

Quicksan varianten rwzi Ootmarsum



Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Hoofdstuk 1	Inleiding 8
1.1	Aanleiding 8
1.2	Doelstelling 8
Hoofdstuk 2	Uitgangspunten 10
2.1	Influentaandoer 10
2.2	Effluenteisen..... 11
2.3	Huidige procesconfiguratie..... 12
2.4	Huidig energieverbruik 15
2.5	Kostenramingen..... 16
Hoofdstuk 3	Beschrijving varianten 18
3.1	Hybride-MBR 18
3.2	Conventioneel..... 22
3.3	Hybride Nereda..... 24
Hoofdstuk 4	Uitwerking varianten 28
4.1	Energieverbruik 28
4.2	Kostenraming..... 28
4.3	Gevoelighedsanalyse energieverbruik en jaarlasten..... 29
4.4	Aandachtspunten verdere uitwerking ontwerp 33
Hoofdstuk 5	Synthese 35
Bijlagen	 40
Bijlage 1 – Procesconfiguratie rwzi Ootmarsum	
Bijlage 2 – Analyse huidig energieverbruik	
Bijlage 3 – Energieverbruik rwzi Ootmarsum in (inter)nationale context	
Bijlage 4 – Resultaten optimalisatie membranen	
Bijlage 5 – Geoptimaliseerde bedrijfsvoering membranen rwzi Ootmarsum	
Bijlage 6 – Energieverbruiken varianten quickscan	
Bijlage 7 – Investeringskosten varianten rwzi Ootmarsum	
Bijlage 8 – Jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum	
Bijlage 9 – Optimalisatie mengenergie	

Samenvatting

De rwzi Ootmarsum is omstreeks 2005 vernieuwd en uitgevoerd als een hybride installatie met een klassiek actief slib proces met enerzijds nabezinking en nageschakelde zandfiltratie en anderzijds een membraanbioreactor. Deze rwzi is ontworpen om rioolwater vergaand te zuiveren. Dit is in het verleden gedaan, omdat het ontvangende watersysteem natuurgericht is met hoog ecologisch potentieel. Anderzijds is hiermee invulling gegeven aan de landelijke ontwikkeling voor inzet van MBR's t.b.v. ruimtebesparing.

Juist de exploitatiekosten van de huidige membranen zijn nu veel hoger dan van een klassieke bezinking, mede door het hoge energieverbruik om het afvalwater door het membraan te leiden. Daar komt bij dat de membranen op dit moment bij RWA niet meer de capaciteit leveren die gewenst is. Ook blijkt dat de eisen ten aanzien van de effluentlozing minder streng zijn, dan verwacht tijdens het ontwerp. Omdat het waterschap Vechtstromen nog een aanmerkelijke opgave in energiebesparing heeft in te vullen en een doelmatig opererend waterschap wil zijn, is het gewenst alternatieven te ontwerpen voor de inzet/vervanging van de membranen.

In deze quickscan worden de volgende drie varianten met elkaar vergeleken:

- Variant 1: Handhaven huidige configuratie + optimalisatie (hybride MBR)
- Variant 2: Ombouw naar een conventionele rwzi met nabezinking
- Variant 3: Ombouw naar een hybride Nereda systeem

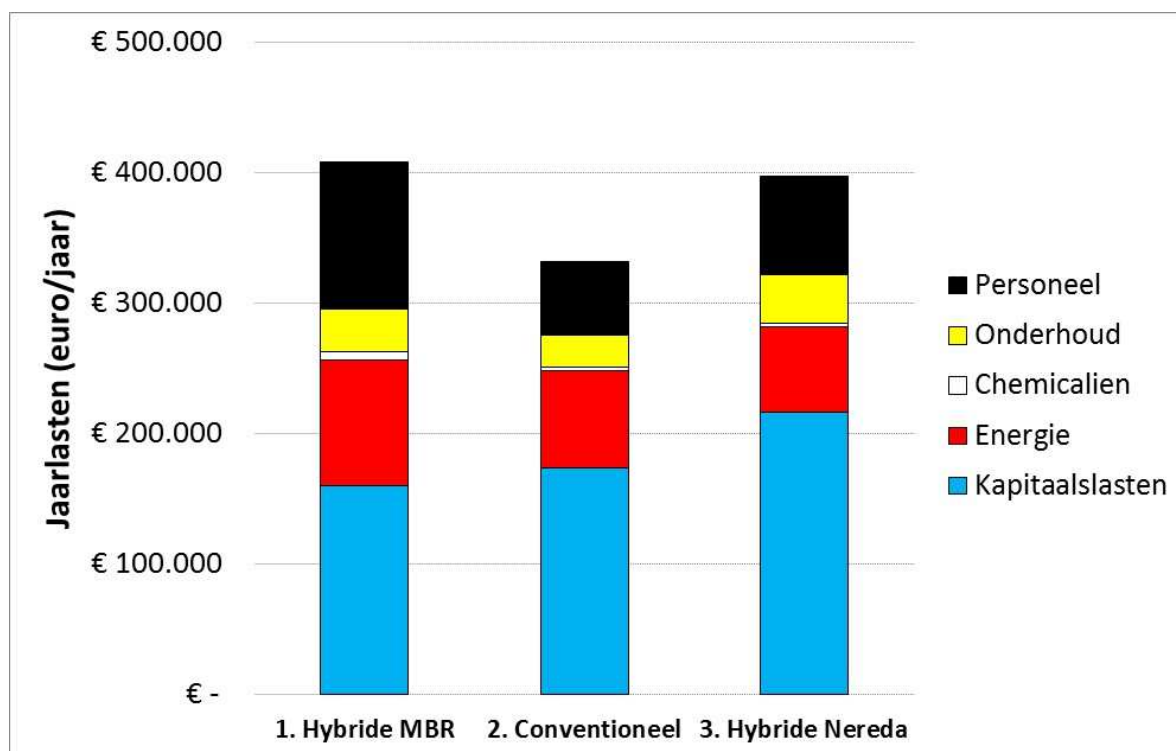
Deze varianten worden op hoofdlijnen met elkaar vergeleken op de volgende aspecten:

- Kosten (exploitatie en investering)
- Continuïteit/bedrijfszekerheid (beheer)
- Effluentkwaliteit (huidige lozingsvergunning, harmonisatie lozingseisen, mogelijkheid tot verwijdering van microverontreinigingen en microplastics)
- Innovatie (toepassing nieuwe technieken)
- Duurzaamheid (energie, hulpstoffen gebruik)

De resultaten van deze quickscan zijn weergegeven in tabel A, figuur a en tabel B.

Tabel A – Energieverbruik varianten rwzi Ootmarsum

	Eenheid	Huidig	Hybride MBR	Conventioneel	Hybride Nereda
Totaal energieverbruik	MWh/jaar	1254	967	744	654
Totaal energieverbruik	kWh/m ³ behandeld	0,86	0,66	0,51	0,45
Totaal energieverbruik	kWh/ i.e. verwijderd 150 g TZV	98	76	58	51



Figuur a- jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

Tabel B – Beoordeling overige aspecten varianten rwzi Ootmarsum

	Huidig	Hybride MBR	Conventioneel	Hybride Nereda
Continuïteit en bedrijfszekerheid	0	++	++	+
Energieverbruik	0	+	++	++
Chemicaliënverbruik	0	-	+	+
Mogelijkheid tot innovatie	0	+	--	+
Mogelijkheid tot verwijdering microverontreinigingen	0	++	-	--

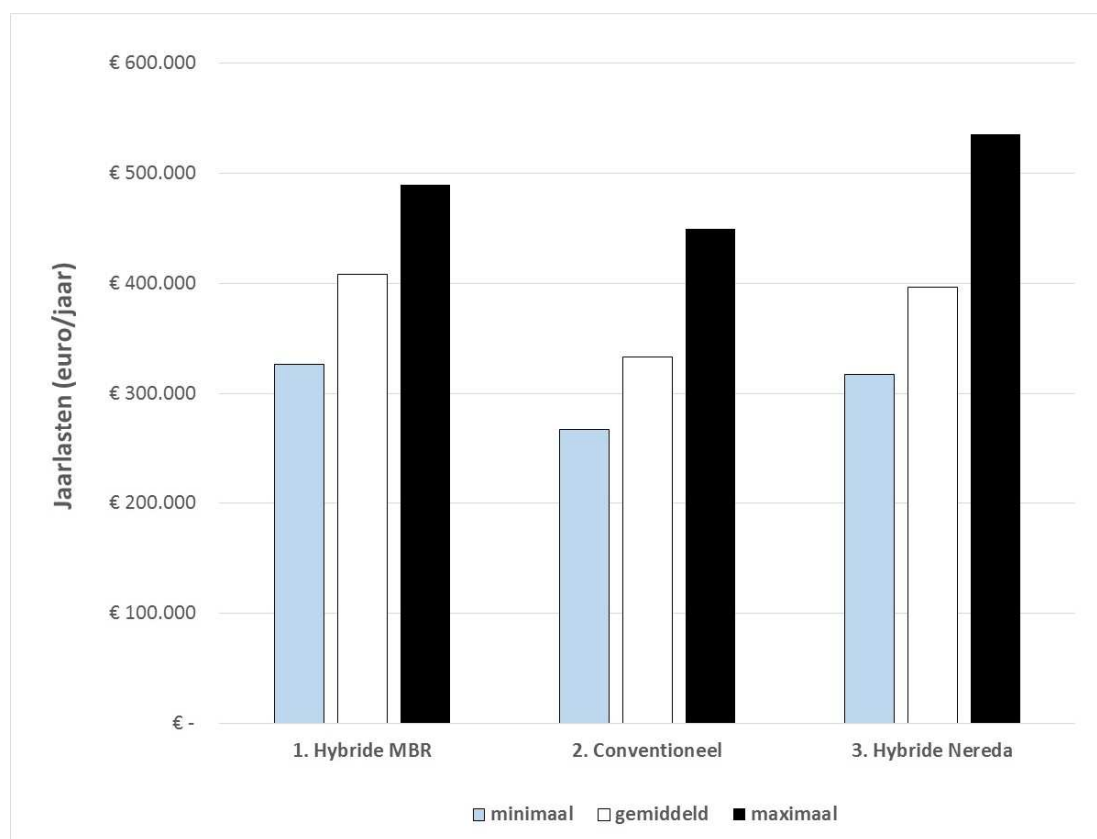
Uit figuur a en tabellen A en B kan het volgende worden afgeleid:

- De hybride Nereda variant scoort het beste op het gebied van energieverbruik, gevolgd door de conventionele variant. De hybride MBR variant heeft het hoogste energieverbruik.
- Op het gebied van de jaarlasten scoort de conventionele variant het beste; de hybride MBR variant is qua jaarlasten nagenoeg gelijk aan de hybride Nereda variant.

- De hybride MBR variant scoort het beste op de overige aspecten in tabel B, gevolgd door de hybride Nereda variant. De conventionele variant scoort het slechtst.

Aangezien het energieverbruik nog steeds hoger uitpakt dan (landelijk) gemiddeld ¹ voor de verschillende varianten, is bekeken welke resultaten kunnen worden behaald met complete nieuwbouw van het hedendaags energiezuinigste concept: een volledig nieuwe Nereda-reactor met handhaving van het huidige zandfilter. Op basis van indicatieve berekeningen, blijkt deze variant met € 510.000 per jaar aan jaarlasten, significant duurder te zijn dan de gepresenteerde varianten; het energieverbruik is echter wel duidelijk lager: 24 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV.

De onnauwkeurigheid in de kostenberekeningen is groot, vanwege de uitwerking op schetsnontwerpiveau: zie figuur b. Uit deze figuur kan worden afgeleid, dat de onderzochte varianten niet onderscheidend zijn op het gebied van jaarlasten, vanwege de onnauwkeurigheid in de kostenberekeningen.



Figuur b- Onnauwkeurigheid in jaarlasten quickscan varianten rwzi Ootmarsum

¹ 30 kWh/i.e. 150 g TZV verwijderd

De gepresenteerde kostenramingen van de varianten zijn onvolledig en indicatief en alleen bedoeld om de verschillende varianten onderling te vergelijken. De onnauwkeurigheid in de kostenberekeningen bedraagt $\pm$ 30-40%. Op basis van deze quickscan kan daarom geen voorkeursvariant worden bepaald. Deze keuze wordt bepaald door meer of minder gewicht toe te kennen aan factoren als investeringsomvang, jaarlasten, personeelsinzet, duurzaamheid, mate van innovativiteit en toekomstige mogelijkheid tot het verwijderen van microverontreinigingen en microplastics en het omgaan met nieuwe problemen zoals antibioticaresistentie. Het is daarom aan Waterschap Vechtstromen, om in te schatten wat belangrijk wordt geacht voor de toekomst van rwzi Ootmarsum.

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De rwzi Ootmarsum is omstreeks 2005 vernieuwd en uitgevoerd als een hybride installatie met een klassiek actief slib proces met enerzijds nabezinking en nageschakelde zandfiltratie en anderzijds een membraanbioreactor. Deze rwzi is ontworpen om rioolwater vergaand te zuiveren. Dit is in het verleden gedaan, omdat enerzijds het ontvangende watersysteem natuurgericht is met hoog ecologisch potentieel. Anderzijds is hiermee invulling gegeven aan de landelijke ontwikkeling voor inzet van MBR's ten behoeve van ruimtebesparing.

De membranen, die zijn toegepast komen aan het geschatte einde van hun levensduur en zouden moeten worden vervangen. Met vervanging is een aanzienlijk bedrag gemoeid. Op dit moment loopt een twee jarig onderzoek waarin waterschap Vechtstromen en Pentair X-Flow samen optimalisatiekansen verkennen ten behoeve van de membraanbioreactor (MBR). Doel van dit onderzoek is enerzijds het optimaliseren van de bedrijfsvoering (exploitatie) van de MBR installatie en anderzijds het verzamelen van informatie omtrent het membraansysteem met het doel te kunnen anticiperen op toekomstige ontwikkelingen, zoals invloed op vervangingsinvesteringen.

Juist de exploitatiekosten van de huidige membranen zijn nu veel hoger dan van een klassieke bezinking, mede door het hoge energieverbruik om het water door het membraan te leiden. Daar komt bij dat de membranen op dit moment bij RWA niet meer de capaciteit leveren die gewenst is. De wat lagere capaciteit wordt overigens wel lang stabiel gehouden door extra reiniging met chemicaliën en warm water.

Omdat Vechtstromen nog een aanmerkelijke opgave in energiebesparing heeft in te vullen en een doelmatig opererend waterschap wil zijn is het gewenst alternatieven te ontwerpen voor de inzet/vervanging van de membranen. Dit alternatief zal bestuurlijk worden afgewogen tegen het in stand houden van het deel met membranen als demonstratie- en ontwikkelingslocatie voor innovatieve toepassingen.

1.2 Doelstelling

In deze quickscan worden de volgende drie varianten met elkaar vergeleken:

- Variant 1: handhaven huidige configuratie + optimalisatie (hybride MBR)
- Variant 2: Ombouw naar een conventionele rwzi met nabezinking
- Variant 3: Ombouw naar een hybride Nereda systeem

Deze varianten worden op hoofdlijnen met elkaar vergeleken op de volgende aspecten:

- Kosten (exploitatie en investering)
- Continuïteit/bedrijfszekerheid (beheer)
- Effluentkwaliteit (huidige lozingsvergunning, harmonisatie lozingseisen, mogelijkheid tot verwijdering van microverontreinigingen en microplastics)
- Innovatie (toepassing nieuwe technieken)
- Duurzaamheid (energie, hulpstoffen gebruik)

NB: In deze quickscan worden alleen die procesonderdelen met elkaar vergeleken die onderscheidend zijn tussen de verschillende varianten. Procesonderdelen die voor alle varianten nodig zijn en waarvan de dimensionering niet wijzigt door toepassing van één van de drie varianten, worden niet meegenomen in de beschouwing. Dit zijn:

- Influentgemaal
- Roostergoedverwijdering
- Zand- en vetverwijdering
- Luchtbehandeling
- Overige algemene voorzieningen zoals drinkwater, bedrijfswater, koeling, verwarming en ventilatie
- Slibindikking, slibbuffering en slibafvoer
- Effluentafvoer naar ecologisch filter

Daarnaast zijn de verschillende varianten niet verder uitgewerkt dan schetsontwerpniveau en bevatten daarom een grote onnauwkeurigheid ($\pm 30\text{-}40\%$).

De gepresenteerde kostenramingen van de varianten zijn onvolledig en indicatief en alleen bedoeld om de verschillende varianten onderling te vergelijken.

Hoofdstuk 2 Uitgangspunten

2.1 Influentaankvoer

Op basis van prognoses van waterschap Vechtstromen, wordt er vanuit gegaan, dat zowel de hydraulische als de biologische belasting van rwzi Ootmarsum in de toekomst gelijk blijft aan de huidige belasting. De uitgangspunten voor deze quickscan zijn daarom bepaald op basis van de gemiddelde aankvoer over de jaren 2013-2015. Deze zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 – Uitgangspunten influentaankvoer

RWA	m ³ /h	650
Q24	m ³ /d	3511
DWA debiet gemiddeld	m ³ /d	2388
DWA debiet maximaal	m ³ /h	149
CZV	kg/d	1399
BZV	kg/d	559
TKN	kg/d	121
Ptotaal	kg/d	18
DS	kg/d	676
Belasting	i.e. 150 g TZV	13.392
Belasting	i.e. 54 g BZV	10.556
Retourstromen	m ³ /h	90
Terreinrioolgemaal	m ³ /h	max 40
Zandfilter	m ³ /h	max 50

Rwzi Ootmarsum heeft relatief “dun” afvalwater, doordat er veel rioolvreemd water wordt afgevoerd naar de rwzi. Dit blijkt duidelijk uit tabel 2, waarin de concentraties aan organische stoffen in het influent van rwzi Ootmarsum vergeleken met het landelijk gemiddelde. In dit landelijk gemiddelde zijn alle rwzi's van Nederland vertegenwoordigd, dus met veel en weinig rioolvreemd water. Ten opzichte van dit landelijk gemiddelde, zijn de concentraties laag.

Tabel 2 – Uitgangspunten influentaankvoer (concentraties)

		Rwzi Ootmarsum	Landelijk gemiddelde
CZV	mg/l	398	520
BZV	mg/l	159	209
TKN	mg/l	35	48
Ptotaal	mg/l	5,3	7,5
DS	mg/l	193	243

Het beeld uit tabel 2 komt overeen met een studie naar rioolvreemd water. Gemiddeld ligt het percentage rioolvreemd water voor Nederlandse rwzi's op 30%-40%, terwijl het aandeel rioolvreemd water op rwzi Ootmarsum op 70-80% ligt. Deze lage concentraties beïnvloeden de prestaties van de biologie op de volgende wijze:

- De biologische fosfaatverwijdering verloopt trager vanwege het lage gehalte aan vetzuren en andere organische stoffen.

- Er is meer energie nodig per verwijderde kg organische stof om eenzelfde effluentkwaliteit te behalen. Dit wordt veroorzaakt doordat de energieverbruiken van een aantal onderdelen hydraulisch bepaald zijn. In het geval van rwzi Ootmarsum zorgt dit voor een aanvullende negatief effect, doordat het aandeel procesonderdelen, waarvan het energieverbruik bepaald wordt door de hydraulische doorzet, groter is dan landelijk gemiddeld. Rwzi Ootmarsum beschikt namelijk over een gedeeltelijke separate membraanfiltratie en zandfiltratie, waarvan het energieverbruik hydraulisch bepaald wordt.
- Mede door het aanvoeren van veel rioolvreemd water in combinatie met de vele bergingsmogelijkheden in het stelsel, komt op de rwzi Ootmarsum bij regenweer langdurig veel water binnen. Het gaat hierbij met name om dit langdurige effect. Een regenbui “ijlt” bij rwzi Ootmarsum langer na dan landelijk gemiddeld, vanwege de grote berging en het leegpompen van het rioolstelsel. Bij langdurig verhoogd (RWA) debiet ontstaan in de huidige situatie knelpunten op de zuivering met als gevolg dat de wettelijke vergunningsnorm voor onopgeloste bestanddelen in het effluent wordt overschreden met enkele keer een overtreding van de vergunning tot gevolg (zie ook paragraaf 2.3).

In sommige varianten zal het niet nodig zijn om een zandfilter na te schakelen in relatie tot de effluenteisen. Dit betekent dat de intern hydraulische belasting verminderd wordt van 740 naar 690 m³/h. Gezien de veelvuldige problemen bij rwzi Ootmarsum, worden vanuit het oogpunt van zekerheid, alle varianten dusdanig uitgelegd dat een hydraulische interne belasting van 740 m³/h behandeld kan worden.

