

Nieuwe perspectieven voor de membraanbioreactor op rwzi's in Nederland

Hans Ellenbroek en Jaap Nonnekens (waterschap Vechtstromen), Katja Wiltvers, René de Jager en Patrick van Lierop (Pentair X-Flow)

Een membraanbioreactor (MBR) is een interessante optie voor verbetering van de effluentkwaliteit van rwzi's. Is bredere toepassing van dit beproefde concept haalbaar en zo ja, onder welke voorwaarden dan?

Het megablock-concept van Pentair gecombineerd met een conventioneel actiefslibstelsysteem biedt goede perspectieven door het verlagen van de energie- en afschrijvingskosten en het verminderen van het chemicaliënverbruik. Bovendien is het permeaat hygiënisch betrouwbaar.

Wanneer bij de verdere introductie van de NEWaterfabriek meer vraag komt naar effluent(her)gebruik en tweedefase-KRW-maatregelen worden geïntroduceerd voor de verwijdering van prioritair stoffen, nemen de kansen voor MBR-toepassingen in Nederland verder toe.

Een membraanbioreactor (MBR) is, door de vergaande verwijdering van bacteriën en zwevende stof, een interessante optie voor verbetering van de effluentkwaliteit, met name in gebieden met een kwetsbare waterhuishouding of daar waar sprake is van hergebruik van effluent. Toch blijft grootschalige toepassing van MBR voor het upgraden van rwzi's in Nederland uit. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

- Door de beperkte permeabiliteit van membraansystemen en de grote RWA/DWA-verhouding (regenwaterafvoer/droogweerafvoer) in Nederland, is een omvangrijk pakket membraanmodules (groot filtratieoppervlak) noodzakelijk met de daaraan gekoppelde hoge investeringskosten;
- MBR vereist een ingrijpende ombouw van de rwzi met de nodige consequenties voor de procesvoering;
- Membraanmodules hebben het imago minder robuuste en daardoor kwetsbare installatie-onderdelen te zijn, met als gevolg hoge beheerkosten en min of meer frequent terugkerende vervangingsinvesteringen;
- Ten opzichte van bijvoorbeeld nageschakelde zandfiltratie, kent MBR hoge operationele kosten die vooral voor rekening komen van het energieverbruik, het chemicaliënverbruik voor membraanreiniging en de afschrijvingskosten van membraanmodules.

In slechts een beperkt aantal situaties is een vergaande verbetering van de effluentkwaliteit tot nu toe van doorslaggevend belang gebleken. Hiervoor zijn de volgende redenen aan te voeren:

- Vanuit de huidige KRW-aandachtstoffen N en P is weliswaar sprake van winst, maar deze winst is vooral belangrijk bij kwetsbare watersystemen van beperkte omvang.

- Doordat effluent(her)gebruik in Nederland (nog) niet op grote schaal wordt toegepast, kan de meerwaarde van MBR-permeaat in dit opzicht slechts beperkt worden verzilverd.
- MBR als biologische zuiveringsstap maakt de nageschakelde verwijdering van prioritaire stoffen, waaronder medicijnresten, weliswaar eenvoudiger, maar deze tweedefase-KRW-maatregel wordt vooral van belang geacht voor de (middel-)lange termijn.

In landen met een watertekort en in de industrie wordt al wel veel aan water- en grondstoffen-hergebruik gedaan. In deze markten speelt de MBR een belangrijke rol [1].

Onderzoeksvraag

Om in te spelen op de verwachte ontwikkelingen rond waterhergebruik in de NEWaterfabriek (rwzi 2030) en de verwijdering van medicijnresten op rwzi's, is de vraag te stellen welke rol hierin is weggelegd voor de membraanbioreactor (MBR). Dat kan een rol van betekenis worden, mits:

- membranen en MBR-installaties goedkoper kunnen worden gefabriceerd,
- de operationele kosten van de MBR (energie- en chemicaliënverbruik) kunnen worden verlaagd,
- het (ultrafiltratie)permeaat bij waterhergebruik aantoonbaar hygiënisch betrouwbaar is,
- MBR-installaties in hybridevorm in aanvulling op de bestaande configuratie kunnen worden gerealiseerd, waardoor:
 - de te behandelen afvalwaterstroom en de RWA/DWA-verhouding voor de MBR kunnen worden beperkt, zodat een substantieel kleiner pakket aan membraanmodules voldoet,
 - gericht kan worden ingespeeld op de vraag naar een, weliswaar beperkte maar wel continu beschikbare deelstroom 'proceswater'.
 - de ombouw van de rwzi minder ingrijpend wordt.

