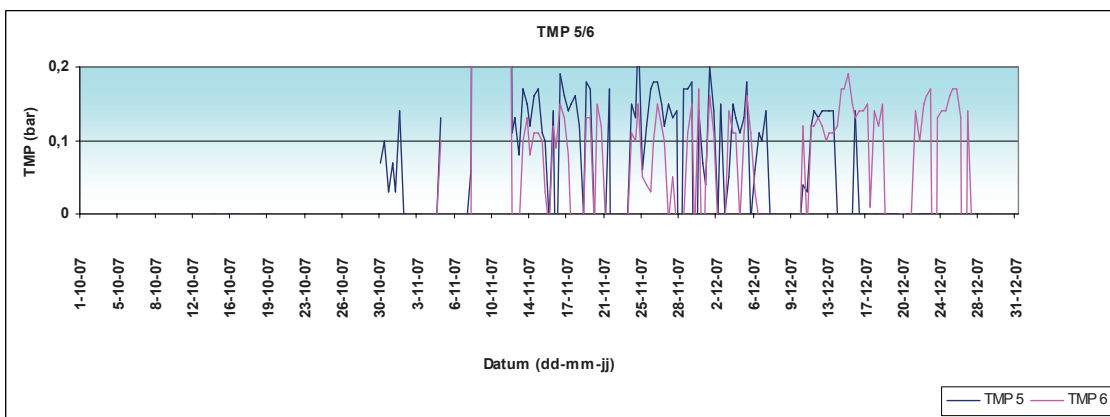
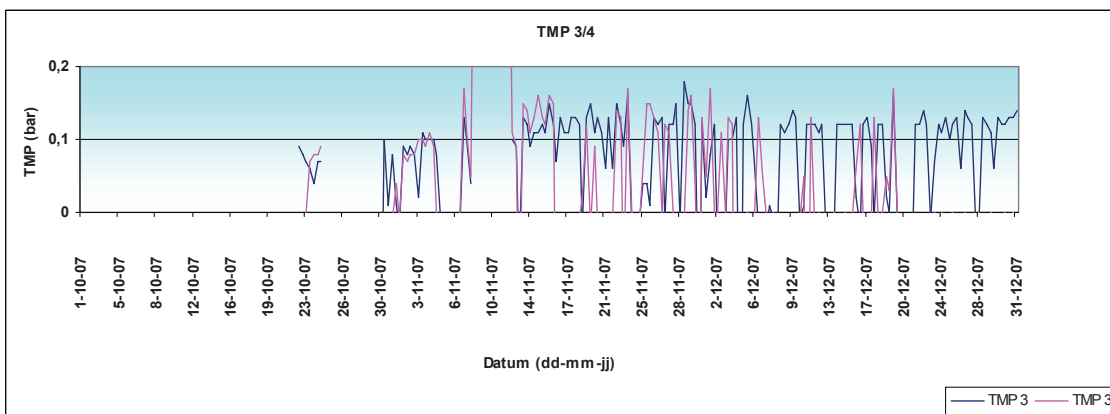
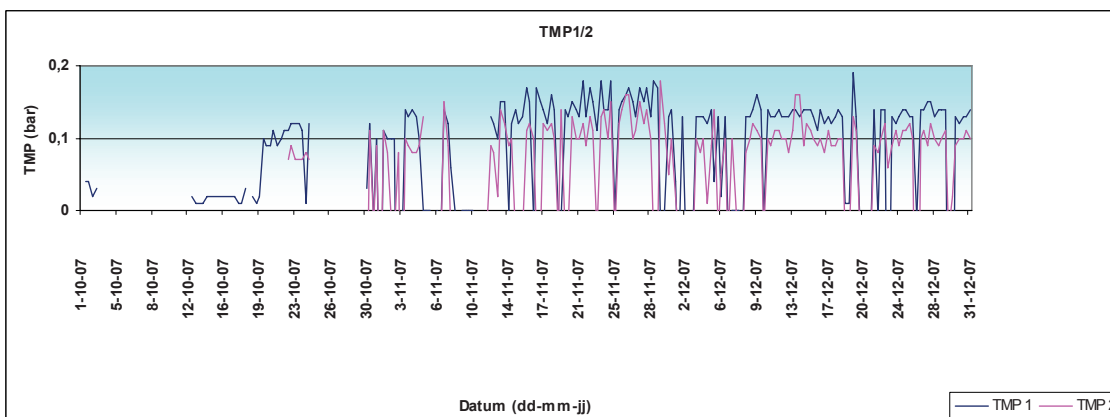


Momentane (bruto) flux over de membranen gedurende de opstart. Wegens een niet meer te herstellen fout zijn de fluxen te laag (fout < 5%).