2.2 Effluenteisen

De uitgangspunten ten aanzien van de effluentkwaliteit zijn weergegeven in tabel 3. Ten opzichte van de huidige effluenteisen, worden de toekomstige effluenteisen versoepeld op het gebied van BZV en onopgeloste bestanddelen.

Tabel 3 – Uitgangspunten effluentkwaliteit

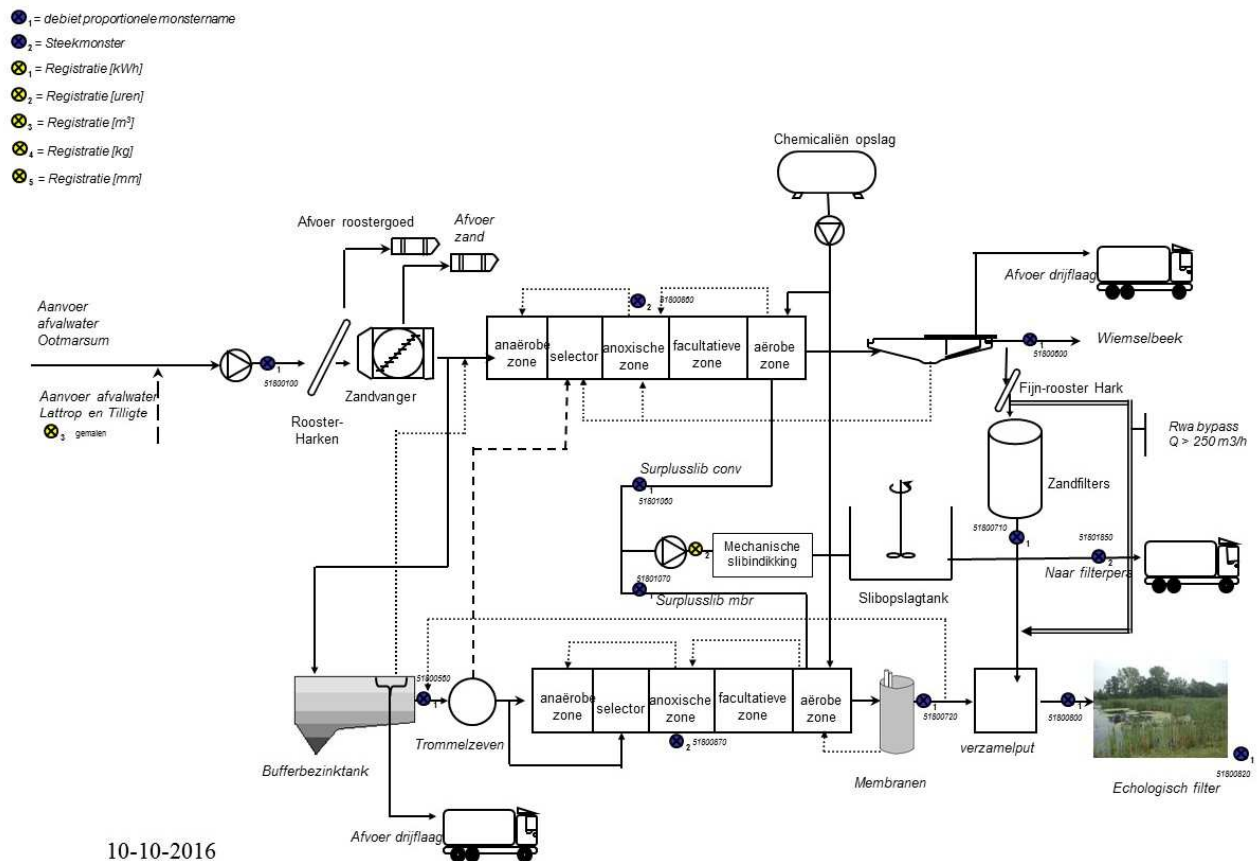
Parameter		Huidige effluenteis	Huidige effluent-kwaliteit	Toekomstige effluenteis	Toekomstige streefwaarde
Ntotaal (jaargemiddeld)	mg N/l	10	4,5	10	≤ 6
Ptotaal (jaargemiddeld)	mg P/l	2	0,8	2	≤ 0,6
BZV (ondergrens/bovgrens)	mg/l	5 / 10	2 / 12	20 / 40	20 / 40
CZV (ondergrens/bovgrens)	mg/l	125 / 250	25 / 50	125 / 250	125 / 250
Onop (ondergrens/bovgrens)	mg/l	7,5 / 18	2,5 / 21	10 / 30	10 / 30
NH4-N (ondergrens/bovgrens)	mg N/l	1 / 2	0,5 / 1,5	1 / 2	≤ 0,5

In de huidige situatie behaalt rwzi Ootmarsum een betere effluentkwaliteit op het gebied van fosfaat en stikstof dan vereist. Het ontwerpen van de verschillende varianten op basis van de toekomstige effluenteisen, zou een verslechtering betekenen van de toekomstige effluentkwaliteit ten opzichte van de huidige. Hiervoor heeft waterschap Vechtstromen intern beleid ontwikkeld en streefwaarden opgesteld. Voor de vergelijking van de varianten is daarom bepaald, dat de verschillende varianten ontworpen moeten worden op basis van een betere effluentkwaliteit op basis van de streefwaarden van Waterschap Vechtstromen op het gebied van stikstof en fosfaat dan vereist (zie tabel 3 voor uitgangspunten streefwaarden).

2.3 Huidige procesconfiguratie

Een aantal procesonderdelen zullen worden hergebruikt en heringericht voor de verschillende varianten. In deze paragraaf worden de uitgangspunten hiervoor vastgelegd. In figuur 1 is een processchema opgenomen van de huidige rwzi Ootmarsum.

Processchema rwzi Ootmarsum



Figuur 1 – Processchema rwzi Ootmarsum

In de huidige situatie is er sprake van overbelasting van de nabezinktank van de conventionele straat. De situaties waarin deze overbelasting zicht voordoet, ontwikkelen zich als volgt:

- De retourstromen van de rwzi bedragen 90 m³/h. Deze bestaan uit de afgevoerde stroom door het terreinrioolgemaal (40 m³/h) en de vuilwaterspoeling van het zandfilter (50 m³/h). Dit betekent dat er maximaal 90 m³/h extra behandeld moet worden door rwzi Ootmarsum, bovenop de inkomende 650 m³/h RWA. Deze retourstromen worden alleen behandeld door de conventionele straat.
- De maximale capaciteit van de membranen bedraagt in de periode 2013-2015 circa 96-120 m³/h. Dit betekent dat er in maximale situaties, onder regenweer-omstandigheden, 620-644 m³/h over de conventionele straat wordt geleid. Het drogestofgehalte in deze conventionele straat bedraagt 3,0-4,0 g/l. De maximale capaciteit hydraulische capaciteit van de nabezinktank bedraagt onder deze condities slechts 460-540 m³/h². Dit betekent dat de nabezinktank overbelast wordt en meer drogestof zal uitspoelen. Deze drogestof belandt gedeeltelijk in het zandfilter, waarvan de drogestofbelasting vervolgens tevens de ontwerpnormen overschrijdt. Hierdoor zal het zandfilter vaker gespoeld moeten worden, waardoor de interne retourstroom vanuit het zandfilter hoger wordt, zowel qua drogestof als qua hydraulische belasting. Deze retourstroom wordt alleen behandeld door de conventionele straat, welke al overbelast is. De nabezinktank zal hierdoor “uitspoelen” en veel drogestof lozen. Hierdoor wordt het drogestofgehalte in het effluent hoger. Dit resulteert erin, dat in 2016 een aantal keren de eis aan onopgeloste bestanddelen in het effluent overschreden is.
- Bovenstaande situatie doen zich relatief meer voor op rwzi Ootmarsum vanwege de lange RWA-perioden door de aanvoer van rioolvreemd water (zie paragraaf 2.1)

De hydraulische randvoorwaarden zijn in deze quickscan zeer belangrijk. Voor de variantenstudie zijn deze bepaald ten aanzien van inzet van de huidige procesonderdelen. Daarnaast is bekeken welke volumina aan tanks kunnen worden hergebruikt. De belangrijkste randvoorwaarden zijn weergegeven in tabel 4. Voor overige proceskenmerken van rwzi Ootmarsum wordt verwezen naar bijlage 1.

² Bij een SlibVolumeIndex (SVI) van 150 ml/g

Tabel 4 – Randvoorwaarden bestaande procesonderdelen rwzi Ootmarsum

	Beschikbaar	Hydraulische capaciteit (m ³ /h)
Trommelzeven MBR	2*150 m ³ /h	2*150 m ³ /h
Opvoerpomp MBR	1* 150 m ³ /h	1* 150 m ³ /h
Membranen	6 skids	96-126 m ³ /h
Permeaatleiding membranen	250 m ³ /h *	250 m ³ /h *
Nabezinktank conventionele straat	Diameter = 28,8 meter Oppervlakte = 650 m ²	460 m ³ /h bij 4,0 g/l 490 m ³ /h bij 3,5 g/l 540 m ³ /h bij 3,0 g/l 570 m ³ /h bij 2,8 g/l 600 m ³ /h bij 2,6 g/l
Zandfilter	2 filters bruto capaciteit: 2* 125 m ³ /h	2* 106 m ³ /h (netto capaciteit ivm spoeling)
Buffertank MBR	715 m ³	
Actief slib volumes MBR	Selector: 75 m ³ Anaeroob: 150 m ³ Axoxisch vast: 200 m ³ Aeroob/anoxisch: 745 m ³ Totaal: 1170 m ³ Waterdiepte: 5,60 m Huidige drogestofgehalte: 6,0 - 8,0 g/l	
Actief slib volumes conventionele straat	Selector: 75 m ³ Anaeroob: 150 m ³ Axoxisch vast: 600 m ³ Aeroob/anoxisch: 2400 m ³ Totaal: 3225 m ³ Waterdiepte: 5,43 m Huidige drogestofgehalte: 3,0 - 4,0g/l	
Blowers	3 stuks 712-1780 Nm ³ /h	

* Conform studie SWECO SWNL-0191215 d.d. 2 september 2016

2.4 Huidig energieverbruik

Eén van de aanleidingen van dit onderzoek, is het energieverbruik rwzi Ootmarsum. Deze is relatief hoog. Om te komen tot een goede onderbouwing van de toekomstige energieverbruiken, is ingeschat welke procesonderdelen welke aandeel hebben in het huidige energieverbruik. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in tabel 5. De details ten aanzien van deze berekening zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 5 – Huidig energieverbruik rwzi Ootmarsum

	Totaal (kWh/jaar)	Aandeel (%)
Actief slib volume MBR-deel excl. compressoren incl. opvoerpomp in buffer en trommelzeven	124.422	11%
Actief slibvolume conventioneel deel excl. compressoren	216.910	17%
Beluchting actief slib MBR-deel en conventioneel deel	259.900	21%
Airlift beluchting membranen	143.930	11%
Membranen	274.476	22%
Zandfilter	68.108	5%
Overig	166.519	13%
Totaal	1.254.265	100%

NB: Bovenstaande energieverbruiken zijn gemeten over de periode 1 januari 2016 t/m 15 juli 2016. Eerdere energieverbruiken waren in verband met dataopslag niet gedetailleerd genoeg beschikbaar. In deze periode draaide 1 van de 6 membraanskids met een geoptimaliseerde configuratie, waardoor het energieverbruik lager is dan representatief is voor de huidige situatie. Hiervoor is gecorrigeerd, waardoor het energieverbruik voor de membranen hoger is ingeschat voor de huidige situatie dan gemeten (274.476 kWh/jaar ten opzichte van de gemeten 257.829 kWh/jaar); zie bijlage 2.

Bovenstaande analyse leidt tot een totaal energieverbruik van rwzi Ootmarsum:

- 0,87 kWh/m³ afvalwater
- 100 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV
- 1,7 kg O₂ inbreng per kWh beluchtingsenergie

De analyse van de energieverbruiken uit bijlage 2 is gebruikt voor het berekeningen van de energieverbruiken van de verschillende varianten (zie hoofdstuk 3).

Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum is hoger dan het landelijk gemiddelde voor behandeling van communaal afvalwater (circa 30 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV). Dat het energieverbruik van een (hybride) MBR hoger is, dan voor een conventioneel systeem, is in overeenstemming met de prestaties van andere MBR's, die rond dezelfde tijd zijn gebouwd

als rwzi Ootmarsum. Deze liggen in dezelfde ordergrootte: in opdracht van de STOWA is in 2012 een rapport verschenen waarin alle kennis en beschikbare informatie is gebundeld omtrent de MBR-technologie³. Conform dit rapport varieert het energieverbruik van MBR-installaties van 0,5 tot 1,8 kWh/m³ geproduceerd permeaat. De verschillen worden veroorzaakt door samenstelling van afvalwaterstromen, ontwerp van de installatie en de schaalgrootte. Ook is de verdeling van het energieverbruik over de verschillende procesonderdelen (beluchting, menging, membranen, overig) vaak erg verschillend. Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum past in deze bandbreedte. Voor een uitgebreidere analyse van het energieverbruik van rwzi Ootmarsum ten opzichte van andere MBR-installaties wordt verwezen naar bijlage 3.

Normaliter zou met de huidige procesconfiguratie van de beluchting van rwzi Ootmarsum een inbreng van beluchtingsenergie van 3,0- 4,0 kg O₂ per kWh haalbaar moeten zijn. De huidige inbreng van beluchtingsenergie is vele malen lager en bedraagt 1,7 kg O₂ inbreng per kWh. Er zijn een aantal redenen waarom deze energie-efficiëntie niet behaald wordt in de huidige situatie:

- De airlift beluchting van de membranen zorgt voor een grote terugvoer van zuurstof naar het actiefslib systeem van de MBR-sstraat.
- Er zijn gedeeltelijk keramische elementen toegepast, waardoor het noodzakelijk is continue te beluchten, om te voorkomen dat het luchtverdeelsysteem niet verstopt.
- De blowers hebben een te grote capaciteit om bij weinig aanvoer ver genoeg te kunnen terugregelen.

Door de combinatie van bovenstaande zaken wordt per kg O₂ in de huidige situatie 75% teveel energie ingebracht. Overigens is ook voor MBR Terneuzen via mondelinge communicatie gemeld, dat via de airlift beluchting het overgrote deel van de beluchtingsenergie al wordt geleverd (>80%) en dat er nauwelijks hoeft te worden “bijbelucht” in het actief slibstelsysteem⁴.

Conclusie: Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum is hoger dan van een conventioneel systeem, maar vergelijkbaar met MBR's met droogopgestelde membranen, welke gerealiseerd zijn in de periode 2005-2010. De airliftblower zorgt hierbij voor een groot gedeelte van de benodigde beluchtingsenergie, welke wordt teruggevoerd naar het actief slibstelsysteem.

2.5 Kostenramingen

Zoals aangegeven in de inleiding, zijn de gepresenteerde kostenberekeningen onvolledig en dienen alleen om de verschillende varianten onderling te vergelijken. De kostenberekeningen bevatten een onnauwkeurigheidsmarge van ± 30-40% en zijn gebaseerd op prijspeil 2016.

³ STOWA 2012-08 LR 02 Bundeling Internationale MBR Resultaten

⁴ Persoonlijke communicatie Mathijs Oosterhuis en Donny de Vriend dd. 2 november 2016

Onvolledigheid

In de kostenberekeningen is rekening gehouden met een onvolledigheidsfactor van 25%. Deze onvolledigheidsfactor wordt normaliter gehanteerd voor schetsontwerpen waar geen verdere onderbouwing in de vorm van offertes aan ten grondslag liggen. Er ligt een sluitende offerte voor de levering van de helixmembranen op basis van een 2-jarig optimalisatie onderzoek (zie bijlage 4). De onvolledigheidsfactor is daarom berekend over alle aannemerskosten van de hybride MBR met uitzondering van de nieuwe helix membranen.

Aannemerskosten

De kale investeringskosten zijn gebaseerd op kostenmodellen. Hierin zijn aannamen gedaan voor kale investeringskosten voor civiele, werktuigbouwkundige, elektrotechnische en procesautomatiserings werkzaamheden. Over deze kale investeringskosten is een opslag voor aannemerskosten berekend om te komen tot bouwkosten. Deze opslag bestaat uit kosten voor de aannemer om het werk uit te voeren, zoals algemene bouwplaatskosten, uitvoeringskosten, algemene kosten, winst en risico. Deze opslag is, conform de SSK-methodiek, lager voor W/E projecten, dan voor projecten met een significant aandeel civiele werkzaamheden. Voor deze laatste projecten is dit 25%, en voor W/E projecten 16%. Dit betekent, dat voor de conventionele en hybride Nereda variant een opslagfactor van 25% geldt. Voor de hybride MBR geldt een opslag van 16%. Hierin zit 6% winst en risico, wat niet geldt voor het gedeelte van de aanbidding van de helix membranen, aangezien deze kosten al zijn inbegrepen conform offerte Pentair (bijlage 4).

Bouwkosten en stichtingskosten

Voor de factor van bouwkosten naar stichtingskosten is 80% aangenomen. Deze bestaat uit kosten voor btw, engineering, projectmanagement, directievoering, verzekeringen, tijdelijke voorzieningen tijdens ombouw en opstart, opleiding en communicatie.

Jaarlasten

Ten aanzien van de berekening van de jaarlasten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Kapitaalslasten worden berekend op basis van lineaire afschrijving over 30 jaar voor civiele onderdelen, 15 jaar voor werktuigbouwkundige en elektrotechnische onderdelen, 5 jaar voor procesautomatisering en een rente van 2,75%.
- Onderhoudskosten: 0,5% van de bouwkosten voor civiele onderdelen en 3% van de bouwkosten voor W/E/PA onderdelen.

Overige kosten inclusief btw

- Personeelskosten: € 75.000 per fte per jaar
- Elektriciteit: € 0,10/kWh
- Polymeer: € 2,80/kg ingekocht product
- Citroenzuur 48%: € 1,36/kg
- Natriumhypochloriet 12,5-15%: € 0,39/kg ingekocht product

Hoofdstuk 3 Beschrijving varianten

In dit hoofdstuk wordt de dimensionering van de verschillende varianten uitgewerkt. Zoals aangegeven in hoofdstuk 2, dienen alle varianten een interne hydraulische belasting van 740 m³/h⁵ aan te kunnen.

Deze informatie dient als basis voor hoofdstuk 4. De volgende varianten worden achtereenvolgens in de paragrafen 3.1 tot en met 3.3 uitgewerkt:

- Variant 1: handhaven huidige configuratie + optimalisatie (hybride MBR)
- Variant 2: Ombouw naar een conventionele rwzi met nabezinking
- Variant 3: Ombouw naar een hybride Nereda systeem

3.1 Hybride-MBR

In 2015 is een optimalisatietraject gestart ten aanzien van de capaciteit, het energieverbruik en het chemicaliënverbruik van de membranen. De resultaten hiervan zijn samengevat in bijlage 4. Daarnaast is een verhelderende presentatie gegeven op 3 oktober 2016 en nadere informatie verstrekt ten aanzien van het de bedrijfsvoering van de geoptimaliseerde skid van de membranen van rwzi Ootmarsum. Deze is weergegeven in bijlage 5. Uit deze notitie en overleggen zijn uitgangspunten bepaald ten aanzien van de optimalisatie van de membranen, welke zijn weergegeven in tabel 6.

Toelichting tabel 6

Inzet Compressoren

In de huidige situatie zorgt de airlift beluchting van de membranen voor een te grote terugvoer van zuurstof naar het actiefslib systeem van de MBR-straat. Dit wordt o.a. veroorzaakt doordat gedeeltelijke keramische elementen zijn toegepast, waardoor het noodzakelijk is continue te beluchten, om te voorkomen dat het luchtverdeelsysteem niet verstopt. Tegelijkertijd is er een probleem tijdens weinig aanvoer om de blowers ver genoeg terug te regelen. Hierdoor wordt er netto teveel zuurstof ingebracht. Om dit probleem te verhelpen, dient er een splitsing te worden gemaakt in blowers, die het airlift systeem voeden en de biologie. Hiervoor dient een kleiner blower te worden bijgeplaatst met een capaciteit van 350-700 Nm³/h. Daarnaast dient, in verband met het gebruik van keramische elementen, tevens een kleine blower te worden bijgeplaatst voor de beluchting van het actief slib systeem.