De centrale onderzoeksvraag is dus in hoeverre aan deze voorwaarden kan worden voldaan.

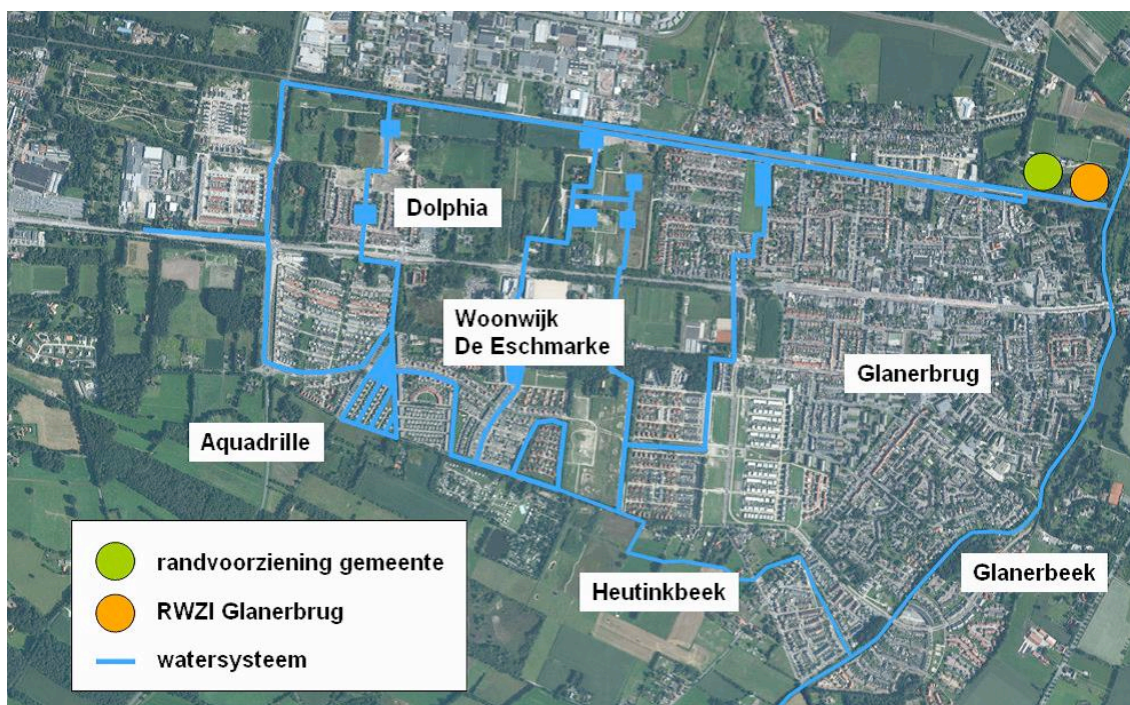
Praktijkcase

Probleemstelling

Het afvalwater van Glanerbrug, een dorpskern ten oosten van Enschede tegen de Duitse grens, wordt gezuiverd in de rwzi Glanerbrug. In droge perioden is het effluent van de rwzi Glanerbrug bepalend voor het debiet, en zelfs voor de watervoerendheid van de Glanerbeek. De Glanerbeek maakt deel uit van het Dinkelsysteem, waar het waterbeheer is gericht op natuur.

Om invulling te geven aan de KRW-doelen voor het Dinkelsysteem heeft de Glanerbeek een kwaliteitsverbetering nodig, bijvoorbeeld door herinrichting van de beek en van de rwzi Glanerbrug.

Het praktijkcase gebied ligt tussen Enschede en de Duitse grens en omvat de kern Glanerbrug, de wijk Eschmarke, de rioolwaterzuiveringsinstallatie Glanerbrug en de Glanerbeek nabij de kern Glanerbrug. Het hele projectgebied behoort tot het afwateringsgebied van de Glanerbeek. Dit is een zijbeek van de Dinkel en kenmerkt zich door de hoge potentiële ecologische waarde.