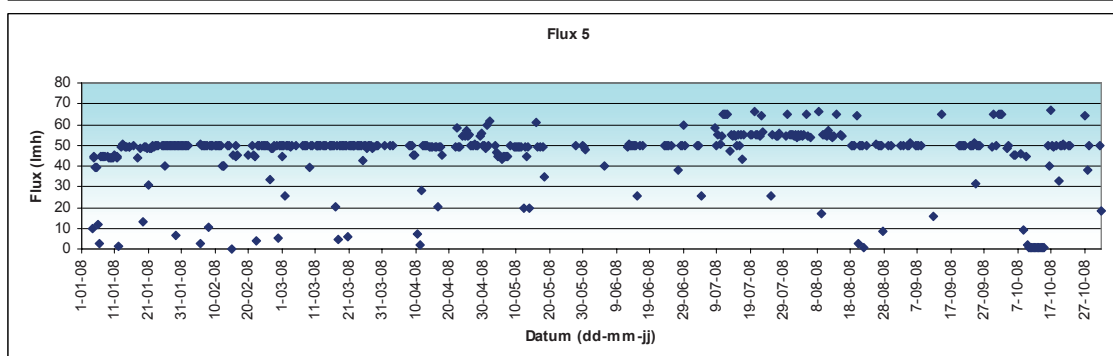
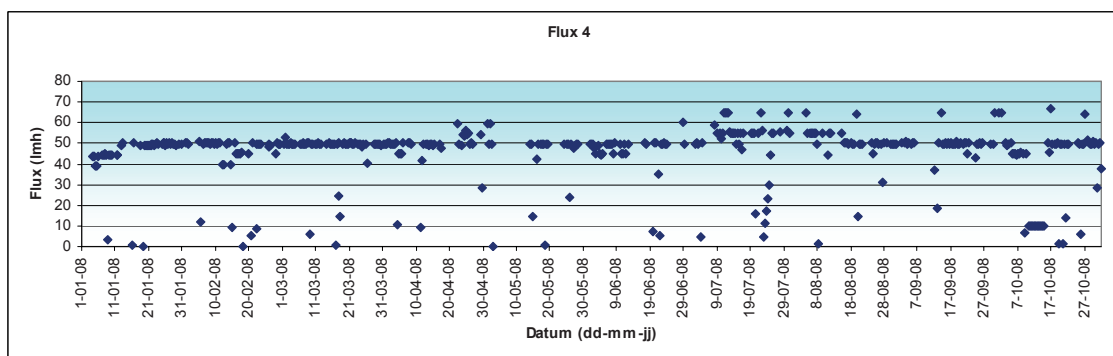
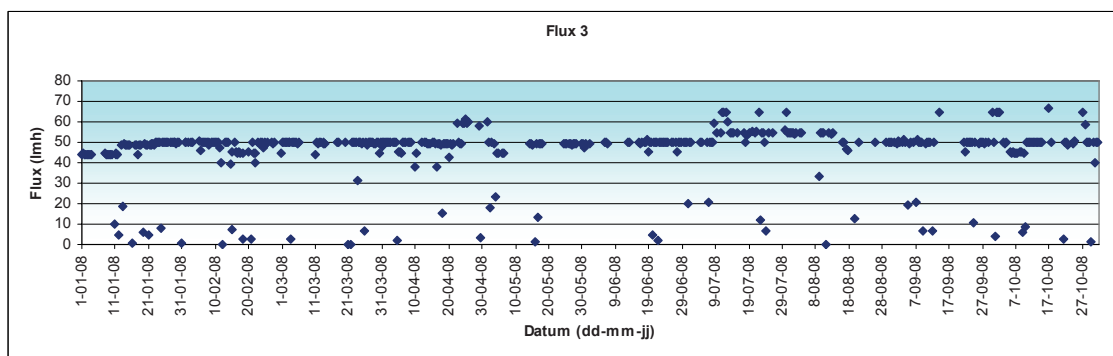