Chemicaliënverbruik:

In het ontwerp is uitgegaan van een grote capaciteit voor reiniging met citroenzuur en een kleine capaciteit voor reiniging met hypochloriet. In andere (buitenlandse) MBR's wordt echter met name hypochloriet gebruikt voor de reiniging, aangezien oxidatieve middelen zoals chloor vele malen effectiever zijn voor de normaal optredende vervuiling in de membranen dan andere middelen⁶. Alleen in uitzonderlijke gevallen met een ander type vervuiling dan normaal gebruikelijk, is citroenzuur effectief. Bij rwzi Ootmarsum blijkt dit ook het geval te zijn. De huidige hypochlorietreiniging is niet effectief vanwege een te lage capaciteit. De huidige citroenzuurreiniging heeft voldoende capaciteit voor een

⁵ 650 m³/h RWA + 90 m³/h interne retourstromen

⁶ STOWA 2012-08 LR 02 Bundeling Internationale MBR Resultaten

hypochlorietreiniging. Deze wordt daarom omgebouwd. De citroenzuurreiniging dient wel behouden te blijven. De huidige hypochlorietreiniging is hiervoor te klein en wordt uitgebreid (zie bijlage 4).

Tabel 6 – Uitgangspunten optimalisatie membraanunit rwzi Ootmarsum

	Eenheid	Huidig excl. optimalisatie	Toekomstig met optimalisatie
Capaciteit 6 skids DWA	m ³ /h	96	180
Capaciteit 6 skids RWA	m ³ /h	126	240
Aantal modules	-	6 skids 13 modules per skid	6 skids 18 modules per skid
Behandeld afvalwater (flux)	l/m ² *h	40-50	65
Energieverbruik opgave Pentair	kWh/m ³ behandeld	0,40	0,20
Energieverbruik aangenomen in deze quickscan	kWh/m ³ behandeld	0,50	0,35
Verbruik citroenzuur (48%)	kg/jaar	3.750	938
Verbruik hypochloriet (10-15%)	kg/jaar	750	3.750
Capaciteit pomp buffertank naar MBR	m ³ /h	75-150	2 stuks 75-150
Capaciteit trommelzeven	m ³ /h	2 stuks 150	Aanvullend 1 stuks 150
Herverdeling lucht en plaatsing 2 kleine blowers	Nm ³ /h	3 stuks 712-1780 Nm ³ /h verdeeld over MBR en conventioneel	* kleine blower 350-700 Nm ³ /h voor airlift * kleine blower 350-700 Nm ³ /h voor minimum zuurstof inbreng * 1+1 reserve 712-1780 Nm ³ /h verdeeld over MBR-actief slib en conventioneel actief slib
Downtime door reiniging membranen	uur	388	172

Energieverbruik

Het energieverbruik van het membraangedeelte is afhankelijk van de volgende factoren:

- Energieverbruik recirculatiepomp, spoelpomp en airliftblower
- Energieverbruik aanvoer- en permeaatpomp

Het energieverbruik van de aanvoer- en permeaatpomp is debietafhankelijk. Het energieverbruik van de recirculatiepomp, spoelpomp en airliftblower is afhankelijk van de hoeveelheid vervuiling op het membraan. Hoe meer vervuiling, hoe meer weerstaand er wordt gecreëerd, hoe minder afvalwater kan worden behandeld en hoe hoger het energieverbruik per behandeld m³ afvalwater zal zijn.

Voor de optimalisatie van de membranen van rwzi Ootmarsum wordt een nieuw type membraan ingezet: het zogenaamde Helix membraan. Het voordeel van dit membraan is, dat er zich minder vervuiling kan ophopen in het membraan. Hierdoor kan een hogere capaciteit worden bereikt, dan met het huidige type membraan in rwzi Ootmarsum bij een lager energieverbruik. De reden hiervoor is, dat vervuiling in een membraan er in de huidige situatie ervoor zorgt dat het circulatiedebiet van slib verder moet worden verhoogd om een zelfde netto permeaatproductie te behalen, als met een relatief schoon membraan. Dit kost meer energie per m³ geproduceerd permeaat. Daarnaast zal op de plekken waar vervuiling optreedt, de vervuiling verergeren omdat de gaatjes in het membraan dichtslibben en er verstoring van de slibstroom en luchtstroom optreedt. Als het circulatiedebiet vervolgens niet verder meer kan worden verhoogd, zal de permeaatproductie dalen. Deze situatie doet zich voor in de huidige membranen van rwzi Ootmarsum.

Het nieuwe type Helixmembraan zorgt voor minder vervuiling en een lager energieverbruik per m³ geproduceerd permeaat dan de huidige membranen, die in rwzi Ootmarsum worden toegepast. Dit blijkt uit het onderzoek op rwzi Ootmarsum zelf, maar ook uit onderzoek op twee andere industriële MBR's. De mate waarin energiebesparing kan worden behaald, hangt af van de afvalwatersamenstelling en de huidige werking van de membranen. De behaalde energiebesparingen bij de industriële MBR's bedragen 40 en 45% ⁷.

Daarnaast kan voor rwzi Ootmarsum een extra energiebesparing worden bereikt door een zogenaamde smart regeling, waardoor de capaciteit in relatie tot de vervuiling van de membranen beter in de hand kan worden gehouden gedurende RWA. Uit bijlage 5 blijkt, dat gedurende de testfase een flux is bereikt van 70 l/m²*h onder DWA-omstandigheden en 70-90 l/m²*h onder RWA-omstandigheden. In totaliteit wordt voor rwzi Ootmarsum op basis van de proefresultaten een energiebesparing van 50% bereikt. Deze waarden zijn gemeten in het voorjaar en de zomer. Bekend is, dat membranen in de winter onder koudere temperaturen gevoeliger zijn voor vervuiling.

Tenslotte wordt de reiniging van de membranen aangepast. Vervuiling van membranen zal altijd in enige vorm optreden en dient periodiek te worden verwijderd. Het huidige systeem is hiertoe niet in staat, waardoor de capaciteit van de membranen sowieso lager ligt dan conform ontwerp zou moeten. De maximale hoeveelheid te produceren hoeveelheid permeaat neemt hierdoor af, waardoor het energieverbruik per m³ geproduceerd permeaat

⁷ Radek Oborný, Patrick van Lierop, Roy Rosink Improving MBR flux: Ultrafiltration with a twist, 07 March 2016, www.thembrsite.com

toeneemt. Een nieuwe wijze van reiniging zorgt naar verwachting voor een (nog) robuustere bedrijfsvoering van de membranen en een lager energieverbruik.

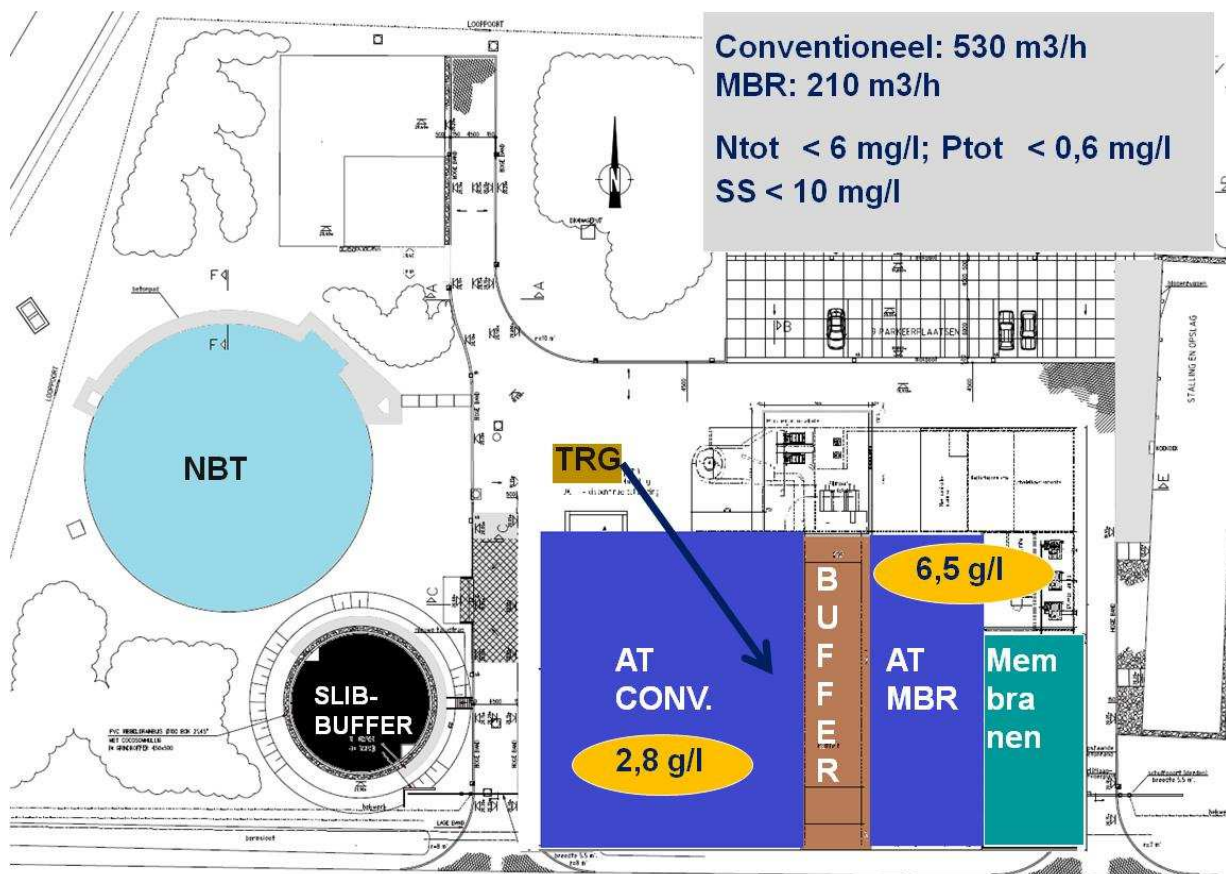
Gezien de problematiek met de belasting van de huidige nabezinktank, dient voor deze variant een aanname te worden gedaan, die veilig is en in ieder geval behaald kan worden. Voor deze quickscan is daarom uitgegaan van een maximale flux van $65 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$ en een energieverbruik aangenomen van $0,35 \text{ kWh/m}^3$. Deze aannamen zijn 30% lager dan conform de resultaten uit het optimalisatieonderzoek en kan gezien worden als een worst case voor de hybride MBR.

De variant hybride MBR is grafisch weergegeven in figuur 2.

Toelichting figuur 2:

Het terreinrioolgemaal blijft lozen op het anoxische deel van de conventionele straat conform de huidige situatie. Voor de effluentkwaliteit is het niet noodzakelijk om het zandfilter in bedrijf te nemen. Hierdoor blijft de totale belasting van de conventionele straat onder normale condities zonder zandfilter beperkt tot $480 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ingebruikname van het zandfilter zorgt voor een interne hogere hydraulische belasting met $50 \text{ m}^3/\text{h}$ van de bestaande nabezinktank. Vanwege oogpunt van bedrijfszekerheid, is voor de dimensionering vanuit worst case oogpunt, gekozen voor deze situatie. Dit betekent dat bij tegenvallende resultaten van het MBR-gedeelte, het zandfilter alsnog kan worden ingezet.



Figuur 2 – Vlekkenplan variant 1: hybride MBR

Conclusie: Met en zonder zandfilter is de bestaande nabezinktank onderbelast . De totale effluentkwaliteit (van de nabezinktank en het membraangedeelte) voldoet hiermee aan de ondergrens voor zwevende stof van kleiner dan 10 mg/l en de overige streefwaarden voor organische stof, stikstof en fosfaat .

Gezien de huidige ervaringen met het niet behalen van de benodigde hydraulische capaciteit van de membranen, is bekeken welke invloed de uitval van 2 membraanskids hebben op de dimensionering. Uitval van 1 membraanskid zorgt voor een afname in hydraulische capaciteit van het membraangedeelte van 35 m³/h. In het geval dat 2 skids uitvallen (en dus nog 4 skids beschikbaar zijn), is de hydraulische belasting van het MBR-gedeelte beperkt tot 140 m³/h. De conventionele straat wordt dan (zonder zandfilter) belast met 550 m³/h. Deze belasting is lager dan de maximale ontwerpbelasting van 570 m³/h bij 2,8 g/l en voldoet aan de streefwaarden voor de effluentkwaliteit conform tabel 2.

Het niet inzetten van het zandfilter verdient conform deze berekeningen daarom de voorkeur. Ook als 2 membraanskids uitvallen. Onder normale condities is zowel het membraangedeelte als het conventionele deel hydraulisch onderbelast (respectievelijk 87% en 85%). Ook bij uitval van 1 of 2 skids voldoet deze situatie. Het inzetten van het zandfilter zorgt juist voor een extra hydraulische belasting, waardoor het slibgehalte in de conventionele straat bij uitval van 2 membraanskids lager moet zijn dan gebruikelijk (2,6 g/l t.o.v 2,8 g/l). Daarnaast wordt het energieverbruik hierdoor verhoogd. Een betere oplossing is om het uitvallen van meer dan 2 skids als urgente storing te oormerken en deze te verhelpen (ook in het weekend). Er is in deze situatie voldoende redundantie aangebracht en de procedure ten aanzien van storingsafhandeling zou dan ook niet anders moeten zijn, dan conform de uitval van andere belangrijke procesonderdelen, welke redundant zijn opgesteld.

Overigens kan er ook voor worden gekozen om het membraangedeelte op 7,0 g/l te bedrijven en het conventionele deel op 2,5 g/l, waardoor meer hydraulische ruimte wordt gecreëerd en het zandfilter zonder problemen kan worden ingezet, zonder het drogestofgehalte van het conventionele deel te hoeven aan te passen. Vanuit bedrijfsvoering is echter aangegeven dat dit niet wenselijk is, vanwege mogelijke invloed op de slibkwaliteit.

3.2 Conventioneel

Indien de MBR-sstraat wordt vervangen door een conventionele straat, dan zullen een aantal procesonderdelen moeten worden aangepast cq uitgebreid: zie tabel 7. Deze variant is grafisch weergegeven in figuur 3.

Tabel 7- Aanpassingen en nieuw te realiseren onderdelen rwzi Ootmarsum variant 2

	Eenheid	Huidig	Toekomstig
Capaciteit pomp buffertank naar nieuwe conventionele straat	m ³ /h	75-150	2 stuks 75-150
Herverdeling lucht en plaatsing kleine blower	Nm ³ /h	3 stuks 712-1780 Nm ³ /h verdeeld over conventioneel oud en conventioneel nieuw	* kleine blower 350-700 Nm ³ /h voor minimum zuurstof inbreng * 1+1 reserve 712-1780 Nm ³ /h verdeeld over actief slib conventioneel 1 en conventioneel 2
Nabezinktankoppervlak	m ²	650	1300
Retourslibgemaal	m ³ /h	310	2*310

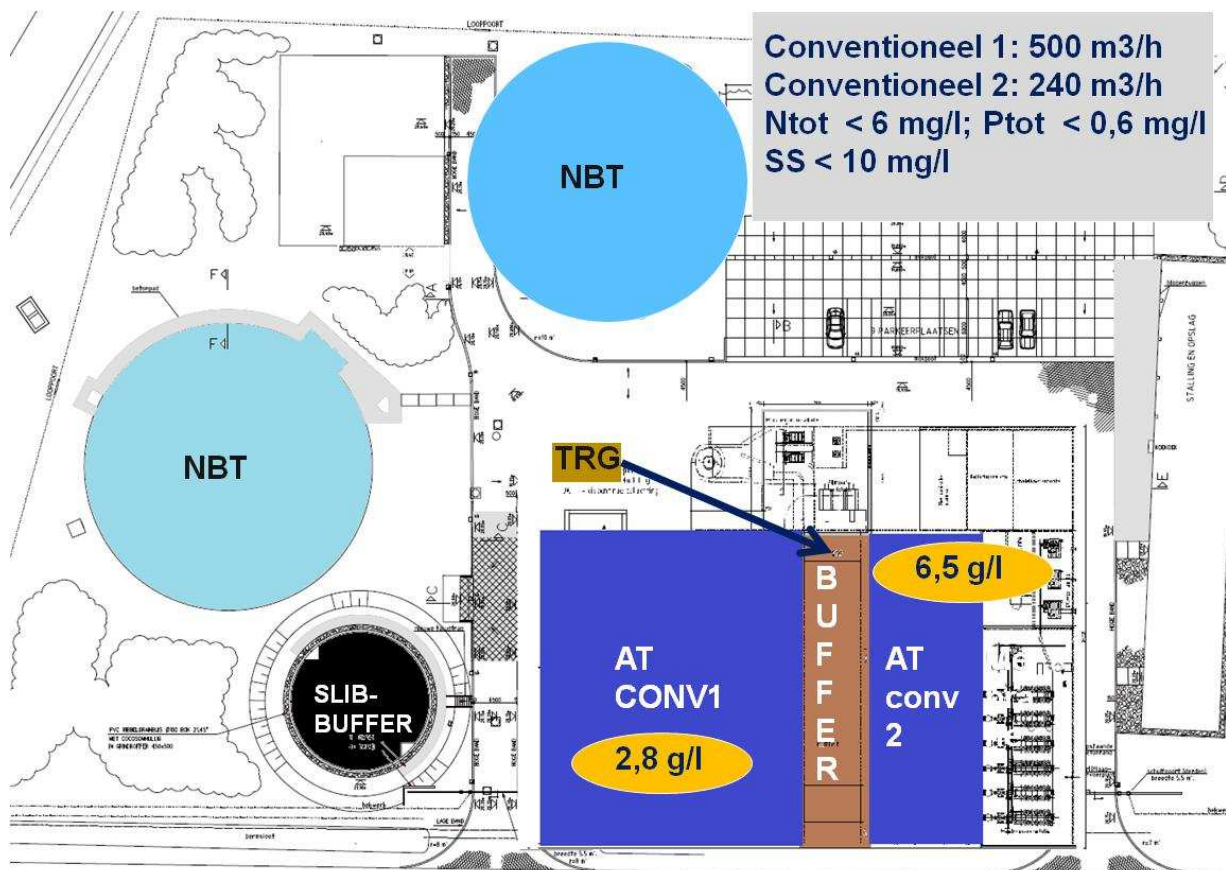
Toelichting figuur 3:

De aflat van het terreinrioolgemaal wordt verdeeld over beide straten. Voor de effluentkwaliteit is het niet noodzakelijk om het zandfilter in bedrijf te nemen. Hierdoor blijft de totale belasting van de bestaande conventionele straat onder normale condities zonder zandfilter beperkt tot 475 m³/h.

Ingebruikname van het zandfilter zorgt voor een interne hogere hydraulische belasting: deze wordt verdeeld over beide straten en zorgt hiermee voor een verhoogde belasting van 25 m³/h van de bestaande nabezinktank. Vanwege oogpunt van bedrijf zekerheid, is voor de dimensionering vanuit worst case oogpunt, gekozen voor deze situatie. Dit betekent dat bij tegenvallende resultaten van het omgebouwde conventionele deel, het zandfilter alsnog kan worden ingezet.

De maximale hydraulische capaciteit voor de bestaande conventionele straat is hiermee maximaal 500 m³/h bij een drogestofgehalte van 2,8 g/l.

Conclusie: Met en zonder zandfilter zijn de nieuwe nabezinktanks onderbelast . De totale effluentkwaliteit voldoet hiermee aan de ondergrens voor zwevende stof van kleiner dan 10 mg/l en de overige streefwaarden voor organische stof, stikstof en fosfaat .



Figuur 3 – Vlekkenplan variant 2: Conventioneel

3.3 Hybride Nereda

De huidige MBR-straat is op zich geschikt om omgebouwd te worden tot een Nereda. In deze variant zal de buffertank worden ingezet als pendelbuffer. Dit betekent dat bij droogweer het niveau in de buffer laag dient te zijn, zodat bij regenweer de schommelingen ten aanzien van de belasting van Nereda kunnen worden opgevangen. Dit vergt aanpassingen aan het verdeelwerk voor de buffer. Verder zullen een aantal procesonderdelen moeten worden aangepast cq uitgebreid: zie tabel 8. Deze variant is grafisch weergegeven in figuur 4.