Afbeelding 1. Het gebied van de praktijkcase

In een brede optimalisatiestudie voor het (afval-)watersysteem (BOAS) is nagegaan welke inrichtingsvariant voor de rwzi Glanerbrug de voorkeur heeft. Daarbij speelde een rol dat 1) de gemeente Enschede op zoek was naar een alternatief voor een tweede bergbezinkbassin (BBB), te realiseren nabij het bestaande BBB en 2) dat het watersysteem van de gescheiden gerioleerde woonwijk Eschmarke in de zomer te maken heeft met een watertekort.

Uit de BOAS bleek dat het tweede bergbezinkbassin in de riolering van de kern Glanerbrug niet nodig is als de bestaande hydraulische capaciteit van de rwzi, 1.200 m³/h, kan worden gehandhaafd. In dat geval komt de rwzi echter 300 m³/h aan capaciteit voor de slibwaterscheiding tekort. Niet al het afvalwater kan over de twee bestaande nabezinktanks worden geleid, en er is geen ruimte voor een derde nabezinktank.

Tegelijkertijd zoekt Pentair een test- en demonstratielocatie voor zijn nieuwe MBR-concept, het MegaBlock. Door innovaties bij de productie van X-flowmembranen en membraanmodules kunnen de membranen en MBR-installaties goedkoper worden gemaakt. Daarbij is het de verwachting, dat de membranen een substantieel langere standtijd (7-8 jaar) hebben dan tot nu toe gebruikelijk.

Perspectief

Voor het waterschap Regge en Dinkel kon het megablock-concept de ontbrekende schakel zijn voor de configuratie van de rwzi Glanerbrug, doordat het de capaciteit voor de slibwaterscheiding vergroot, de mogelijkheid opent om suppletiewater te leveren voor de woonwijk Eschmarke, en een impuls geeft aan de ecologische ontwikkeling van het Dinkelsysteem.

Voor de gemeente Enschede bood het project de gelegenheid af te zien van het extra bergbezinkbassin in het rioolstelsel van Glanerbrug. Ook had de gemeente er belang bij dat suppletiewater kon worden geleverd aan de vijverpartijen van de woonwijk Eschmarke.

Inrichtingsvariant

De rwzi Glanerbrug is voor het laatst opnieuw ingericht in 1984 en bestaat uit twee parallel geschakelde, laag belaste actiefslibsystemen van het type Ladox: omloopsystemen met gescheiden zuurstofinbreng (bellenbeluchting) en voortstuwing.

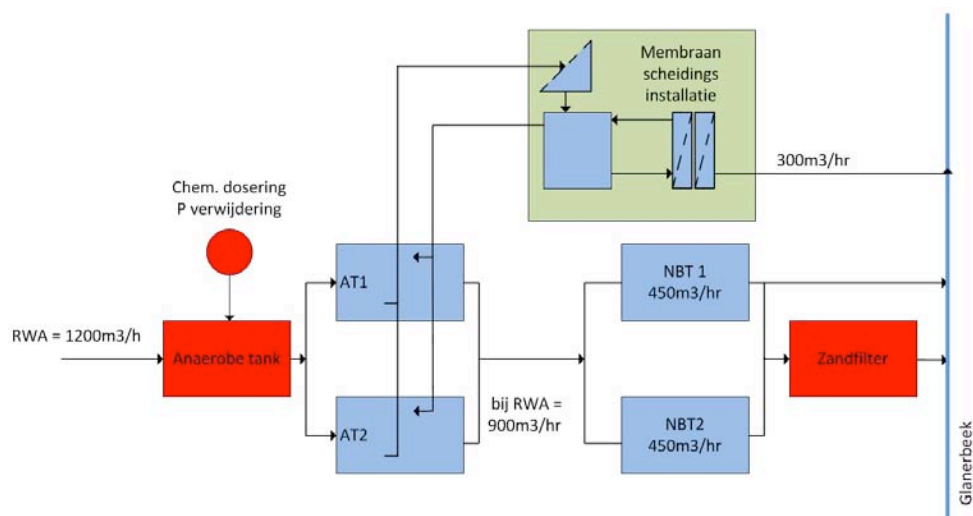
Het afvalwater doorloopt achtereenvolgens een roostergoed- en zandverwijderingsinstallatie, waarna het wordt verdeeld over de Ladox-systemen, gevolgd door twee nabezinktanks.