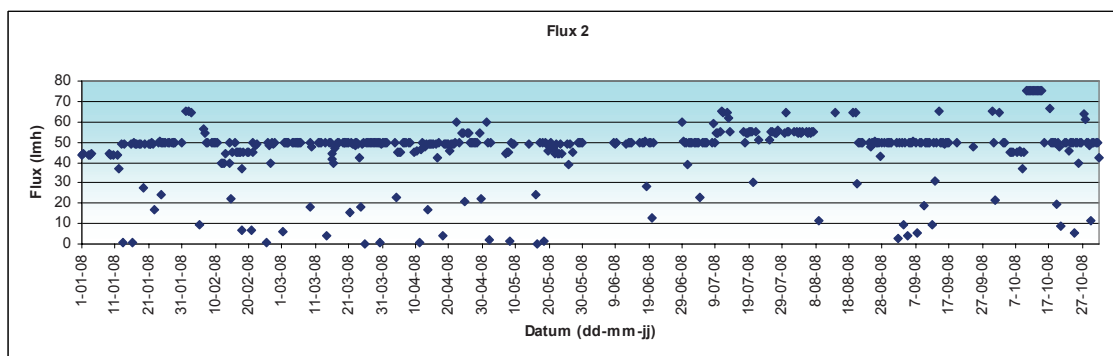
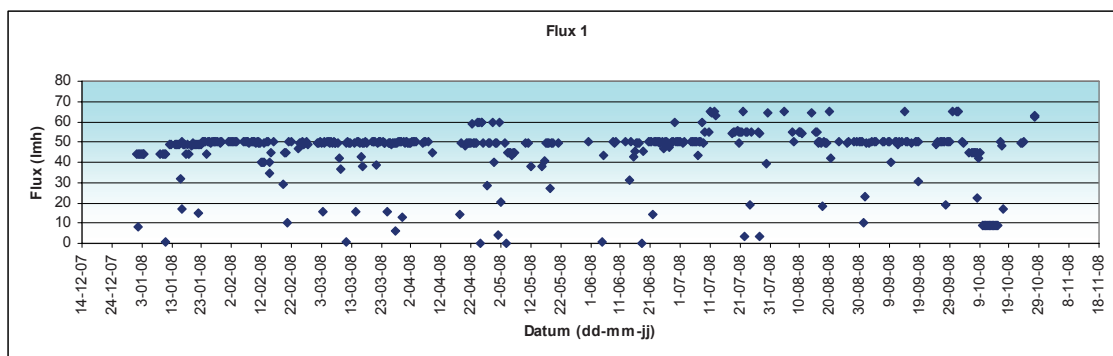
Transmembraandruk gedurende de opstart periode van MEE 1 tot 6.