Tabel 8- Aanpassingen en nieuw te realiseren onderdelen rwzi Ootmarsum variant 3

	Eenheid	Huidig	Toekomstig
Verdeelwerk DWA/RWA		Via buffertank zelfde niveau	Via buffertank wisselend niveau
Bypass roostergoed omleiden			Roostergoed mag niet in Nereda influentverdeelstelsysteem terecht komen. Bypass naar conventionele straat incl. spoelvoorzieningen.
Buffertankvolume	m ³	715	715
Capaciteit pomp buffertank naar Nereda	m ³ /h	75-150	Aanvullend 2 stuks 250-500
Inrichting actief slib huidige conventionele straat			Compleet herinrichten met influentverdeelstelsysteem, beluchting en aflaatsysteem
DWA-cyclus Nereda	h	n.v.t.	6,0 uur
RWA-cyclus Nereda	h	n.v.t.	2,8 uur
Opstroomsnelheid Nereda bij RWA	m/h	n.v.t.	2,9
Exchange ratio Nereda bij RWA	%	n.v.t.	55
Herverdeling lucht en plaatsing kleine blower	Nm ³ /h	3 stuks 712-1780 Nm ³ /h verdeeld over Nereda en conventioneel	* kleine blower 350-700 Nm ³ /h voor minimum zuurstof inbreng * 1+1 reserve 712-1780 Nm ³ /h verdeeld over conventioneel en Nereda
Aflaat slib			Aflaat slib vanuit Nereda naar conventionele straat
Aflaat effluent Nereda	150 m ³ /h		Geschikt maken voor 1500-2000 m ³ /h; voor de effluentlozing dient daarnaast 500 m ³ /h vanuit de huidige MBR geloosd te kunnen worden

Toelichting tabel 8

- Doordat de Nereda batchgewijs gevoed wordt, dienen de aanvoer en afvoer vergroot te worden. De aanvoer dient maximaal 670 m³/h aan te kunnen en de afvoer 1500-2000 m³/h.
- Vanwege mogelijke vervuiling in het influentverdeelsysteem laat een Nereda systeem geen bypass toe van roostergoedverwijdering van influent. Bij rwzi Ootmarsum is dit het geval. Hiervoor zal deze bypass zodanig moeten worden aangepast, dat deze alleen in het conventionele deel terecht komt.
- De diepte van de huidige actief slib tank van het MBR-gedeelte (5,6 m waterdiepte) is krap, maar afdoende.
- Bij rwzi Vroomshoop worden exchange ratio's aangehouden van 33%. Deze waarde is lager dan de aangenomen 55% conform tabel 8. Ook de opstroomsnelheid is lager (2,0 m/h ten opzichte van 2,9 m/h) en de RWA-cyclus is langer: (3-3,5 uur ten opzichte van 2,8 uur). In de RWA-cyclus voor rwzi Vroomshoop wordt uitgegaan van minimaal 1 uur voeden en 1 uur bezinken, waardoor er 1-1,5 uur "behandelingstijd" overblijft. Al deze aannamen staan met elkaar in verband, aangezien dit de maximale situatie is waaronder de Nereda wordt belast. De ontwerpparameters voor DWA komen overeen met de aannamen in tabel 8.
- Conform resultaten van full-scale installaties in het buitenland, de full-scale rwzi Garmerwolde ⁸ en de grootschalige pilot Utrecht ⁹ blijkt dat de volgende ontwerpparameters kunnen worden gehanteerd:
 - o Exchange ratio: maximaal 60%
 - o Opstroomsnelheid: maximaal 4,0 m/h
 - o RWA-cyclus: minimaal 2 uur: vultijd 1,0 uur; bezinking 0,3 uur; behandelstijd 0,7 uur.
- De wijze waarop rwzi Vroomshoop draait, blijkt ruim binnen de bestaande ontwerpparameters te vallen; dit wordt ook door waterschap Vechtstromen bevestigd.
- De ontwerpaannamen vanuit RHDHV voor de RWA-cyclus zijn hierin aan de krappe kant, vanwege de dunwaterproblematiek van rwzi Ootmarsum, waardoor de RWA-periode langer aanhoudt. Daarom is gekozen voor een RWA-cyclus van 2,8 uur met daarin vultijd van 1,0 uur, een bezinktijd van 0,5 uur en behandelstijd van 1,3 uur. Deze RWA-cyclus is haalbaar door het volledige actiefslibvolume inclusief selector/anaerobe tank van het huidige MBR-gedeelte te gebruiken. De resulterende opstroomsnelheid en exchange ratio valt binnen de ontwerpvoorwaarden.
- Gezien de grotere lozing van onopgeloste bestanddelen van een Nereda reactor ten opzichte van een conventionele nabezinking en vanwege een streefwaarde voor fosfaat lager dan 0,6 mg/l, is een zandfiltratie van het Nereda effluent noodzakelijk. Het drogestofgehalte van het effluent van het Nereda deel bedraagt conform gepubliceerde resultaten van rwzi Garmerwolde circa 15 mg/l ⁸; voor Vroomshoop geldt dezelfde ordegrrootte. Wel zijn er momenteel optimalisaties gaande om het zwevende stof gehalte van het Nereda effluent te verlagen door het installeren van

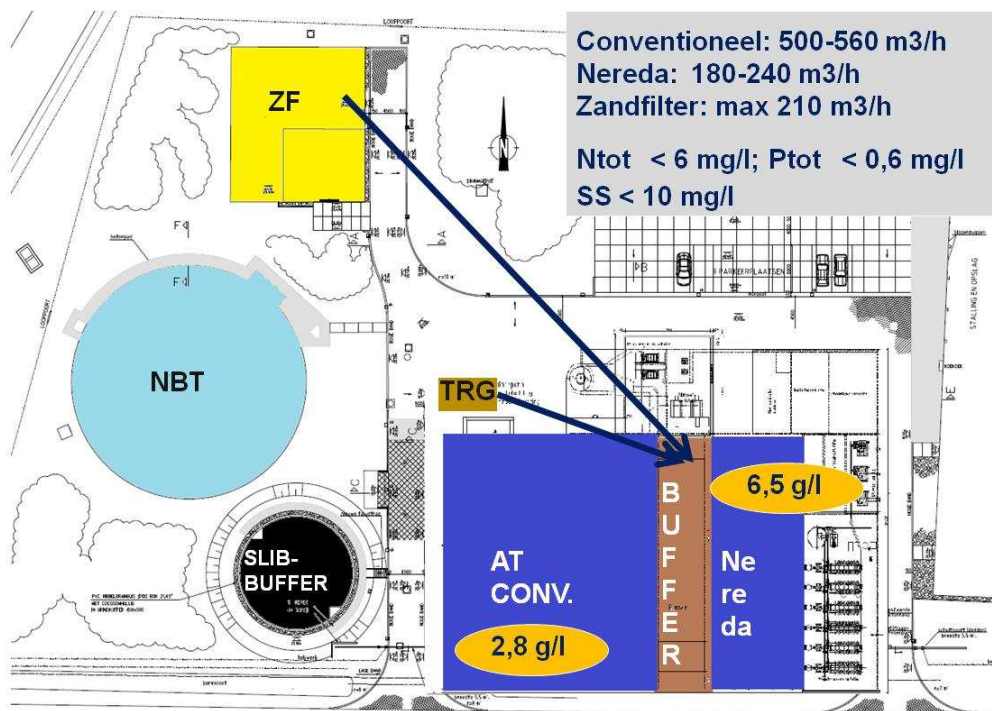
⁸ Full scale performance of the aerobic granular sludge process for sewage treatment M. Pronk et al, Water Research 84 (2015) 207-217

⁹ Persoonlijke communicatie Andre van Bentem

duikschotten. Deze gaan het afvoeren van drijflaag tegen bij het lozen van het effluent. Deze duikschotten blijken het drogestofgehalte in het effluent te reduceren op rwzi Vroomshoop van circa 15 mg/l naar 8-9 mg/l. Ook op de pilot Utrecht worden vergelijkbare resultaten behaald.

- De capaciteit van het zandfilter is niet voldoende om de batchgewijze lozing van effluent van het Nereda-deel volledig te behandelen. Naar verwachting wordt bij DWA circa 50% en bij RWA circa 35% behandeld. In combinatie met de aanpassingen in de vorm van duikschotten, is dit naar verwachting afdoende voor het behalen van de effluentstreefwaarden.

Deze hybride Nereda variant is grafisch weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 – Vlekkplan variant 3: hybride Nereda

Toelichting figuur 4: De aflat van het terreinrioolgemaal en het zandfilter worden verdeeld over beide straten. De maximale hydraulische capaciteit voor de conventionele straat is beperkt tot 560 m³/h bij een drogestofgehalte van 2,8 g/l. De omgebouwde nieuwe Nereda straat draait op 6,5 g/l. Doordat het spuislib vanuit de Neredatank wordt teruggevoerd naar de conventionele straat, zal de SVI van de conventionele straat naar verwachting verbeteren, waardoor de bestaande nabesinktank verder hydraulisch onderbelast wordt en een goede zwevende stof effluentkwaliteit behaalt.

Conclusie: Het effluent van het Nereda-deel wordt over het zandfilter geleid. De huidige nabesinktank wordt (inclusief 50% van de retourstromen) belast conform ontwerp. Door terugvoer van slib vanuit de nieuwe Nereda-straat, wordt de bezinkbaarheid van het slib conform resultaten van rwzi Vroomshoop beter, waardoor de bestaande nabesinktank wordt onderbelast. De totale effluentkwaliteit (van de conventionele straat + de Nereda straat) voldoet hiermee aan de ondergrens voor zwevende stof van kleiner dan 10 mg/l en de overige streefwaarden voor organische stof, stikstof en fosfaat.

Hoofdstuk 4 Uitwerking varianten

4.1 Energieverbruik

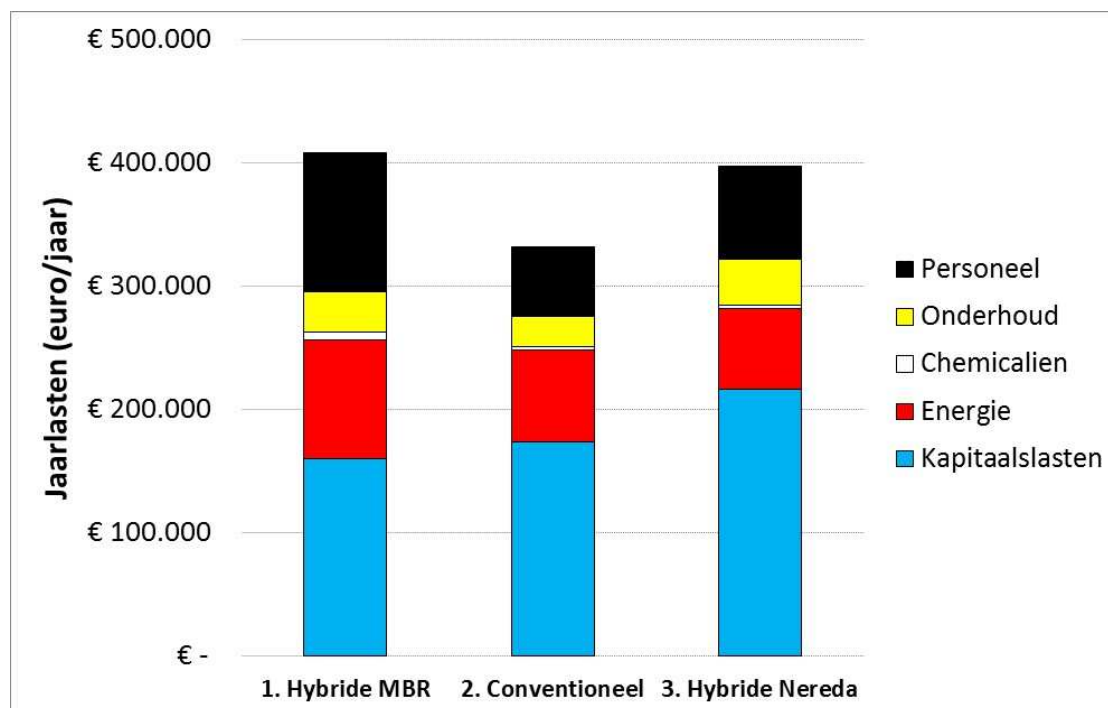
Op basis van de analyse van het energieverbruik van de huidige rwzi Ootmarsum is het energieverbruik ingeschat voor de drie uitgewerkte varianten. De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel 9. De details van deze uitwerking zijn weergegeven in bijlage 6.

Tabel 9- Energieverbruik varianten rwzi Ootmarsum

	Eenheid	Huidig	Hybride MBR	Conventioneel	Hybride Nereda
Totaal energieverbruik	MWh/jaar	1254	967	744	654
Totaal energieverbruik	kWh/m3 behandeld	0,86	0,66	0,51	0,45
Totaal energieverbruik	kWh/ i.e. verwijderd 150 g TZV	98	76	58	51

4.2 Kostenraming

Op basis van de informatie uit de voorgaande paragrafen is een inschatting gemaakt van de investeringskosten en de operationele kosten voor rwzi Ootmarsum. Deze leiden tot de jaarlasten zoals weergegeven in figuur 5. De onderbouwing van de investeringskosten is weergegeven in bijlage 7. De onderbouwing van de exploitatiekosten in bijlage 8.



Figuur 5 – Jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

4.3 Gevoeligheidsanalyse energieverbruik en jaarlasten

Uit figuur 5 blijkt, dat er een aantal zaken zijn, die de verschillen tussen de jaarlasten van de varianten sterk beïnvloeden:

- **Energiekosten:** Het energieverbruik van de hybride MBR variant ligt hoger dan van de conventionele variant. De hybride Nereda variant heeft de laagste energiekosten. Gezien de ervaringen in het verleden wordt er getwijfeld aan de energiebesparing, die kan worden behaald met de optimalisatie van de membranen. Met name de combinatie van de verhoging van de capaciteit en het verlagen van het energieverbruik roept vragen op. In deze quickscan is met een relatief grote veiligheidsmarge gewerkt van 30% ten aanzien van de verlaging van de energiebesparing en de verhoging van de capaciteit conform het optimalisatie onderzoek van de membranen van rwzi Ootmarsum. Om de impact te laten zien van deze aannamen, zal inzichtelijk worden gemaakt wat het effect is van een lagere en een hogere energiebesparing. Daarnaast zijn een aantal mogelijke optimalisaties van het energieverbruik gedurende deze quickscan onderkend, welke worden geconcretiseerd en waarvan vervolgens de impact op de jaarlasten voor de verschillende varianten wordt berekend.
- **Personeelskosten:** Uit figuur 5 blijkt dat de hybride MBR en de conventionele variant qua jaarlasten elkaar benaderen, exclusief personeelslasten. Voor de hybride MBR variant is aangenomen, dat deze meer personeelslasten met zich meebrengt dan de conventionele en hybride Nereda variant. Deze aanname is gebaseerd op de storingsgevoelige MBR in de huidige situatie. Dit is een worst case variant voor de hybride MBR, aangezien in de toekomst de storingen naar verwachting zullen afnemen. Gezien de gevoeligheid van de personeelskosten, wordt inzichtelijk gemaakt, wat de invloed is van het aannemen van gelijke personeelslasten voor alle varianten.
- **Kapitaalslasten:** In deze quickscan zijn kostenberekeningen gemaakt op basis van schetsontwerpniveau; deze bevatten een grote onnauwkeurigheid ten aanzien van de investeringen. Deze kunnen mee of tegenvallen voor de verschillende varianten. In het geval van de hybride MBR kunnen dit de aanpassingen zijn, die nodig zijn voor het verhogen van de capaciteit; voor de conventionele variant de aanleg van leidingwerk en afsluiters en voor de hybride Nereda variant de inrichting van de tank, software en de bijbehorende maatregelen om het drogestofgehalte in het effluent terug te dringen. De gevoeligheid hiervan wordt in deze paragraaf inzichtelijk gemaakt.

Mogelijke optimalisaties energieverbruik

Gedurende de quickscan zijn de volgende optimalisaties op het gebied van energieverbruik onderkend:

- Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum is relatief hoog o.a. doordat het proces is opgedeeld in vele kleine tanks met elk een eigen menger. Door deze procesconfiguratie is de ingebracht mengenergie relatief hoog. Een optimalisatie kan zijn om de mengers 50% van de tijd uit te zetten. Door deze maatregel kan naar verwachting op de varianten hybride MBR en Conventioneel circa 100 MWh/jaar (oftewel € 10.000/jaar) worden bespaard en voor de variant hybride Nereda circa 60

MWh/jaar ((oftewel € 6.000/jaar). De onderbouwing voor deze berekening is weergegeven in bijlage 8. Of dit haalbaar is en het proces voldoende kan functioneren, dient proefondervindelijk te worden vastgesteld.

- Voor de hogere drogestoflozing vanuit de Neredareactor wordt op verschillende locaties een oplossing getest: het installeren van duikschotten en het aanpassen van de slibspui. Door het zwevende stof gehalte onder controle te krijgen is een zandfilter wellicht niet nodig voor de nabehandeling van Nereda-effluent.

Het effect van bovenstaande optimalisatie in het energieverbruik is samengevat in tabel 10.

Tabel 10- Energieverbruik varianten rwzi Ootmarsum

	Eenheid	Huidig	Hybride MBR	Conventioneel	Hybride Nereda
Totaal energieverbruik	MWh/jaar	1254	967	744	654
Totaal energieverbruik	kWh/m3 behandeld	0,86	0,66	0,51	0,45
Totaal energieverbruik	kWh/ i.e. verwijderd 150 g TZV	98	76	58	51
Mogelijke energiebesparing	MWh/jaar	-	105*	105*	163**
Totaal geoptimaliseerd energieverbruik	MWh/jaar	1250	862	639	491
Totaal geoptimaliseerd energieverbruik	kWh/m3 behandeld	0,86	0,59	0,44	0,34
Totaal geoptimaliseerd energieverbruik	kWh/ i.e. verwijderd 150 g TZV	98	68	50	39

*Uitzetten mixers 50% van de tijd

** Geen behandeling effluent door zandfilter; uitzetten mixers conventionele deel 50% van de tijd

Resultaten gevoeligheidsanalyse (zie tabel 11)

In tabel 11 wordt inzichtelijk gemaakt wat de gevolgen zijn van gevoeligheden in uitgangspunten ten aanzien van:

- Energieverbruik
- Personeelslasten
- Geraamde investeringen

Tabel 11- Gevoeligheid jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

	Hybride MBR	Conven- tioneel	Hybride Nereda
0. Basisvarianten	€ 408.000	€ 333.000	€ 397.000
1. Energie			
1.1 Minder energiebesparing membranen (-20%)	€ 411.000	€ 333.000	€ 397.000
1.2 Meer energiebesparing membranen (-40%)	€ 405.000	€ 333.000	€ 397.000
1.3 Optimalisatie mengenergie	€ 397.000	€ 322.000	€ 391.000
1.4 Geen zandfilter nodig voor hybride Nereda	€ 408.000	€ 333.000	€ 387.000
2. Personeelskosten			
Personeelskosten gelijk voor alle varianten (€ 75.000/jaar)	€ 371.000	€ 351.000	€ 397.000
3. Kapitaalslasten en onderhoud			
3.1 15% meer investeringen	€ 440.000*	€ 362.000	€ 435.000
3.2 15% minder investeringen	€ 376.000*	€ 303.000	€ 359.000
4. Kapitaalslasten en onderhoud bij gelijke personeelsinzet (€ 75.000/jaar)			
3.1 15% meer investeringen	€ 403.000*	€ 381.000	€ 435.000
3.2 15% minder investeringen	€ 339.000*	€ 322.000	€ 359.000

*Exclusief helixmembranen

Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt het volgende:

- De invloed van een hogere of lagere aangenomen energiebesparing door optimalisatie van de membranen is nihil.
- De invloed van de optimalisatie van de mengenergie zorgt ervoor, dat de conventionele variant goedkoper is dan de hybride MBR en Nereda variant. Ook is er

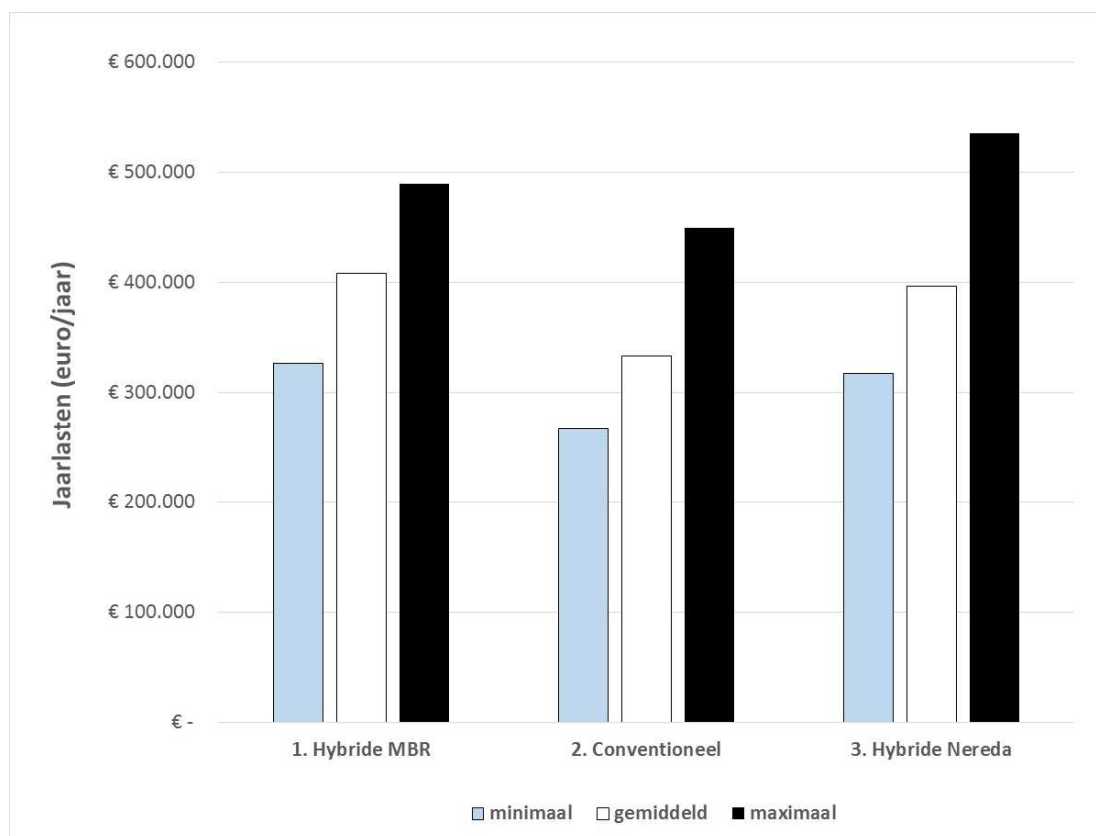
een duidelijke invloed van het buiten bedrijf zetten van het zandfilter op de jaarlijkse kosten van de hybride Nereda variant.