Het effluent wordt, via de Glanerbeek uiteindelijk geloosd op de Boven-Dinkel (afbeelding 2).

De ontwerpcapaciteit bedraagt 18.000 i.e. à 54 g BZV (biologisch) en 1.200 m³/h (hydraulisch).

Inpassing van het megablock levert voor de rwzi Glanerbrug een innovatieve inrichtingsvariant op (groene blok in afbeelding 2). In deze variant was ook nog voor een deel van de afloop van de nabezinktanks een zandfilter voorzien. De anaerobe tank zou later als onderdeel van de aanpassing van de rwzi worden gerealiseerd. Het megablock zou in de vorm van een compacte module en middels een 'plug and play'-concept kunnen worden ingepast.

Dit leverde de innovatieve inrichtingsvariant op zoals weergegeven in afbeelding 2.



Afbeelding 2. Schematische weergave rwzi Glanerbrug

Het groene blok bevat de toegevoegde MegaBlock-installatie.

Deze aanpak riep twee deelonderzoeksvragen op:

1. Is een 'plug and play systeem' te ontwikkelen dat eenvoudig kan worden gekoppeld aan een bestaande rwzi?
2. Kunnen de X-Flow membraanmodules en de nabezinktanks naast elkaar functioneren binnen hetzelfde actiefslibstelsysteem?

Organisatie

Pentair, het waterschap Regge en Dinkel en de gemeente Enschede besloten samen invulling te geven aan de praktijkcase. Het onderzoeksproject werd financieel mogelijk mede door subsidie van Agentschap NL.

Realisatie en werking megablock

Realisatie megablock

In het voorjaar van 2011 werd op praktijkschaal een complete proefinstallatie inclusief besturing gerealiseerd. Er werd voor een bedrijfshal als behuizing gekozen, in plaats van voor de eerst bedachte containers.



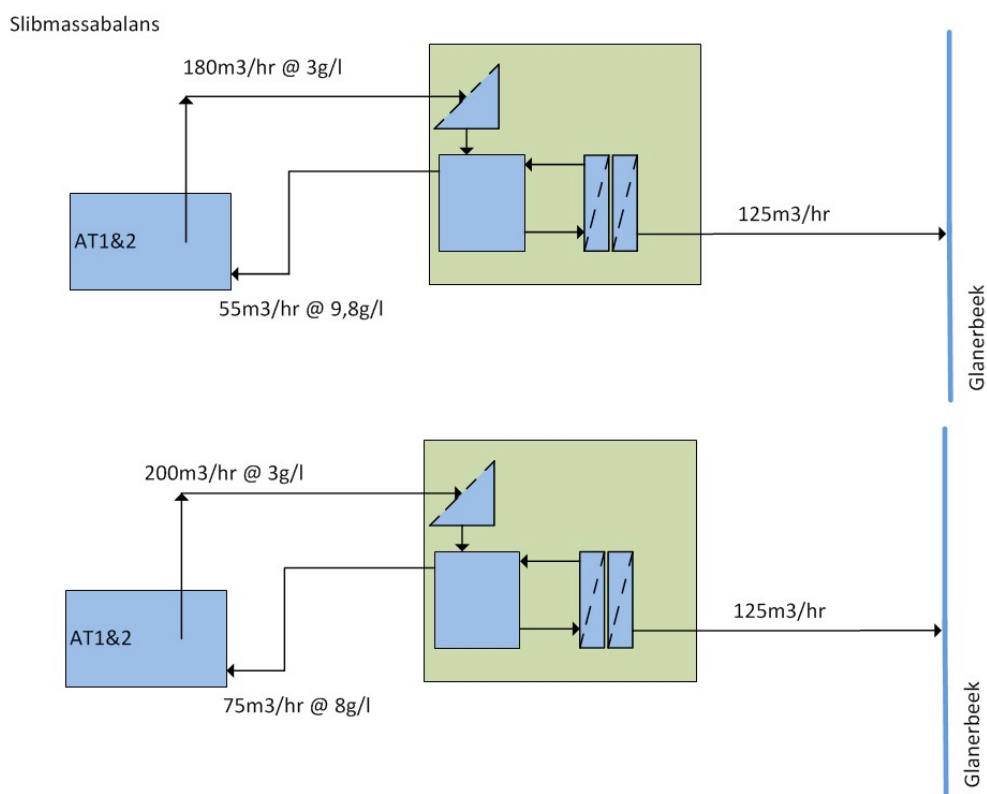
Afbeelding 3. Leidingwerk voor koppeling megablock – rwzi