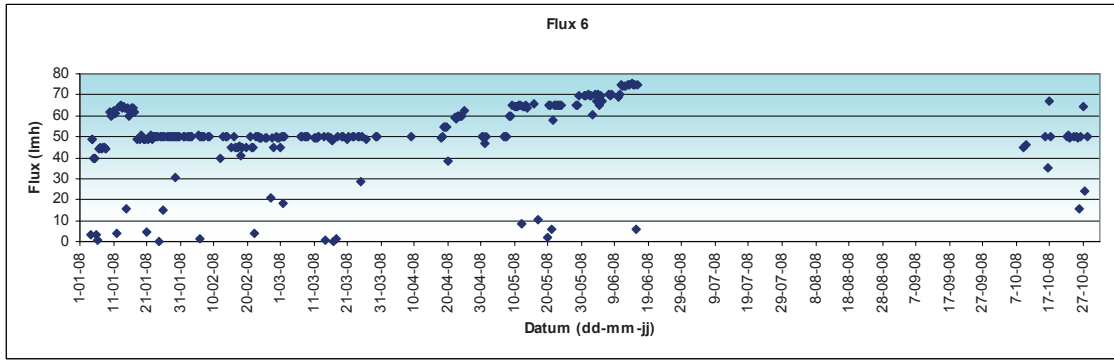




BIJLAGE 5

# FLUX IN PARALLELBEDRIJF







BIJLAGE 6

# DETAILOPMERKINGEN BEDRIJFSVOERING HYBRIDE-MBR



### SPECIFIEKE AANDACHTSPUNTEN

- Bij RWA wordt er veel slib aangevoerd vanuit de riolering, waardoor de aanvoerpomp het influent vanuit de bufferbezinktank met moeite naar de trommelzeven kan verpompen en de trommelzeven verstopten (te hoog % ds). Een oplossing kan zijn om voor deze situatie de slibzak van de bufferbezinktank te mengen, zodat het homogener mengsel ontstaat en de problemen niet meer ontstaan.
- De trommelzeven zijn ontworpen op 100% reservestelling. In eerste instantie waren de trommelzeven uitgevoerd met een filter met een doorlaat van 0,8 mm. Medio mei 2008 zijn deze voorzien van een filtergaas met een doorlaat van 2 mm. Dit is gedaan omdat erg veel vuil werd afgevangen met het 0,8 mm filterdoek. Tevens werkt de drain reiniging bij de membranen dusdanig goed dat de doorlaat vergroot kon worden.
- De trommelzeven zijn uitgevoerd met een niveaumeting door middel van elektrodes. Deze vervuilen erg snel en moeten wekelijks worden gereinigd. Een contactloze meting kan veel onderhoud voorkomen.
- Het afgevangen vuil van de trommelzeven wordt rechtstreeks afgevoerd naar de conventionele zuivering. Het blijkt dat vooral de afgevangen haren en plastics uiteindelijk via de effluentaflaat van de nabezinktank op het zandfilter terecht komen. Bij het spoelen van de zandfilters komt dit via de vuilwaterkelder weer terug in de conventionele zuivering. Er ontstaat een opbouw van dit vuil in de conventionele zuivering. Voor het verwijderen van dit vuil uit het systeem moet een extra verwijderingstrap worden ingebouwd.
- De (spoe)luchtbehoefte van de membranen is tijdens en na de opstart geoptimaliseerd. Ook lijkt de O<sub>2</sub>-overdracht in de biologie beter te zijn, dan waar in het ontwerp rekening mee is gehouden. Hierdoor worden de beluchtingelementen laag belast. Aangezien 2/3 van de elementen bestaan uit keramische elementen kan de installatie niet worden afgeschakeld ter voorkoming van verstopping. Het vermoeden is dat de keramische elementen op dit moment hun capaciteit niet meer halen door de lage belasting en als gevolg daarvan verslijming (verstopping). Een betere toepassing zou zijn het toepassen van membraanbeluchters en ook het segmenteren van de beluchtingsrekken, zodat de gedeeltes af- of ingeschakeld kunnen worden afhankelijk van de luchtbehoefte. Voor de verzorging van de luchtbehoefte van de gehele zuivering is in de ontwerpfase gekozen voor centrifugaal blowers. Door de optimalisatie van de spoellucht van de membranen en de betere zuurstofoverdracht in de biologie is de minimum luchtbehoefte van de gehele installatie kleiner dan berekend in de ontwerpfase. Van de geïnstalleerde centrifugaal blowers, de kleinste in hun soort, is de minimum capaciteit groter dan de in praktijk nodige luchtbehoefte.
- Een exacte luchtdebietmeting op de membraan eenheden ontbreekt. De gemonteerde flow indicator/meting is te onnauwkeurig.
- Het filter (strainer) in de aanvoerleiding van de membraan eenheden kan vervallen, als het biologisch deel van de zuivering volledig is afgedekt en de trommelzeven in combinatie met de drain reiniging goed functioneren.

- Voor de drain reiniging is, tijdens de reeds in uitvoering zijnde bouw, in de kelder onder de membraanruimte alsnog een pompput voorzien. In praktijk blijkt deze te klein en als gevolg daarvan zorgt de plotse aanvoer van het drainwater voor luchtinslag in de afvoerpompen, waardoor de afvoer niet gewaarborgd is.
- De toepassing van een warmwater-unit voor de reiniging van de membranen, kan leiden tot een snellere reiniging en een beter reinigingsresultaat.
- De spoelpompen lopen snel uit de curve bij een iets hogere weerstand in de membranen, waardoor deze gaan caviteren.



BIJLAGE 7

# FOTO IMPRESSIE RWZI OOTMARSUM

**OUDE INSTALLATIE**



**NIEUWBOUW**



**IN BEDRIJF**