- De invloed van variatie in kapitaalslasten zorgt ervoor, dat de conventionele variant in alle gevallen het gunstigst is; de hybride Nereda variant is gunstiger dan de hybride MBR variant.
- Door de personeelslasten gelijk te houden, is de conventionele variant het gunstigst, op de voet gevolgd door de hybride MBR variant. De hybride Nereda variant is significant duurder, ook bij variatie in kapitaalslasten met $\pm 15\%$.

Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt de volgende bandbreedte in jaarlasten:

- Hybride MBR: € 339.000 - € 440.000
- Conventioneel: € 303.000 - € 381.000
- Hybride Nereda: € 359.000 - € 435.000

Het is belangrijk om te onderkennen, dat de verschillende varianten niet verder uitgewerkt zijn dan schetsontwerpniveau en daarom een grote onnauwkeurigheid bevatten. De gepresenteerde kostenramingen van de varianten zijn onvolledig en indicatief en alleen bedoeld om de verschillende varianten onderling te vergelijken. E.e.a. is visueel gepresenteerd in figuur 6.



Figuur 6 – Onnauwkeurigheid jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

Uit figuur 6 kan worden afgeleid, dat de bandbreedte in jaarlasten groter is door de aangenomen onnauwkeurigheid dan het resultaat van de gevoeligheidsanalyse. De verschillende varianten zijn dan ook niet onderscheidend op het gebied van jaarlasten, vanwege de onnauwkeurigheid in de kostenberekeningen.

Aangezien het energieverbruik nog steeds hoger uitpakt dan gemiddeld voor de verschillende varianten, is bekeken welke resultaten kunnen worden behaald met complete nieuwbouw van het hedendaags energiezuinigste concept: een volledig nieuwe Nereda-reactor met zandfilter. Op basis van indicatieve berekeningen blijkt deze variant met stichtingskosten van 4,9 miljoen euro en € 510.000 per jaar aan jaarlasten, significant duurder te zijn dan de gepresenteerde varianten; het energieverbruik is echter wel lager: 24 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV. Voor de variant nieuwbouw Nereda daalt het energieverbruik van 24 naar 18 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV, als het zandfilter niet hoeft te worden ingezet.

4.4 Aandachtspunten verdere uitwerking ontwerp

Gedurende deze quickscan zijn een aantal suggesties gedaan voor optimalisatie van de verschillende varianten. Deze zijn in deze quickscan niet (geheel) uitgewerkt, aangezien het detailniveau van deze suggesties niet paste binnen de scope en de nauwkeurigheid van deze quickscan. Het wordt aanbevolen om de volgende zaken mee te nemen in de verdere uitwerking van het ontwerp:

- Het bedrijven van beide actiefslibtanks als één slibstelsel in de conventionele variant: In deze quickscan is uitgegaan van het apart bedrijven en gescheiden houden van de twee actief slibsystemen. Het werken met twee verschillende slibgehalten voor de variant conventioneel vergt meer aandacht van de beheerder, dan het werken met één slibgehalte en minder mogelijkheden voor ingrijpen tijdens storingen en uitbedrijftijden. Er is bekeken of met de huidige volumina met één slibgehalte gewerkt kan worden door het volume van de buffertank in te zetten als actiefslibvolume voor het huidige MBR-deel. De buffer en het actief slibvolume van het huidige MBR-deel bedragen tezamen $1170+780=1.950 \text{ m}^3$. Het huidige conventionele actief slibvolume bedraagt 3.225 m^3 . Deze verhouding is te scheef om in de huidige situatie met één slibgehalte te werken. In totaliteit is er voldoende volume, alleen zou er een complete herinrichting moeten plaatsvinden met alle actiefslibtanks, waarmee voor elk proces één volume geldt. Dit betekent 1 selector, 1 anaerobe tank, 1 anoxische tank en 1 of 2 aerobe/anoxische tanks met de benodigde recirculaties.
- Optimalisatie van de spoeling en lozing van retourwater vanuit het zandfilter. Indien het spoelwater gelijkmatiger terug kan worden gestuurd naar de rwzi, levert dit een vermindering op van de hydraulische belasting van de rwzi Ootmarsum. Verder kan de maximale capaciteit hierdoor verder verhoogd worden. In de hybride Nereda variant kan nu niet al het effluent van de Nereda worden behandeld, gezien de batchgewijze lozing. Verhoging van de capaciteit van het zandfilter levert in deze situatie aanvullende robuustheid op.
- Optimalisatie van het drogestofgehalte van het effluent van het Neredadeel, door het uitwerken (van het effect) van het installeren van duikschotten in de hybride Nereda variant en aanpassing van het spuien van slib. Door het zwevende stofgehalte van het Nereda-deel onder controle te krijgen, wordt het risico op overschrijding van streefwaarden voor drogestof in effluent verminderd en is in het positiefste geval een zandfilter wellicht niet nodig voor de nabehandeling van Nereda-effluent.

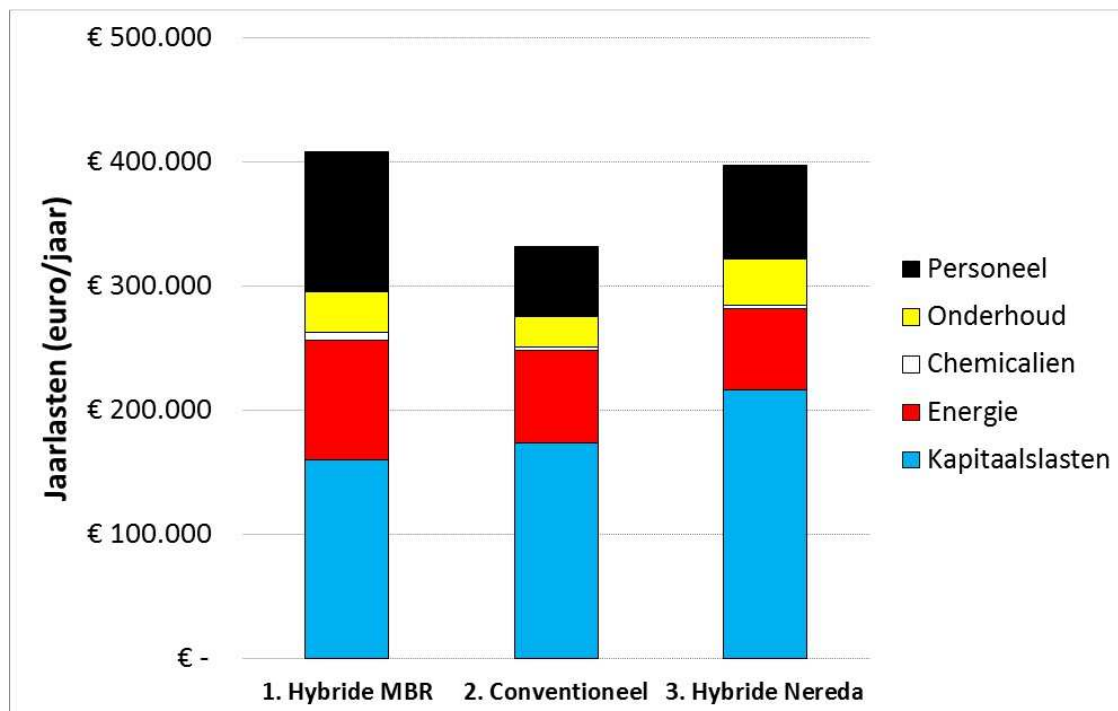
- Nagaan of de blowers kunnen worden aangepast, zodat deze verder kunnen worden teruggeregeld. In de huidige situatie wordt er onder minimale omstandigheden te veel lucht ingebracht. Voor de verschillende varianten is daarom uitgegaan van bijplaatsing van een kleine blower en in de hybride MBR variant van twee kleine blowers. In alle varianten kan er dan één bestaande blower buiten bedrijf worden gesteld. Aanpassing van de blowers is, indien mogelijk, financieel aantrekkelijker.
- Nagaan welke kosten gemoeid zijn met het vervangen van de keramische elementen door membraanelementen en welke opbrengsten dit oplevert. Doordat keramische elementen continue moeten worden belucht, kan de beluchting niet worden uitgeschakeld bij lage tot geen aanvoer of bij een zeer lage belasting bij langdurig aanhoudende RWA. In combinatie met het niet ver genoeg kunnen terugregelen van de blowers bedraagt deze extra energie inbreng circa 10% van het totaal.
- Nagaan of de trommelzeven in capaciteit kunnen worden verhoogd van 150 naar 240 m³/h. In de hybride MBR variant is nu uitgegaan van realisatie van een extra nieuwe trommelzeef. Indien technisch mogelijk, lijkt aanpassing van de bestaande trommelzeven financieel aantrekkelijker.
- Optimalisatie menging actiefslibsystemen door de mixers en voorstuwers 50% van de tijd uit te zetten. Deze optimalisatie levert voor alle varianten een significante energiebesparing op.

Hoofdstuk 5 Synthese

In deze quickscan zijn de volgende drie varianten met elkaar vergeleken:

- Variant 1: handhaven huidige configuratie + optimalisatie (hybride MBR)
- Variant 2: Ombouw naar een conventionele rwzi met nabezinking
- Variant 3: Ombouw naar een hybride Nereda systeem

De jaarlasten van deze drie varianten zijn weergegeven in figuur 7.



Figuur 7 – Jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

Hierbij moet in ogenschouw worden genomen, dat de verschillende varianten niet verder uitgewerkt zijn dan schetsontwerpniveau en daarom een grote onnauwkeurigheid bevatten van 30-40%. De gepresenteerde kostenramingen van de varianten zijn daarnaast onvolledig en indicatief en alleen bedoeld om de verschillende varianten onderling te vergelijken. Op basis hiervan wordt geconcludeerd, dat de onderzochte varianten niet onderscheidend zijn op het gebied van jaarlasten, vanwege de onnauwkeurigheid in de verschillende aannamen voor de kostenberekeningen.

Ten aanzien van het energieverbruik van rwzi Ootmarsum is veel discussie. Dit ligt met 98 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV hoog ten opzichte van het landelijk gemiddelde van circa 30 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV. Echter, ook door ombouw naar een conventioneel of een hybride Nereda daalt dit energieverbruik niet dermate, dat dit op het landelijk gemiddelde uitkomt. De conventionele variant komt uit op 58 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV en de hybride Nereda variant op 51 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV. De procesconfiguratie en schaalgrootte van rwzi Ootmarsum zijn hier debet aan. Rwzi Ootmarsum is een relatief kleine zuivering van 14.000 i.e. 150 g TZV, waarvan de afvalwaterbehandeling is verdeeld over twee straten, waarvan beide straten vergaand stikstof, fosfaat, organische stof en zwevende stof

verwijderen. Hierdoor ontstaan kleine tankvolumes met elk hun eigen menger en recirculaties. Het energieverbruik per m³ behandeld afvalwater of per behandelde i.e. stijgt hierdoor. Daarnaast is de behandeling van het afvalwater door rwzi Ootmarsum momenteel uitgelegd om een uitstekende effluentkwaliteit te behalen door inzet van een membraan- en een zandfilter. De wettelijke eisen ten aanzien van de effluentkwaliteit worden ruim gehaald. Zo is het N, P en SS-totaalgehalte respectievelijk lager dan 5,0 mg/l, 1,0 mg/l en 10 mg/l terwijl 10 mg/l, 2,0 mg/l en 30 mg/l wettelijk vereist wordt. Vanuit de streefwaarden van het Waterschap Vechtstromen worden strengere waarden gesteld van N_{totaal} < 6,0 mg/l, P_{totaal} < 0,6 mg/l en zwevende stof 10 mg/l. Deze streefwaarden, welke strenger zijn dan landelijk gemiddeld, zijn als randvoorwaarden genomen.

In deze variantenstudie zijn optimalisaties aan het licht gekomen op het gebied van energieverbruik. Indien al deze optimalisaties kunnen worden uitgevoerd, daalt het energieverbruik. E.e.a is weergegeven in tabel 12.

Tabel 12- Energieverbruik varianten rwzi Ootmarsum

	Eenheid	Huidig	Hybride MBR	Conventioneel	Hybride Nereda
Totaal energieverbruik	MWh/jaar	1254	967	744	654
Totaal energieverbruik	kWh/m ³ behandeld	0,86	0,66	0,51	0,45
Totaal energieverbruik	kWh/ i.e. verwijderd 150 g TZV	98	76	58	51
Mogelijke energiebesparing	MWh/jaar	-	105*	105*	163**
Totaal geoptimaliseerd energieverbruik	MWh/jaar	1250	862	639	491
Totaal geoptimaliseerd energieverbruik	kWh/m ³ behandeld	0,86	0,59	0,44	0,34
Totaal geoptimaliseerd energieverbruik	kWh/ i.e. verwijderd 150 g TZV	98	68	50	39

*Uitzetten mixers 50% van de tijd

** Geen behandeling effluent door zandfilter; uitzetten mixers conventionele deel 50% van de tijd

Aangezien het energieverbruik nog steeds hoger uitpakt dan (landelijk) gemiddeld van 30 kWh/i.e. 150 g TZV verwijderd voor de verschillende varianten, is bekeken welke resultaten

kunnen worden behaald met complete nieuwbouw van het hedendaags energiezuinigste concept: een volledig nieuwe Nereda-reactor met zandfilter. Op basis van indicatieve berekeningen blijkt deze variant met stichtingskosten van 4,9 miljoen euro en € 510.000 per jaar aan jaarlasten, duurder te zijn dan de gepresenteerde varianten; het energieverbruik is echter wel lager: 24 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV. Indien geen zandfilter is benodigd, bedraagt het energieverbruik 18 kWh/ie. verwijderd 150 g TZV. De jaarlasten zakken hierdoor naar € 500.000 per jaar, wat nog steeds significant duurder is dan de overige varianten.

De keuze tussen de verschillende varianten kan echter niet alleen worden gemaakt op basis van jaarlasten en energieverbruik. De volgende aspecten spelen ook een rol:

- Continuïteit/bedrijfszekerheid (beheer)
- Effluentkwaliteit (huidige lozingsvergunning, harmonisatie lozingseisen, mogelijkheid tot verwijdering van microverontreinigingen en microplastics)
- Innovatie (toepassing nieuwe technieken)
- Duurzaamheid (energie, hulpstoffen gebruik)

In tabel 13 zijn overige aspecten voor de verschillende varianten met elkaar vergeleken.

Tabel 13 – Beoordeling overige aspecten varianten rwzi Ootmarsum

	Huidig	Hybride MBR	Conventioneel	Hybride Nereda
Continuïteit en bedrijfszekerheid	0	++	++	+
Energieverbruik	0	+	++	++
Chemicaliënverbruik	0	-	+	+
Mogelijkheid tot innovatie	0	+	--	+
Mogelijkheid tot verwijdering microverontreinigingen	0	++	-	--

Toelichting tabel 13:

Voor de continuïteit en bedrijfszekerheid zijn voor alle varianten ontwerp-aannamen gedaan, waardoor de toekomstige configuratie zeker aan de streefwaarden van Waterschap Vechstromen conform tabel 2 kan voldoen. Hiervoor zijn veiligheidsmarges in het ontwerp genomen. Zo is in de varianten MBR en conventioneel uitgegaan van de inzet van het zandfilter, wat niet nodig is voor deze varianten. Voor de variant hybride Nereda zijn ruimere ontwerpuitgangspunten gehanteerd, dan nu gebruikelijk door Royal Haskoning DHV. Het Nereda-deel zal, conform de huidige inzichten echter wel een verhoogd drogestofgehalte en daarbijbehorend fosfaat lozen, waardoor deze variant met 1 plus wordt gescoord ten opzichte van de hybride MBR en conventionele variant.

Het energieverbruik ligt voor de variant hybride MBR hoger dan voor de variant conventioneel en hybride Nereda. Deze laatste varianten zijn vergelijkbaar.

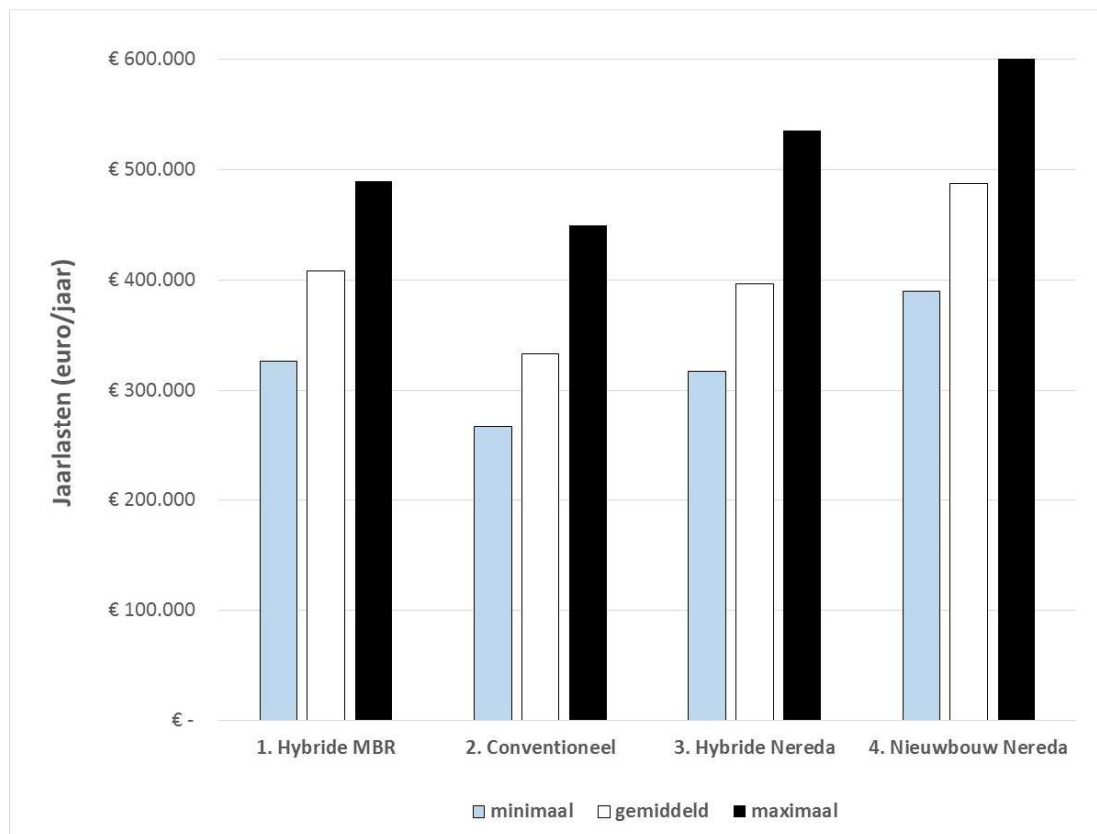
Het chemicaliënverbruik van de variant hybride MBR ligt hoger dan voor de conventionele en hybride Nereda variant, vanwege de benodigde chemicaliën voor reiniging van de membranen.