Het megablock (UF-installatie) werd parallel aan de conventionele zuiveringsinstallatie bedreven. De zuiveringsprocessen vonden plaats in de conventionele installatie. Tijdens DWA werd de volledige slib-water-scheiding door de UF-installatie verzorgd. Bij RWA namen de nabezinktanks het deel dat niet door de UF installatie behandeld kon worden automatisch over.

Werking megablock

Het mengsel van actief slib en effluent wordt vanuit de aeratietanks via zeefbochten (0,75 mm, later vervangen door 0,56 mm) naar een voedingstank geleid. Deze voedingstank wordt als indiktank voor het actief slib gebruikt.

Het megablock wordt gevoed vanuit de voedingstank. Door het debiet te variëren kan, onafhankelijk van de instellingen van het megablock, de drogestofconcentratie in de voedingstank worden geregeld. Zie afbeelding 4.



Afbeelding 4. Regeling drogestofgehalte voedingstank
 Weergave voor verschillende debieten.

Resultaten

Ervaringen gedurende het eerste testjaar

De inzet van het megablock-concept, parallel aan de conventionele actiefslibinstallatie van de rwzi Glanerbrug, heeft niet tot een betrouwbare invulling van de ontbrekende capaciteit voor de slibwaterscheiding geleid. Ondanks de testperiode van ongeveer een jaar, kon met de geteste configuratie niet tot een langdurig stabiele procesvoering worden gekomen. De test moest te vaak worden onderbroken. Die onderbrekingen hadden uiteenlopende oorzaken. Deels was sprake van onregelmatigheden, waar een oplossing voor kon worden gevonden. Daarnaast was echter sprake van hardnekkigere knelpunten:

- Vetlozingen in het verzorgingsgebied van de RWZ Glanerbrug veroorzaakten verstoppingen en versmeringen van de roosters en de roostergoedpers. Ook waren vetdelen verantwoordelijk voor verstoppingen in de voorfiltratie (zeefbocht) van het megablock.
- Een verhoogde slibvolume-index (SVI) van het actiefslib van de rwzi Glanerbrug. De SVI varieerde gedurende de gehele testfase tussen de 130 en 200 ml/g. Een periode van enkele maanden, medio 2011, was hierop een uitzondering. De SVI bedroeg toen, met een ondersteunende Al-dosering, 110–130 ml/g. De verhoogde SVI kan meerdere oorzaken hebben:

- een kritieke zuurstofhuishouding van de actiefslibinstallatie en eerder genoemde vetproblemen;
- mechanische schade aan de structuur van de slibvlokken als gevolg van contact met het membraanoppervlak van het megablock;
- het gewijzigde voedingspatroon bij DWA, dat leidde tot een afwijkende vlokbelading van het actiefslib.

Welke van de genoemde risicofactoren doorslaggevend is geweest, kon niet worden vastgesteld. Een verhoogde SVI is een belangrijke risicofactor bij het naast elkaar functioneren van de megablock-membraanmodules en de nabezinktanks binnen hetzelfde actiefslibstelsel.

NB: de testen zijn uitgevoerd in een periode waarin de rwzi nog niet was uitgerust met een selector.

De knelpunten hebben uiteindelijk in het voorjaar van 2012 tot een 'no-go' geleid. Dat wil zeggen, geen doorschakeling naar een structurele implementatie van een megablockmodule van voldoende capaciteit op de rwzi Glanerbrug en dus ook geen koppeling met het watersysteem van de woonwijk Eschmarke.