De mogelijkheden tot verwijdering van microverontreinigingen worden hoger ingeschat voor de variant hybride MBR, dan voor de varianten conventioneel en hybride Nereda. De hybride MBR variant kan bijdragen aan het verkrijgen van een uitstekende effluentkwaliteit op het gebied van Ptotaal, zwevende stof en microverontreinigingen. Fosfaat en microverontreinigingen "kleven" aan zwevende stof. Door zwevende stof vergaand te verwijderen, kunnen op dit vlak betere resultaten worden bewerkstelligd. Daarnaast vangen de membranen grote organische moleculen af zoals pesticiden, diverse geneesmiddelen(resten), microplastics, virussen en bacteriën. De wens om deze uit rwzi-effluent te verwijderen, wordt de laatste jaren steeds pregnanter, aangezien rwzi's hotspots zijn ten aanzien van de lozing van deze stoffen. Zowel microverontreinigingen als microplastics komen voor het overgrote deel via de afvalwaterketen in het watermilieu terecht, omdat de huidige rwzi's deze niet goed verwijderen. Daarnaast levert rwzi-effluent een negatieve bijdrage ten aanzien van antibiotica resistentie in het watermilieu, door het lozen van de resistente bacteriën. De toegepaste ultramembranen houden virussen en bacteriën tegen. Bij toepassing van de conventionele en hybride Nereda variant is dit nagenoeg niet mogelijk. Daar komt bij, dat bij toepassing van Nereda een grotere uitspoeling van drogestof plaatsvindt, welke slechts gedeeltelijk kan worden opgevangen door het zandfilter. De drogestoflozing, en daarmee de lozing van microverontreinigingen en microplastics zal hierdoor hoger zijn voor de hybride Nereda variant dan voor de overige varianten. Het vergaand verwijderen van microplastics en microverontreinigingen is hierdoor lastiger dan in de conventionele variant. Voor de mogelijkheid tot verwijdering van microverontreinigingen scoort deze variant daarom ongunstiger dan de conventionele variant.

De mogelijkheden tot innovatie worden hoger ingeschat voor de variant hybride MBR en hybride Nereda, dan voor de conventionele varianten. Zoals hiervoor aangegeven levert membraanfiltratie een significante reductie op van fosfaat, zwevende stof, microplastics microverontreinigingen, virussen en (antibiotica resistente) bacteriën, waardoor een toekomstig vereiste nabehandeling eenvoudiger en goedkoper zal zijn. Qua innovativiteit en onderzoek op dit punt, kan de bestaande hybride MBR variant daarom dienen als full-scale onderzoekslocatie, die verder niet in Nederland beschikbaar is. Daarentegen biedt de hybride Nereda variant mogelijkheden tot het terugwinnen van de grondstof alginaat, welke niet mogelijk is bij de andere varianten. De varianten hybride MBR en hybride Nereda scoren daarom gelijk op het gebied van mogelijkheid tot innovatie. De conventionele variant is zoals de naam al aangeeft ingegeven door bewezen, bestaande en conventionele technieken welke in beton worden gegoten, waarin de komende 15-20 jaar moeilijk innovatie kan worden bewerkstelligd.

Uit tabel 12 kan worden afgeleid dat er een duidelijk verschil is tussen de conventionele variant en hybride varianten. De hybride varianten scoort beter. Op het gebied van de

jaarlasten scoort de variant hybride MBR slechter dan de conventionele variant en nagenoeg gelijk aan de variant hybride Nereda. Hierbij wordt echter opgemerkt, dat de gepresenteerde kostenramingen van de varianten onvolledig en indicatief zijn en alleen bedoeld om de verschillende varianten onderling te vergelijken. De onnauwkeurigheid in de kostenberekeningen is hierdoor groot: zie figuur 8. Uit figuur 8 kan worden afgeleid, dat de onderzochte varianten niet onderscheidend zijn op het gebied van jaarlasten, vanwege de onnauwkeurigheid in de kostenberekeningen. Alleen de nieuwbouw variant van een Nereda valt af door de significant hogere jaarlasten, ondanks het lagere energieverbruik.



Figuur 8 – Onnauwkeurigheid jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

Op basis van deze quickscan kan geen voorkeursvariant worden bepaald. Deze keuze wordt bepaald door meer of minder gewicht toe te kennen aan factoren als investeringsomvang, jaarlasten, personeelsinzet, duurzaamheid, mate van innovativiteit en toekomstige mogelijkheid tot het verwijderen van microverontreinigingen en microplastics en het omgaan met nieuwe problemen zoals antibioticaresistentie. Het is daarom aan Waterschap Vechtstromen, om in te schatten wat belangrijk wordt geacht voor de toekomst van rwzi Ootmarsum.

Bijlagen

Bijlage 1 – Procesconfiguratie rwzi Ootmarsum

Bijlage 2 – Analyse huidig energieverbruik

Bijlage 3 – Energieverbruik rwzi Ootmarsum in (inter)nationale context

Bijlage 4 – Resultaten optimalisatie membranen

Bijlage 5 – Geoptimaliseerde bedrijfsvoering membranen rwzi Ootmarsum

Bijlage 6 – Energieverbruiken varianten quickscan

Bijlage 7 – Investeringskosten varianten rwzi Ootmarsum

Bijlage 8 – Jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

Bijlage 9 – Optimalisatie mengenergie

Bijlage 1 – Procesconfiguratie rwzi Ootmarsum

rwzi Ootmarsum

Wiemselweg 16
7634 PX TILLIGTE
tel.: 0541 - 221439

Aangesloten kernen

Ootmarsum, Lattrop en
Tilligte

Grondslagen

Type zuiveringsinstallatie	Hybride (MBR + conventionele waterzuivering)	
Jaar van ingebruikname	1974/2007	
Zuiveringscapaciteit (kg BZV)	760	kg BZV/dag
Zuiveringscapaciteit (i.e.s4) winter/zomer	14000/18000	i.e.s4
Maximale water aanvoer	650	m ³ /h
Droogweer-aanvoer	150	m ³ /h

Ontwerp/realisatie

Influentpompen

Aantal pompen	3	(waarvan 1 reserve)
Capaciteit		
RWA	550	m ³ /h
DWA	150	m ³ /h
Per pomp	275	m ³ /h

Waterbehandeling (gezaamelijk)

Roostergoedverwijdering (2stuks)

capaciteit nr 1	650	m ³ /h
capaciteit nr 2	650	m ³ /h

Roostergoedwaspers

capaciteit	0,56	m ³ /h
------------	------	-------------------

Zandvanger

type	JETA	
capaciteit	680	m ³ /h
oppervlaktebelasting	35	m ³ /m ² .h

**Blower luchtwassing*

type	Draaizuigerblower	
capaciteit	40	m ³ /h

**Zandpomp*

type	Centrifugaal	
capaciteit	40	m ³ /h

**Vetpomp*

type	Plunjerverdringerpomp	
capaciteit	50	mL vet/dag

**Zandwasser*

type	Dichte vijzel	
capaciteit	24	m ³ /h

Buffertank

780	m ³
-----	----------------

Luchtsysteem

*Blowers (3stuks)		
type	turboblowers	
capaciteit	993	Nm ³ /h
<u>FeCl₃-toevoerpomp (2 stuks)</u>		
Membraanverdringer	0,37	kW
<u>FeCl₃/AlCl₃-toevoerpomp</u>		
Membraanverdringer	0,37	kW
Waterbehandeling (MBR deel)		
<u>Opvoerpompen (2stuks)</u>		
Centrifugaal-dompel	150	m ³ /h
<u>Trommelzeven (2stuks)</u>		
Trommelzeef	150	m ³ /h
maasw.	2	mm
<u>Anaërobe tank</u>		
Contacttijd (DWA)	60	min
Aantal compartimenten	4	
Volume	150	m ³
Recirculatie	75	m ³ /h
<u>Selector</u>		
Contacttijd (DWA)	12	min
Aantal compartimenten	3	
Volume	75	m ³
<u>Aktiefslib</u>		
type	Carroussel	
inhoud	1170	m ³
diepte	5,43	m3
oppervlakte	215	m2
opstroomsnelheid		m/h
inhoud (incl anaeroob/selector)	1170	m ³
diepte	5,43	m3
oppervlakte	215	m2
opstroomsnelheid		m/h
Beluchtingscapaciteit	112	kgO ₂ /h
Slibgehalte	10	kg/m ³
Slibbelasting	0,04	kgBZV/kgd.s.
<u>FeCl₃-toevoerpomp (2 stuks)</u>		
Membraanverdringer	0,37	kW
<u>Circulatiepomp</u>		
Centrifugaal pomp	360	m ³
<u>Permeaatpomp (6stuks)</u>		
Centrifugaal pomp	18-25	m ³ /h
<u>drainpomp (2stuks)</u>		
capaciteit		m ³ /h

<u>Doseerpomp NaOCl</u>		
Membraanverdringer	157	L/h

<u>Spoelpomp</u>		
aantal	2	
Centrifugaalpomp	180-220	m ³ /h

<u>Doseerpomp citroenzuur</u>		
Membraanverdringer	962	L/h

Waterbehandeling (Conventionele deel)

<u>Verticale Mengers</u>	
Anaerobe tank	4
Selector	3
Anoxische tank	4

<u>Recirculatie pomp (anox->anaer)</u>		
Recirculatiepomp	75	m ³ /h

<u>Recirculatie pomp (aer->anox)</u>		
Recirculatiepomp	600	m ³ /h

<u>Vorstuwers (2stuk)</u>		
	55	kW

<u>Surplusslibpomp</u>		
Centrifugaal dompel	4	kW

<u>Luchtventilator (2stuks)</u>		
	15	kW

<u>Percolaatwaterpomp</u>		
	0,55	kW

<u>Aktiefslibinstallatie</u>		
type	Carrousel	
inhoud	3000	m ³
inhoud (incl anaeroob/selector)	3225	m ³
slibgehalte	4	g/l
slibbelasting	0,04	kg BZV/kg d.s.·dag

<u>Beluchtingscapaciteit</u>		
	88	kgO ₂ /d

<u>FeCl₃-toevoerpomp (2 stuks)</u>		
Membraanverdringer	0,37	kW

<u>Nabezinktank</u>		
type	rond	m ²
oppervlakte	650	m ³ /m ² ·h
oppervlakte		m
belasting	0,79	m ³
kantdiepte	1,5	h
inhoud	975	
verblijftijd	1,5	
		m ³ /h

<u>Bedrijfswaterpomp</u>		
--------------------------	--	--

<u>(2stuks)</u>		
capaciteit	40	m ³ /h
<u>Terreinwaterpomp</u>		
<u>(2stuks)</u>	(nog aanpassen)	
capaciteit	40	mm
<u>fijnrooster</u>		
geperf. Plaat	3	m ³ /h
<u>Zandfilter (2stuks)</u>		
capaciteit	250	
<i>Slibverwerking</i>		
		m ³ /h
<u>Surplusslibpompen</u>		
capaciteit	45	m ³
<u>Slibbufferbak 1</u>		
inhoud	500	m ³ /h
Bandindikker	(met PE dosering)	
capaciteit	20	m ³ /h
<u>Ingedikt surplusslibpomp</u>		
capaciteit	1,2	

Bijlage 2 – Analyse huidig energieverbruik

	1/1 tm 15/7 2016		extrapolatie heel jaar		
	Totaal influent	784895 m3	1.458.231		
	Totaal conventioneel	489099 m3	908.682	62%	
	Totaal MBR	295796 m3	549.549	38%	
	Totaal zandfilter		625.311	42,9%	
	Totaal per jaar	Totaal per jaar	Totaal per jaar		
	gemeten kWh	ingeschat kWh	kWh/jaar % van totaal	kWh/jaar	
inkoop kwh	1.227.441				
Totaal huidig MBR-deel				398.898	32%
opvoerpomp MBR		8.284	8.284	0,7%	
trommelzeven MBR		1.284	1.284	0,1%	
anaerob mbr	26.506	16.938	16.938	1,4%	
anox mbr	24.056		24.056	1,9%	
oxisch tank mbr	73.861		73.861	5,9%	
Membranen	257.829		274.476	21,9%	
Totaal huidig conventioneel deel				216.910	17%
anaerob conv	25.672		25.672	2,0%	
anox conv	41.304		41.304	3,3%	
oxisch tank conv	126.311		126.311	10,1%	
retourslib	23.623		23.623	1,9%	
Totaal compressoren	403.830		259.900	20,7%	403.830 32%
Airlift			143.930	11,5%	
Totaal zandfilter		68.108	68.108	5,4%	68.108 5%
Totaal overig				166.519	13%
opvoeren influent	0	53.027	53.027	4,2%	
roostergoed, zand en vetvang	0	4.543	4.543	0,4%	
luchtbehandeling en ventilatie	25.148		25.148	2,0%	
terreinrioolgemaal	0	13.528	13.528	1,1%	
slibverwerking	0	32.000	32.000	2,6%	
bedrijfswater en drinkwater	0	35.174	35.174	2,8%	
steunpunt	3.099		3.099	0,2%	
Totaal energieverbruik	1.031.239	232.886	1.254.265	100,00%	1.254.265
kWh/m3 totaal					0,86
v.e. 150 g verwijderd					12.751
kWh/v.e. 150 g verwijderd					98,4
kg O2 verwijderd					706.640
kg O2/kWh					1,7

NB1: Bovenstaande energieverbruiken zijn gemeten over de periode 1 januari 2016 t/m 15 juli 2016. Eerdere energieverbruiken waren ivm dataopslag niet gedetailleerd genoeg beschikbaar. In deze periode draaide 1 van de 6 membraanskids met een geoptimaliseerde configuratie, waardoor het energieverbruik lager is dan representatief is voor de huidige situatie. Hiervoor is gecorrigeerd, waardoor het energieverbruik voor de membranen hoger is ingeschat voor de huidige situatie dan gemeten (274.476 kWh/jaar ten opzichte van de gemeten 257.829 kWh/jaar).

NB2: Voor de energieverbruiken welke niet waren gespecificeerd is deze ingeschat op basis van het opgesteld vermogen * 80% (=daadwerkelijk vermogen) en de behandelde hoeveelheid m3:

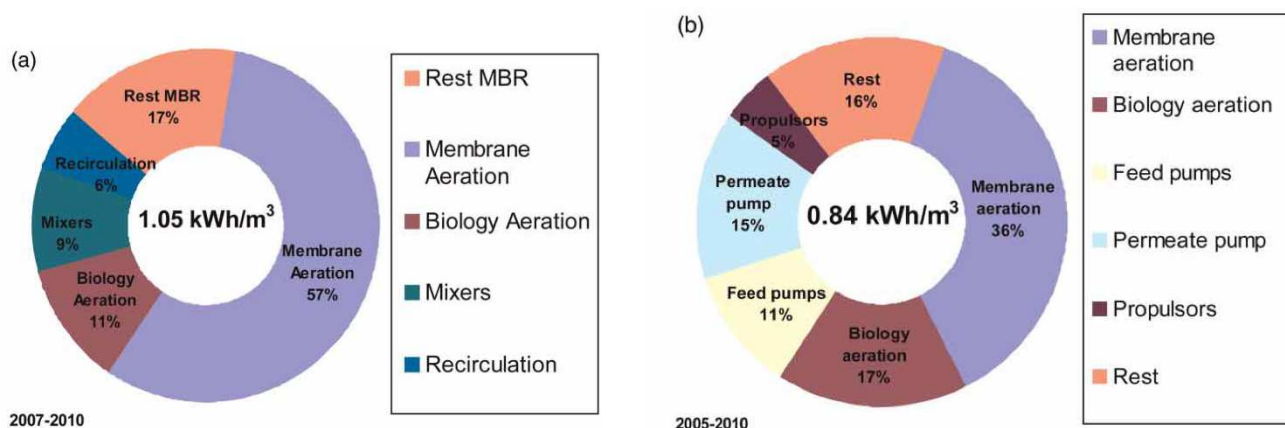
	kWh/ behandelde m3
opvoeren influent	0,036
roostergoed	0,003
zandvang en vetvang	0,001
opvoerpomp MBR	0,015
trommelzeven	0,002
zandfilter	0,109
terreinrioolgemaal	0,032
slibverwerking	0,022
bedrijfswater	0,375
membranen oud	0,50
membranen nieuw	0,35

Bijlage 3 – Energieverbruik rwzi Ootmarsum in (inter)nationale context

Uit een analyse van het totale energieverbruik van RWZI Ootmarsum blijken de volgende kengetallen:

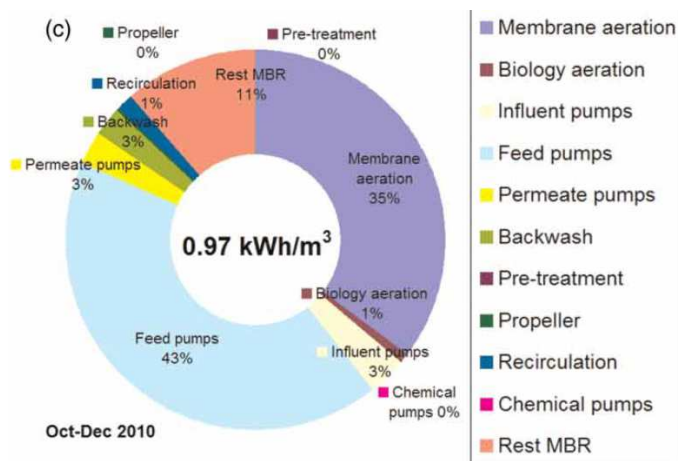
- 0,87 kWh/m³ afvalwater
- 100 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV
- 1,7 kg O₂ inbreng per kWh beluchtingsenergie

Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum is hoger dan landelijk gemiddeld (circa 30 kWh/i.e. verwijderd 150 g TZV). Dat het energieverbruik van een (hybride) MBR hoger is dan voor een conventioneel systeem, is in overeenstemming met de prestaties van andere MBR's die rond dezelfde tijd zijn gebouwd als rwzi Ootmarsum. Deze liggen in dezelfde ordergrootte: in opdracht van de STOWA is in 2012 een rapport verschenen waarin alle kennis en beschikbare informatie is gebundeld omtrent de MBR-technologie ¹⁰. Conform dit rapport varieert het energieverbruik van MBR-installaties van 0,48 tot 1,8 kWh/m₃ geproduceerd permeaat. Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum past in deze bandbreedte. De verschillen worden veroorzaakt door samenstelling van afvalwaterstromen, ontwerp van de installatie en de schaalgrootte. Ook is de verdeling van het energieverbruik over de verschillende procesonderdelen vaak erg verschillend (zie figuur a). Een laatste bron van informatie is het rapport Praktijkonderzoek MBR Glanerbrug ¹¹: de rwzi Glanerbrug is vergelijkbaar met de rwzi Ootmarsum, waarin droogopstelde membranen gedurende het praktijkonderzoeken slechts een deel van het afvalwater hebben behandeld. De rwzi Glanerbrug heeft een specifiek energieverbruik van 0,93 kWh/m³.



¹⁰ STOWA 2012-08 LR 02 Bundeling Internationale MBR Resultaten

¹¹ Praktijkonderzoek MBR Glanerbrug, STOWA, gemeente Enschede, AgentschapNL, Waterschap Regge en Dinkel, Pentair, juni 2014



*Figuur a – Energieverbruik en verdeling voor MBR-deel rwzi Heenvliet (a); rwzi Varsseveld (b) en MBR Terneuzen (c)*¹²

Alle MBR's uit het STOWA-onderzoek zijn uitgerust met ondergedompelde membranen, evenals de MBR's Heenvliet en Varsseveld uit figuur a, welke een geheel ander reinigings- en beluchtingsregime hebben dan droog opgesteld membranen en hierdoor niet representatief zijn om te vergelijken met rwzi Ootmarsum. Vergelijkbare MBR's met droogopgestelde membranen, zoals rwzi Ootmarsum, zijn MBR Glanerbrug en MBR Terneuzen. De vergelijking tussen deze verschillende installaties is lastig, aangezien de afvalwatersamenstelling verschilt en daarbij de actiefslibsystemen verschillend zijn ingericht. Hierdoor is het energieverbruik van opvoerpompen, mixers en voorstuwers zeer verschillend. Wat wel opvalt voor alle membraanbioreactoren is dat er twee grote verbruikers zijn: diverse pompen in het membraangedeelte en de beluchting van de membranen en de biologie. Wat verder opvalt is dat het energieverbruik van de beluchting van de membranen en de biologie aan elkaar gelinkt zijn: hoe meer energie en dus lucht er ingebracht wordt via de Airliftblower, hoe minder energie benodigd is voor de beluchting van de biologie (zie figuur a-c en tabel A).

¹² Pawel Krzeminski, Jaap H. J. M. van der Graaf and Jules B. van Lier Specific energy consumption of membrane bioreactor (MBR) for sewage treatment, Water Science & Technology · January 2012

Tabel A –Energieverbruiken in kWh/m³ rwzi's Ootmarsum, MBR-deel Glanerbrug en MBR Ternuezen

	Rwzi Ootmarsum	Rwzi Glanerbrug	Rwzi Terneuzen
Actief slib volume MBR-deel	0,23 ¹	0,13	0,03
Beluchting actief slib MBR-deel		0,43	0,01
Airlift beluchting membranen	0,26 ¹	0,13	0,34
Membranen	0,50 ¹	0,30	0,59
Actief slibvolume conventioneel deel excl. compressoren	0,23 ²	-	
Beluchting actief slib MBR-deel en conventioneel deel	0,18 ³	-	
Zandfilter	0,11 ⁴	-	
Overig	0,11 ³	-	

¹ Energieverbruik betrokken op aanvoer MBR (549549 m³/jaar); zie bijlage 2

² Energieverbruik betrokken op aanvoer conventioneel (908682m³/jaar) zie bijlage 2

³ Energieverbruik betrokken op aanvoer totale rwzi (1458231 m³/jaar) zie bijlage 2

⁴ Energieverbruik betrokken op aanvoer zandfilter (625311 m³/jaar) zie bijlage 2

Conclusie: Het energieverbruik van rwzi Ootmarsum is hoger dan van een conventioneel systeem, maar vergelijkbaar met MBR's met droogopgestelde membranen, welke gerealiseerd zijn in de periode 2005-2010. De airliftblower zorgt hierbij voor een groot gedeelte van de benodigde beluchtingsenergie, welke wordt teruggevoerd naar het actief slibstelsysteem.

Bijlage 4 – Pentair R&D voorstel optimalisatie membranen

- Pentair R&D aanpassingsvoorstel excl. kosten dd 9 september 2016
- PROPOSAL Replacement Helix Membranes for MBR Ootmarsum dd 12 september 2016

Pentair R&D aanpassingsvoorstel

Gedurende het gezamenlijke optimalisatie onderzoek in Ootmarsum is er op verschillende fronten onderzoek gedaan voor het optimaliseren van de MBR. Het onderzoek heeft geleid tot dit innovatie voorstel opgesteld door R&D van Pentair. Het voorstel bevat aanpassingen die zijn uitgetest op de fullscale in Ootmarsum en verder enkele suggesties die meegenomen en gewogen kunnen worden bij een eventuele implementatie.

Samenvatting

De onderstaande aanpassingen/maatregelen zijn nodig om tot een 'optimaal' presterende MBR te komen.

Maatregelen	Benodigde aanpassingen	Opbrengst
CEB optimalisatie	Capaciteit van CEB2 installatie vergroten Wisselen chemie CEB1 en 2, aanpassing in software Afstellen en inkorten programma's	1. Reductie van aantal benodigde CIP's 2. ±100% effectieve CEB beschikbaar voor operator en software. 3. minder uren beheer
SMART besturing	Aanpassen software en SCADA	1. Reductie van het aantal storingen/oproepen 2. Hogere capaciteit met RWA 3. Reductie van energie verbruik tijdens DWA (>20%)
Membraanmodulen & beluchters	Plaatsen helix modulen 13-18x per skid Nieuwe/aangepaste beluchters 13-18 x per skid Nieuwe circulatiepomp 0-1x per skid Nieuwe permeaatpomp 0-1x per skid	1. Hogere capaciteit ±30-70% 2. Lager energie verbruik ±20% 3. Flexibele bedrijfsvoering DWA/RWA

Met de voorgestelde maatregelen worden de onderstaande verbeteringen verwacht ten opzichte van de huidige installatie uit 2007. De geschatte verbeteringen zijn op basis van de praktische resultaten verkregen uit het gezamenlijke onderzoek dat loopt sinds januari 2015. Overigens kan gesteld worden dat voortdurend door Pentair X-Flow wordt gezocht naar verbeteringen in de performance van de MBR installaties (hardware en software) waardoor voor de toekomst verdere optimalisaties in opbrengst (flux) en (dus ook) kosten niet worden uitgesloten.

Vergelijk per case				
Parameter	Eenheid	Huidig	Verbetering 1	Verbetering 2
Type moduul/membraan	-	Standaard 29m2	Helix 33m2	Helix 33m2
Aantal moduul per skid	-	18	13	18
Circulatieflow slib (DWA-RWA)	m3/h	360	296-350	410-485
Circulatieflow lucht	NI/min	2925	2113	2925
Filtratie flux membranen (DWA-RWA)	l/m2.h	45-55	65-85	65-85
Capaciteit netto per skid (DWA-RWA)	m3/h	16-21	21-29	30-40
Relatief energie verbruik (DWA-RWA)	kWh/m3	0,4-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3

In verbetering 1 is uitgegaan van de huidige pompen die op het skid zitten, waarbij maar een beperkt aantal modules kan worden geplaatst. Terwijl verbetering 2 is uitgegaan van de maximaal beschikbare aansluitingen in de skids.

Maatregelen	Benodigde aanpassingen	Kosten (materiaal / uren)
CEB optimalisatie	Aanschaf nieuwe doseerpomp incl leidingen en montage. Kleine software aanpassing	€10.000 8 uur programmeur WVS
SMART besturing	Aanpassen software en SCADA. Kopiëren van smart regeling skid 6 naar overige skids	Maximaal 40 uur programmeur WVS
Membraanmodulen & beluchters	Plaatsen helix modulen 13-18x per skid Nieuwe/aangepaste beluchters 13-18 x per skid	€ per module € per beluchter
Membraanmodulen & beluchters (verbetering 2)	Nieuwe circulatiepomp 1x per skid Nieuwe permeaatpomp 1x per skid Frequentieregelaar Hardware aanpassingen	€ 10.000 – 15.000 per skid

In bovenstaande tabel zijn enkel materiële kosten opgenomen. Indien wenselijk kan Pentair een projectteam/organisatie aanbieden. Dit projectteam is dan ook verantwoordelijk voor de projectbegeleiding, montage, documentatie en software enz aanpassingen. Hiervoor zijn de kosten nu niet geraamd.

Om de gewenste capaciteit te behalen is het mogelijk om per skid te variëren in verbetering 1, 2 of de huidige situatie. Het verhogen van de capaciteit kan gefaseerd worden uitgevoerd. Om deze variaties goed op kosten te kunnen zetten is gekozen om de materiele kosten per module, beluchtingskap en skid weer te geven. Wel dient te worden opgemerkt dat aanpassingen per skid dienen plaats te vinden. Dit ivm de procesconfiguratie van de huidige installatie.

Totaal kan met het doorvoeren van de SMART-regeling en het plaatsen van Helix membranen een netto energiereductie van circa 50% worden behaald (17% Helix-membranen, 20% SMART-regeling). Deze energiereductie geldt enkel op het membraan gedeelte.

Voorgestelde maatregelen

Om een beter inzicht te verschaffen in de impact van de voorgestelde maatregelen zijn deze onderstaand per onderdeel nader beschreven/uitgewerkt.

CEB optimalisatie

Uit gezamenlijke inventarisatie in 2015 van de huidige CEB installatie is gebleken dat de capaciteit van de pompen onvoldoende is om de gewenste chemie concentratie bij de membranen te verkrijgen. Voor de chloorpomp is een capaciteit toename van tenminste 300% gewenst en voor de citroenzuurpomp is een toename van tenminste 100% gewenst.

Momenteel wordt citroenzuur uitgevoerd als CEB1 en op basis van een counter op het aantal CEB1 wordt een CEB2 met chloor uitgevoerd. Uit praktijkervaring in Ootmarsum en elders is bekend dat een CEB met chloor (verwijdering biologische vervuiling) vaker uitgevoerd dient te worden dan met citroenzuur (verwijdering van (kalk)afzetting). Het is dus gewenst om deze situatie om te draaien waarbij CEB 1 chloor is en CEB 2 citroenzuur.

Uitwerking

De huidige CEB1 chemie doseringset gebruiken voor Chloor in plaats van citroenzuur. Alle materialen kunnen hiervoor gebruikt worden en ook de pompcapaciteit is dan voldoende. Enige aanpassing van de CEB1 reiniging in het SCADA is hierbij wel vereist. Denk hierbij aan naamgeving en de doseringsformule.

De huidige CEB2 chemie doseringset en mogelijk ook leidingwerk zal moeten worden vervangen door een set met voldoende capaciteit. De verwachting is dat dit mogelijk uit te voeren is binnen de bestaande chemie kast. Daarnaast is ook aanpassing van de CEB2 reiniging in het SCADA vereist.

Wanneer de bovenstaande aanpassingen worden uitgevoerd zullen alle variabele SCADA instellingen opnieuw moeten worden afgesteld en gecontroleerd.

Opbrengst maatregel

Door de aanpassing, aanschaf en montage van de nieuwe doseerpomp, definitief door te voeren zal het aantal de CIP's gereduceerd worden. Met een effectieve CEB kan de CIP van standaard twee keer per jaar naar enkel in geval van calamiteit. Met deze resultaten is een vaste warm water CIP installatie niet meer standaard nodig. De huidige CIP installatie kan dan nog wel ingezet worden bij calamiteiten.

SMART besturing

De besturing van de MBR wordt statisch uitgevoerd door vastgestelde instellingen die de operator bepaald. De optimale instellingen voor capaciteit en/of energie verbruik worden met de statische besturing eigenlijk nooit benaderd doordat deze afhankelijk is van variabele omstandigheden als slib filterbaarheid, viscositeit, membraanvervuiling en watertemperatuur.

De slimme besturing is ontwikkeld door middel van langdurig pilot onderzoek door Pentair en is sinds mei 2016 in skid 6 in MBR Ootmarsum geïmplementeerd. Bij de implementatie is rekening gehouden met de wens van de operators om controle te houden over de slimme besturing, door de grenzen van het werkgebied instelbaar te maken.

Uitwerking

Binnen het samenwerkingsverband tussen Vechtstromen en Pentair R&D is het algoritme achter de slimme besturing door Pentair vrijgegeven om toe te passen op MBR Ootmarsum. Programmeurs van Vechtstromen kunnen binnen afzienbare tijd de slimme besturing zoals toegepast op skid 6 ook doorvoeren op de overige skids.

Opbrengst maatregel

Door het toepassen van slimme besturing kan de installatie zichzelf optimaliseren naar capaciteit (bij RWA) of energie (bij DWA) zonder ingrijpen van de operator. Doordat de slimme besturing altijd aan staat en iedere filtratie verder optimaliseert kan een verbetering van tenminste 20% in capaciteit en energie verbruik worden verwacht. Daarnaast houdt de besturing zelf de vervuiling in de gaten en kan de juiste maatregelen nemen bij veranderende omstandigheden en zodoende storingen en/of meldingen voorkomen.

Membraanmodulen & beluchters

De huidige membraan modulen en bijbehorende beluchters uit 2007 zijn nog steeds in goede conditie en kunnen hun functie ook komende jaren nog prima vervullen. De ontwikkeling in membranen en moduulbehuizingen is echter ook door gegaan, waardoor optimalisatie stappen mogelijk zijn door het toepassen van nieuwe type membraanmodulen. Zo is de hoeveelheid aan membranen per moduulbehuizing gestegen met 12% en zijn er membranen beschikbaar met tenminste 17% hogere capaciteit en een gereduceerd energie verbruik. Deze nieuwe type membraanmodulen hebben zich tijdens het gezamenlijke onderzoekstraject langdurig (februari 2015-heden) bewezen in skid 6 van MBR Ootmarsum.

Het toepassen van nieuwe membraanmodulen zal tot gevolg hebben dat de beluchters hierop moeten worden aangepast. De verwachting is dat een materiaalbewerker de huidige beluchtingskappen kan aanpassen en toepasbaar kan maken zonder dat deze in zijn functioneren nadelig wordt beïnvloedt.

Uitwerking

Doordat de backwash en CEB installatie worden gebruikt voor alle zes de skids is het van belang dat het geïnstalleerd membraanoppervlak per skid enigszins vergelijkbaar is ($\pm 10\%$ gewenst).

De huidige circulatie en permeaatpompen hebben onvoldoende capaciteit voor volledig gevulde skids met nieuwe membranen. Daarom zijn twee verschillende varianten berekend, waarbij variant 'verbetering 1' is uitgevoerd met de bestaande pompen en variant 'verbetering 2' met nieuwe pompen en het maximale aantal membraanmodulen. Beide varianten zijn berekend op basis van de resultaten behaald uit het gezamenlijke onderzoek uitgevoerd op de fullscale Ootmarsum (skid 6) en in de onderstaande tabel weergegeven. Verdere optimalisatie en het testen/controleren van de haalbaarheid is mogelijk op de huidige MBR installatie en binnen het lopende onderzoek.

Vergelijk per case				
Parameter	Eenheid	Huidig	Verbetering 1	Verbetering 2
Type moduul/membraan	-	Standaard 29m ²	Helix 33m ²	Helix 33m ²
Aantal moduul per skid	-	18	13	18
Circulatieflow slib (DWA-RWA)	m ³ /h	360	296-350	410-485
Circulatieflow lucht	l/min	2925	2113	2925
Filtratie flux membranen (DWA-RWA)	l/m ² .h	45-55	65-85	65-85
Capaciteit netto per skid (DWA-RWA)	m ³ /h	16-21	21-29	30-40
Relatief energie verbruik (DWA-RWA)	kWh/m ³	0,4-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3

Overige aanbevelingen

Hoewel Pentair zich gedurende het gezamenlijke onderzoekstraject heeft gericht op verbeteringen aan de membraanfiltratie zijn er ook verbeteringen mogelijk binnen de overige delen van de MBR in Ootmarsum. Daarnaast dient ook rekening te worden gehouden dat aanpassingen aan één deel van de MBR mogelijk knelpunten kan veroorzaken in een ander deel van de MBR. Onderstaand wordt per onderwerp kort en een aantal suggesties/aanbevelingen gedaan.

Voorbehandeling

Capaciteit drumfilters is de afgelopen jaren vergroot door aanpassingen aan de filterdrums (van 0,8 mm mesh naar 2mm perforatie). Er zal gekeken moeten worden of ook aanpassingen aan de drumfilters noodzakelijk zijn wanneer de RWA capaciteit van de membranen significant wordt vergroot. Pentair kan over deze voorbehandelingstap geen advies uitbrengen t.o.v. levensduur en revisie. Deze trommelzeven zullen bij hergebruik gecontroleerd moeten worden of revisie nodig/mogelijk is. Mogelijk dat de leverancier hier uitspraken over kan doen. Daarnaast zal de capaciteit van deze trommelzeven gecontroleerd worden indien de capaciteit van de MBR zal veranderen.

Wanneer de RWA capaciteit van de membranen significant wordt vergroot zal de opvoerpompen naar de MBR (zit in de buffertank) ook vervangen moeten worden. De capaciteit van deze pompen is nu 150 m³/h. Hier is nu 100% reserve stelling.

Biologie

De biologie van de MBR wordt momenteel bedreven op een DS concentratie van circa 8g/l en heeft nog ruimte om tot tenminste 12g/l te stijgen. Dit betekent dat de huidige MBR ruimte heeft om in de toekomst tenminste 50% meer vervuilingseenheden te behandelen. Pentair adviseert de groei-/krimpverwachting van Ootmarsum daarom mee te nemen in het vergelijkend onderzoek.

De uitstroom van de skids naar de bioreactor vindt momenteel 20-30cm boven het waterniveau in de reactor plaats. Door de bioreactor op een niveau te bedrijven gelijk aan de uitstroom van de skids wordt het volume van de bioreactor vergroot en neemt de opvoerhoogte die de membraan circulatiepompen moeten opbrengen beperkt, waardoor het energie verbruik lager wordt.

In de afgelopen 10 jaar zijn de beluchtingselementen in de bioreactor tot twee maal toe vervangen, omdat de elementen dermate verstopt zaten dat er niet voldoende lucht in de reactor gebracht kon worden. Het inbrengen van zuurstof middels beluchting is bij aerobe zuivering één van de belangrijkste energie vragers. Om tot een energie efficiënte zuivering te komen kan goede monitoring/onderhoud van de beluchtingselementen niet ontbreken. Daarnaast kan monitoring uitwijzen welke beluchtingstechnieken het best bij de zuivering passen en kan tijdig d.m.v. onderhoud worden ingegrepen om inefficiënte beluchting of verstopping te voorkomen/beperken.

Infrastructuur

Blowerlucht wordt in Ootmarsum centraal geproduceerd en verdeeld over de drie grootverbruikers membraan-installatie, bioreactor MBR en bioreactor conventioneel. De benodigde druk van de lucht is voor de membraaninstallatie hoger (geschat 0,1 bar), waardoor de lucht voor de bioreactoren mogelijk op onnodig hoge druk worden gebracht. Door de aanvoer van blowerlucht voor de membraaninstallatie te scheiden ontstaat meer flexibiliteit en mogelijk een significante energie besparing.

De statische hoogte van de biologie conventioneel en permeaattank MBR is met een verschil 4-5 meter ten opzichte van de aflat/bezinktank relatief groot. Mogelijk is de energie die hierin is opgeslagen terug te winnen of functioneel in te zetten.

PROPOSAL

Replacement Helix Membranes for MBR Ootmarsum

Project Information

Client : Waterschap Vechtstromen

Project Name : Replacement Airlift Ootmarsum
Project Destination : Ootmarsum, Netherlands
Application : Municipal wastewater with Airlift MBR

Proposal no. : 16-08-90970
Revision : 0
Proposal date : Aug. 30, 2016

Prepared by : KBS
Checked by :
Approved :

Contact Information

PENTAIR ADVANCED WATER TECHNOLOGIES
X-Flow & Codeline

Karel Bruins Slot

Area Sales manager The Netherlands & Southern Africa
Office : +31 53 428 7261
Mobile: +31 6 508 10 382

Disclaimer

Pentair X-Flow as used in this proposal and all related appendices refers to X-Flow B.V. and/ or Pentair Water Process Technology B.V., as the case may be, both with its principal place of business in Enschede, the Netherlands.

This proposal specifies the prices, conditions and warranties of the products mentioned herein. This proposal is only valid for the initial installment and quantity of those products for the project specified and under the conditions described in this document, unless agreed otherwise in writing between the parties. This proposal is merely made to give a fair indication of prices for the products mentioned herein, but none of the mentioned prices are binding upon Pentair X-Flow. No rights can be derived from this proposal what so ever. A final proposal or order confirmation will be made before or after any order(s) is/are placed. The prices mentioned in this proposal may be amended in the final proposal or order confirmation.

In case a Membrane element Projection Sheet is made part of the proposal it is produced based on information supplied by the purchaser and this information is not checked, validated or confirmed by Pentair X-Flow. The information in the Projection Sheet represents Pentair X-Flow's understanding of the project conditions and represents an indication only and can under no circumstances be relied upon as a warranty or guarantee. Other data or conditions, not provided to Pentair X-Flow by the purchaser or not known by Pentair X-Flow or the purchaser at the time of this proposal, may significantly affect membrane element performance. Pentair X-Flow does not warrant the accuracy, timeliness, completeness, adequacy or fitness of the information it has relied upon or the information provided in the Projection Sheet and shall not be held liable to the purchaser or any third party with respect to any alleged inaccuracy, incompleteness, inadequacy or lack of merchantability or fitness for the purposes listed in the proposal.

In case of product developments Pentair X-Flow is not restricted by anything in this proposal to replace proposed products by new products (type, size, specifications etc.).

This document is confidential and property of Pentair X-Flow. Nothing from this document may be duplicated and/or published without written approval of the owner. © 2012 Pentair X-Flow.

Table of content

1	About Pentair X-Flow	4
1.1	General	4
1.2	Integrated research and innovative product development	4
1.3	Quality as an integral standard	4
1.4	Our service philosophy	4
1.5	Pentair Group	4
2	Scope of supply	5
2.1	General	5
2.2	Equipment	5
2.3	Software and automation	6
3	Warranty	7
3.1	Membrane warranty	7
3.1.1	Commencement of warranty	7
3.2	Additional equipment warranty	7
4	General terms and conditions	7
4.1	General conditions	7
4.2	Payment terms	7
4.3	Delivery terms	7
4.4	Appendices	8
4.5	Spare parts	8
4.6	Pricing	8
4.7	Validity	8

1 About Pentair X-Flow

1.1 General

Pentair X-Flow membranes are used in the field of ultrafiltration in capillary form, and microfiltration and ultrafiltration in tubular form, which makes selective filtration possible. Pentair X-Flow has expertise and experience in all water areas, from potable water production to the treatment of process and wastewater and the pre-treatment of seawater, but also in the food, beverage and pharmaceutical industries. Our extensive portfolio of membrane products guarantees the right specifications for each application.

1.2 Integrated research and innovative product development

Within Pentair X-Flow, research and product development are crucial in creating the conditions to meet changing requirements with durable and reliable products. Our R&D department works in close cooperation with marketing, product development, process-, application-, and production engineering. The benefits of this intense cooperation is demonstrated by the many worldwide patents for the innovative Pentair X-Flow products and processes.

1.3 Quality as an integral standard

Quality management is deeply rooted within Pentair X-Flow's culture. The Pentair X-Flow Quality Management System, certified according to the ISO 9001:2008 standard by Lloyds of London is your assurance for the unconditional quality of the design, production, installment and service. We even put ourselves to the test when it concerns your purification problems. Trying to find the best possible solutions, you will always have a dedicated partner in Pentair X-Flow.

1.4 Our service philosophy

For Pentair X-Flow, service is much more than just repair and maintenance. Service starts already with the design and commissioning phase and continuous with on-going support, evaluation and optimization of the plant performance. With local service teams around the world, Pentair X-Flow offers a full circle service program worldwide.