Resultaten Onderzoeksprogramma

Na de 'no go'-beslissing is de testperiode nog met een jaar verlengd om het onderzoek aan het megablock goed te kunnen afronden en een energiescan te kunnen uitvoeren. Dit leverde de volgende resultaten op:

Permeabiliteit, transmembraandruk en fluxen

Gedurende de periodes dat het megablock een week of langer ongestoord achtereen werkte, was sprake van een stabiel functioneren. Tijdens normaal bedrijf werd de flux in een range van 45–65 l/m².h gevarieerd op basis van het niveau in de nabezinktanks. Ter vergelijking: de MBR-installatie op de rwzi Ootmarsum wordt bedreven bij 40–45 l/m².h [3]. Bij langdurig hoge fluxen (65 l/m².h) daalde de permeabiliteit nauwelijks. Wanneer de flux vervolgens werd verlaagd naar 50 l/m².h stegen de permeabiliteitswaarden en daalde de transmembraandruk (TMP) tot de uitgangswaarden: permeabiliteit 170 l/m².h.bar en TMP 325 mbar.

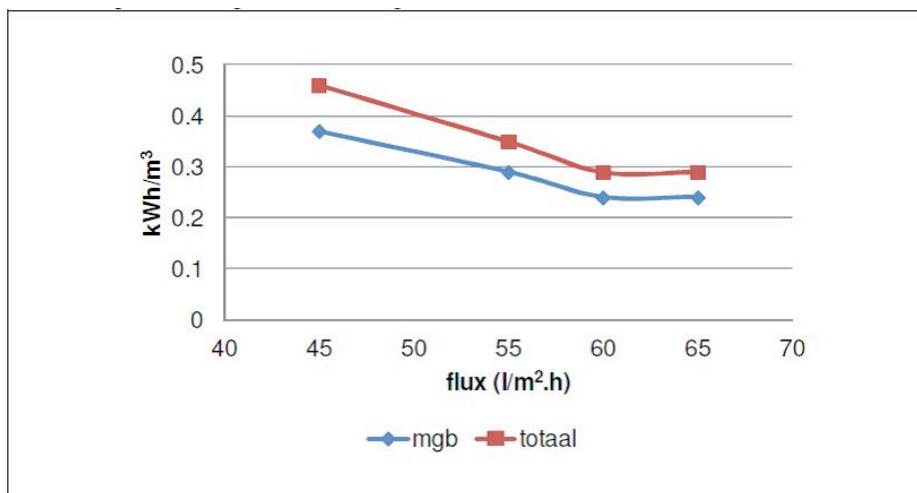
Energiescan

Om na te gaan hoe het zit met het energiegebruik van het megablock is dit energieverbruik, in opdracht van Agentschap NL, door een onafhankelijk bureau (Witteveen+Bos) in kaart gebracht middels een gedetailleerde energiescan. Ook is het energieverbruik vergeleken met een aantal referenties [4].

De energiescan van het megablock is uitgevoerd in twee meetseries van één week elk. Tijdens deze twee meetweken is de gehele rwzi inclusief megablock in detail gemonitord op energieverbruik, debiet en waterkwaliteit. Het energieverbruik van de meeste procesonderdelen is apart bepaald – de grote verbruikers door middel van online metingen, de kleine door handmetingen (kW) en draaiuren te combineren.

Meetweek 1 is uitgevoerd bij een flux van 45 l/m².h. Bij aanvang van de tweede meetweek was de flux 55 l/m².h. Deze is gedurende die week nog in 2 stappen verhoogd tot 65 l/m².h. Als gevolg daarvan nam het specifiek energieverbruik af tot 0,23 kWh/m³ voor het megablock alleen (mgb) en 0,29 kWh/m³ voor het megablock inclusief randapparatuur. (rest mgb).

Het specifiek energieverbruik als functie van de flux is weergegeven in afbeelding 5.



Afbeelding 5. Energieverbruik megablock als functie van de flux

mgb = voedings- + recirculatie- + permeaat- + spoelwaterpomp + blower

rest mgb = de som van kleine wel en niet procesgerelateerde verbruikers

totaal mgb = mgb + rest mgb

Door het verhogen van de flux neemt het specifiek verbruik van alle hoofdverbruikers van het megablock af. Het specifiek verbruik van de voedingspomp en de blower neemt het meest af, respectievelijk met 0,05 en 0,04 kWh/m³.

Het specifiek energieverbruik van de membraangerelateerde onderdelen van het megablock is tot de helft lager dan dat van de beschikbare goede referenties. Het vergelijk op i.e.⁵⁴ (inwoner equivalent à 54 gram BZV) specifiek energieverbruik laat zien dat de totale MBR Glanerbrug, zowel in nationale als in internationale context, tot de MBR-installaties met het laagste energieverbruik behoort [5].