The service portfolio includes preventive and/or corrective maintenance on essential parts or complete systems, "plant management" and upgrades on existing installations. This paves the way to operate (process) installations in a reliable and economically responsible way.

1.5 Pentair Group

Pentair X-Flow has the know-how and a proud history in the development and application of innovative membrane filtration technologies. This is strengthened by the fact that Pentair X-Flow is part of the Pentair Group. Proof can be found worldwide: operational solutions among the largest in capacity of their kind, realized by leading principals in many different areas in the industry.



2 Scope of supply

2.1 General

The object of this proposal is for Pentair X-Flow to supply replacement Membranes for the MBR system in Ootmarsum. The current system is equipped with 83 compact 29V Airlift membranes equally spread over 5 skids in total. A sixth skid is already replaced with new aerators and Airlift compact 33V Helix membranes by Pentair X-flow's R&D department. The outcome of this earlier replacement with new Helix technology is stunning and Pentair X-Flow is grateful for the given possibility to test their new membranes in the Vechtstromen location.

Now Waterschap Vechtstromen is evaluating the future for the MBR in Ootmarsum. Pentair appreciates the collaboration with WV in Ootmarsum hopes to continue the current research and development program with WV, therefore X-flow has come up with the two options below that in combination with Helix technology should fit the wishes of WV for the future expansion and effluent quality against the best possible pricing.

For technical details we refer to the attached appendixes.

The scope of supply for this proposal consists of the following components:

2.2 Equipment

Two options for upgrading the MBR Ootmarsum with Helix technology have been calculated below. Option 1 gives the maximum output with the current pumps and electrical equipment in place. Option 2 gives the highest applicable output possible which requires additional investments in pumps and electrical equipment.

Option 1

In this option all current compact 29V modules are replaced with Compact 33V Helix Modules, continuing the use of the current aerators. This option requires the least investment and alteration of the plant while still reaching a capacity little less than 200 m³/Hr.

Pc	Product name	Unit price	Article nr.	Total
66	Compact 33 V Helix	€ 3300,-	78C1KQB99S	€ 217.800,-
12	Compact 33V Helix (used)	€ 0,-	78C1KQB99S	€ 0,-

Total				€ 217.800,-

Option 2

With Option 2 all current Compact 29V are replaced with the Compact 33V Helix modules + all spare locations will also be filled with the Helix modules. For this also additional aerators are required in the scope.

This option is only feasible when all feed and Permeate pumps are increased in capacity in order to feed the skids with the correct amount of sludge and extract a higher volume of permeate.

By this and some small optimization of the CEB steps (also advised for option 1) the system will be able to reach a capacity over 200 m³/Hr.

Pc	Product name	Unit price	Article nr.	Total	
96	Compact 33V Helix	€ 3100,-	78C1KQB99S	€	297.600,-
12	Compact 33V Helix (used)	€ 0,-	78C1KQB99S	€	0,-
24	Aerators	€ 156,-	Specials	€	3.744,-
					=====
Total				€	301.344,-

2.3 Software and automation

Pentair developed a new Airlift operational philosophy which optimizes energy consumption and output at operators controlled conditions. Additionally a new peak flow mode is introduced that can increase output in exchange for energy consumptions without the usual time limitations.

Both innovations are being tested in cooperation with Vechtstromen at skid 6 equipped with Helix membranes. Results show significant improvements in output and energy consumption, while reducing operator requests. Further optimizations and long term tests will continue and directly integrated during the research period.

As the first commercial showcase of this optimized Airlift concept, Pentair will allow Vechtstromen to integrate the innovations within their existing automation and use them for free. The intellectual property regarding the automation changes will stay with Pentair and shall not be used/shared outside of MBR Ootmarsum as stated in the NDA (Appendix C).

3 Warranty

3.1 Membrane warranty

All membrane lifetime and performance warranties are subject to the warranty conditions as defined in this proposal and its related Appendices.

The warranty period for membrane lifetime & performance will consist of the following:

- a) 12 Months - no costs replacement warranty period,
- b) 72 Months - pro-rata replacement warranty period,
- c) Total membrane element lifetime warranty = 84 months.

3.1.1 Commencement of warranty

The membrane element warranty for lifetime and performance will commence upon installation of the UF membranes in the UF system or 3 months after the date of the membrane elements ready for shipment ex works Enschede whichever comes first.

3.2 Additional equipment warranty

Pentair X-Flow warrants that the additional equipment such as UF Skids, units etc. supplied shall be free from defects in materials and workmanship. The warranty period for the additional equipment and its components is Twelve (12) months from the date of commissioning of UF membranes in the UF system or fifteen (15) months after the date at which the additional equipment is ready for shipment ex-works, European Union, whichever date shall first occur.

4 General terms and conditions

4.1 General conditions

General Terms and Conditions of Sale of Pentair Water Process Technology BV and others shall apply to this proposal (as per Appendix Z).

4.2 Payment terms

50 % down payment at time of order acceptance by Pentair X-Flow. Payment should occur within 5 working days from the date of invoice by Swift transfer to a bank account designated by Pentair X-Flow.

The remaining 50 % payment to be Invoiced with Delivery of the total amount of membranes in Ootmarsum, Payment within 30 days of invoice date

4.3 Delivery terms

Membrane elements will be ready for shipment:

- To Be agreed up-on.

4.4 Appendices

By reference, the following documents form an integral part of this proposal:

- Appendix A2 Membrane Lifetime Warranty Conditions
- Appendix B Membrane element and chemical resistance datasheet
- Appendix C Non-Disclosure Agreement
- Appendix Z General Terms and Conditions of Sale of Pentair Water Process Technology BV and others

4.5 Spare parts

Neither spare parts, nor consumables or wear and tear parts needed during commissioning or testing are part of this proposal. Availability and supply of spare parts is to be discussed.

4.6 Pricing

All prices are excluding VAT, import/export duties and taxes, based on a undivided delivery and valid during the validity of the quotation.

4.7 Validity

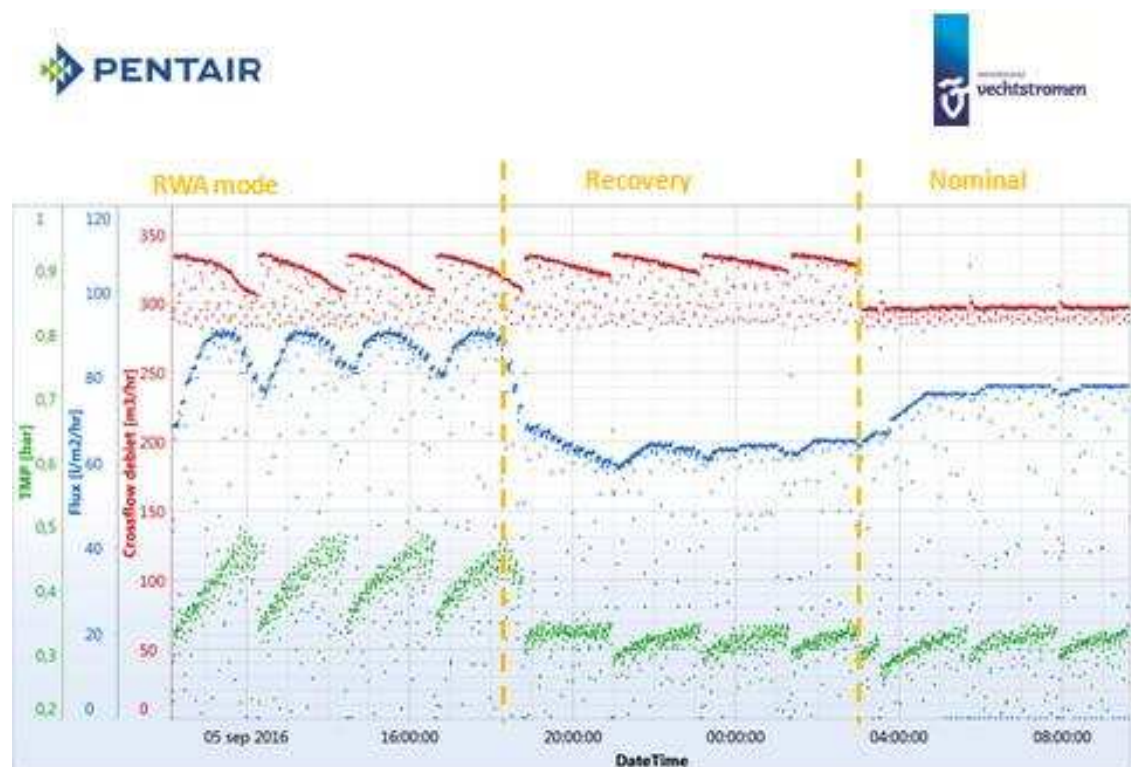
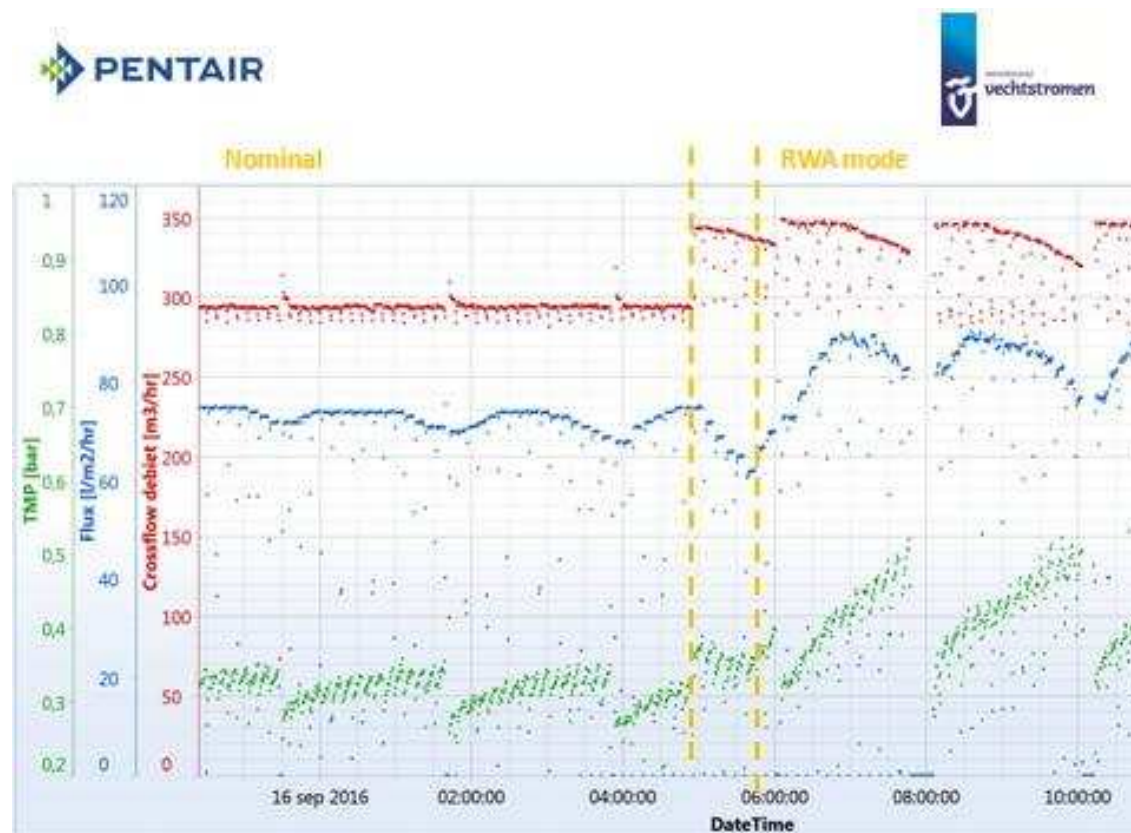
This Pentair proposal is valid 90 days from the date of this proposal.

The price validity is based on equipment delivered and invoiced at the latest on December 15, 2016. Thereafter pricing is subject to a price revision formula set on basis of an index.

For delivery of the membranes after December 15, 2016, pricing is subject to change according to an officially published PPI index, however with a minimum price increase of 3% per year.

The PPI adjustment is calculated according to the Producer Price Indexes (PPI) for "Polyacetals, other polyethers and epoxide resins, in primary forms", code 20164000 based on information according to the (European) ProdCom nomenclature.

Bijlage 5 – Geoptimaliseerde bedrijfsvoering membranen



Bijlage 6 – Energieverbruiken varianten quickscan

	Variant 1	Hybride-MBR			Variant 2	Conventioneel			Variant 3	Hybride- Nereda		
	Totaal influent	1.458.231			Totaal influent	1.458.231			Totaal influent	1.458.231		
	Totaal conv.	792.174	54%		Totaal conv. oud	780.351	54%		Totaal conv.	722.022	50%	
	Totaal MBR	666.057	46%		Totaal conv. nieuw	677.881	46%		Totaal Nereda	736.210	50%	
	Totaal zandfilte	0	0,0%		Totaal zandfilter	0	0,0%		Totaal zandfilter	625.311	43%	
	kWh/jaar	% van totaal	kWh/jaar		kWh/jaar	% van totaal	kWh/jaar		kWh/jaar	% van totaal	kWh/jaar	
Totaal huidig MBR-deel			359.571	37%		125.073	17%				11.098	2%
opvoerpomp MBR	10.040	1%			10.219	1%			11.098	2%		
trommelzeven MBR	1.556	0%			0	0%			0	0%		
anearob mbr	16.938	2%			16.938	2%			0	0%		
anox mbr	24.056	2%			24.056	3%			0	0%		
oxisch tank mbr	73.861	8%			73.861	10%			0	0%		
Membranen	233.120	24%			0	0%			0	0%		
Totaal huidig conventioneel deel			216.910	22%		240.533	32%				216.910	33%
anaerob conv	25.672	3%			25.672	3%			25.672	4%		
anox conv	41.304	4%			41.304	6%			41.304	6%		
oxisch tank conv	126.311	13%			126.311	17%			126.311	19%		
retourslib	23.623	2%			47.246	6%			23.623	4%		
Totaal compressoren	142.411	15%	258.706	27%	247.077	33%	247.077	33%	190.984	29%	190.984	29%
Airlift	116.296	12%										
Totaal zandfilter	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	68.108	10%	68.108	10%
Totaal overig			132.021	14%		132.021	18%				166.519	25%
opvoeren influent	53.027	5%			53.027	7%			53.027	8%		
roostergoed, zand en vetvang	4.543	0%			4.543	1%			4.543	1%		
luchtbehandeling en ventilatie	25.148	3%			25.148	3%			25.148	4%		
terreinrioolgemaal	5.411	1%			5.411	1%			13.528	2%		
slibverwerking	32.000	3%			32.000	4%			32.000	5%		
bedrijfswater en drinkwater	8.793	1%			8.793	1%			35.174	5%		
steunpunt	3.099	0%			3.099	0%			3.099	0%		
Totaal energieverbruik	967.209	100,00%	967.209		744.704	100,00%	744.704		653.618	100,00%	653.618	
kWh/m3 totaal			0,66				0,51				0,45	
v.e. 150 g verwijderd			12.751				12.751				12.751	
kWh/v.e. 150 g verwijderd			75,9				58,4				51,3	
kg O2 verwijderd			706.640				706.640				706.640	
kg O2/kWh			2,7				2,9				3,7	

Bijlage 7 – Investeringskosten varianten rwzi Ootmarsum

		1. Hybride MBR	2. Conventioneel	3. Hybride Nereda
Bouwkosten		€ 1.082.475	€ 1.500.000	€ 1.671.875
Totale bouwkosten civiel		€ -	€ 812.500	€ 507.813
Totale bouwkosten W/E		€ 1.082.475	€ 687.500	€ 1.164.063
Check			€ -	€ -
Onvolledigheid	25%	€ 122.625	€ 240.000	€ 267.500
ABK, AK, UK W&R projecten combinatie civiel en wtB/E/PA	25%	€ -	€ 300.000	€ 334.375
ABK, AK, UK W&R projecten werktuigbouw/E/PA	16%	€ 98.100	€ -	€ -
ABK, AK, UK helixmembranen	10%	€ 33.750		
Totaal civiel		€ -	€ 520.000	€ 325.000
Totaal W/E		€ 828.000	€ 440.000	€ 745.000
Check		€ -	€ -	€ -
Algemeen				
Uitbreiding influentpomp buffertank -> MBR		€ 15.000	€ 15.000	€ 25.000
Aanpassen leidingwerk buffertank -> MBR		€ 10.000	€ 10.000	€ 25.000
Aanpassen leidingwerk retourstromen		€ -	€ 10.000	€ 10.000
Optimalisatie membranen				
Uitbreiding trommelzeven MBR		€ 90.000		
Uitbreiding CEB		€ 15.000		
Vervangen membranen door helixtype		€ 337.500		
Vervangen recirculatie- en permeaat pompen		€ 90.000		
Vervangen beluchtingskappen		€ 5.000		
Aanpassing hijsbalken		€ 5.500		
Aanpassen blowers (header splitsen tussen mbr en conventioneel gedeelte (incl. extra luchtkleppen)		€ 50.000		
Plaatsen 2 kleine blowers		€ 60.000		
E/PA		€ 150.000		
Uitbreiding conventioneel				
Uitbreiding surplusslibpompen MBR-gedeelte			€ 10.000	
Nieuwbouw nabezinktank			€ 550.000	
Nieuwe retourslibpompen (in zandfiltergebouw; inclusief intern leidingwerk)			€ 50.000	
Leidingwerk biologie -> nieuwe NBT -> retourslib zandfiltergebouw -> biologie			€ 75.000	
Leidingwerk effluent nieuwe NBT -> zandfilter			€ 35.000	
Leidingwerk surplusslib biologie zandfiltergebouw -> bandindikker			€ 20.000	
Aanpassen blowers (header splitsen tussen mbr en conventioneel gedeelte incl. extra luchtkleppen)			€ 50.000	
Plaatsen 1 kleine blower			€ 35.000	
E/PA			€ 100.000	
Uitbreiding Nereda				
Aanpassen bypass roostergoed				€ 75.000
Herinrichting civiel				€ 300.000
Influentverdeling en aanpassing beluchting				€ 200.000
Overige internals (effluent en aflaatvoorziening slib)				€ 100.000
Aanpassen leidingwerk naar effluentlozing				€ 25.000
Aanpassen blowers (header splitsen tussen nereda en conventioneel gedeelte incl. extra luchtkleppen)				€ 75.000
Plaatsen 1 kleine blower				€ 35.000
E/PA				€ 200.000

Bijlage 8 – Jaarlasten varianten rwzi Ootmarsum

		1. Hybride MBR	2. Conventioneel	3. Hybride Nereda
Stichtingskosten	1,8	€ 2.000.000	€ 2.700.000	€ 3.100.000
Totale jaarlasten		€ 408.000	€ 333.000	€ 397.000
Jaarlasten (euro/i.e. 150 g verwijderd	€/i.e. 150 g verwijderd	32	26	31
1. Kapitaalslasten		€ 159.773	€ 173.138	€ 216.605
2. Energieverbruik	€ 0,10	€ 96.721	€ 74.470	€ 65.362
Totaal energieverbruik	MWh/jaar	967.209	744.704	653.618
Energieverbruik	kWh/i.e. 150 gverwijderd	76	58	51
3. Chemicalienverbruik membranen		€ 2.738	€ -	€ -
4. PE-verbruik slibindikking	€ 2,80	€ 3.457	€ 3.457	€ 2.372
Totaal polymeerverbruik	kg PE/jr	1.235	1.235	847
	g/kg ds			
Optimalisatie membranen	6,7			
Uitbreiding conventioneel	6,7			
Uitbreiding Nereda	4,6			
5. Personeel	€ 75.000	€ 112.500	€ 56.250	€ 75.000
6 Onderhoud				
Nieuw: vervanging membranen		€ 32.474		
Nieuw: uitbreiding conventioneel			€ 24.688	
Nieuw: Uitbreiding Nereda				€ 37.461

Bijlage 9 – Optimalisatie mengenergie

Mengenergie (W)			
		MBR	Conv.
Anaerobe tank	kW	1,48	1,48
Selector	kW	3,35	3,35
Anoxische tank	kW	1,48	1,48
Aerobe tank	kW	6,5	11
Totaal opgesteld	kW	12,81	17,31
Totaal opgenomen	kW	10,25	13,85
Totaal volume	m3	1170	3225
Mengenergie	W/m3	8,8	4,3
	kWh/m3	0,16	0,13
Incl. recirculatie en surplusslib	kWh/m3	0,209	0,213
Mogelijke besparing		50%	50%
	kW	5,124	6,924
	W/m3	4,4	2,1
	kWh/m3	0,08	0,07
	kWh/m3	0,08	0,07
	kWh/jaar	44.886	60.654