Hygiënische betrouwbaarheid UF-permeaat

Het is de vraag of het UF-permeaat voldoende hygiënisch betrouwbaar is om te kunnen worden ingezet als suppletiewater voor het watersysteem van de woonwijk Eschmarke. Om die vraag te kunnen beantwoorden, is het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) ingeschakeld. Het RIVM heeft in 2012 onderzoek gedaan naar de hygiënische betrouwbaarheid van UF-permeaat en hierover gerapporteerd.

Voor het onderzoek zijn de aantallen virussen en bacteriën in ongezuiverd afvalwater vergeleken met die in het gezuiverde afvalwater van de rwzi Glanerbrug en van een

pilotinstallatie te Hengelo, beide uitgerust met een UF-filter. In het behandelde afvalwater (UF-permeaat) zijn slechts geringe aantallen bacteriën aangetroffen en konden ziekteverwekkende virussen niet meer worden aangetoond. Dit betekent dat UF-permeaat hygiënisch betrouwbaar kan worden ingezet als suppletiewater voor het watersysteem van de woonwijk Eschmarke [6].

Conclusies

De onderzoeksresultaten leiden, in relatie met de onderzoeksvragen tot de volgende conclusies:

- Tijdens het praktijkonderzoek presteerden de nieuw ontwikkelde membranen van het megablock, goed voor wat betreft permeabiliteit, transmembraandruk en fluxen.
- De operationele kosten van het megablock-concept vallen lager uit door aantoonbaar lagere energieverbruiken, door lagere afschrijvingskosten (goedkopere productie, verwachte langere standtijd) en een verwacht lager chemicaliëngebruik.
- UF-permeaat is hygiënisch betrouwbaar voor gebruik als suppletiewater in stedelijke oppervlaktewatersystemen.
- Het is mogelijk gebleken een MBR in hybride-vorm te realiseren in combinatie met een conventioneel actiefslibstelsysteem. Er komt echter meer bij kijken dan aanvankelijk gedacht vanuit een 'plug-and-play' filosofie.
- Het goed functioneren van een hybride-MBR, zoals in Glanerbrug beproefd, is niet mogelijk bij een structureel hoge SVI van het actiefslib. Vetlozingen zijn een bedreiging voor het goed functioneren van installatieonderdelen.

Zie [2] voor meer achtergrondinformatie.

Discussie

Het testen van het megablock-concept op de rwzi Glanerbrug is voor Pentair belangrijk gebleken bij de marktintroductie ervan. Er zijn inmiddels meerdere (grote) installaties verkocht, waaronder een vijftien keer grotere installatie dan die in Glanerbrug aan Nachivan, Azerbeïjan. In Nederland kan UF-permeaat nu al een meerwaarde hebben als hygiënisch betrouwbaar suppletiewater voor stedelijk water. Voor gemeenten die kampen met een slechte kwaliteit stedelijk water is suppletie met UF-permeaat een duurzame en effectieve oplossing. In stagnante wateren kunnen de nutriëntengehaltes in het effluent mogelijk een nuttige toepassing in de weg staan.

Wanneer bij de verdere introductie van de NEWaterfabriek meer vraag komt naar effluent(her)gebruik en tweede fase KRW-maatregelen worden geïntroduceerd voor de verwijdering van prioritaire stoffen, zullen de kansen voor MBR-toepassingen in Nederland, naar verwachting, toenemen.

Literatuur

1. Referenties: Nachivan (MGB), Mars Veghel (anaerobe MBR), Bakkavor (crossflow MBR).
2. Praktijkonderzoek MBR Glanerbrug: Een evaluatie + betekenis voor perspectief communale MBR; Hydrotheek: <http://edepot.wur.nl/307871>.
3. STOWA, Ervaringen met de hybride MBR Ootmarsum, rapportnummer 2009-36.

4. Energiescan MBR Glanerbrug; Op initiatief van Agentschap NL, uitgevoerd door ingenieursbureau Witteveen+Bos. Referentie: GNB1-17/hola/012;
5. 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 and Technology*, 65.2, pp 380-392 (2012).
6. RIVM-rapport 330204006/2012: Zuiveringsefficiëntie van de ultrafiltratie-installatie te Glanerbrug; Gezondheidseffecten van hergebruik UF-permeaat. S.A. Rutjes, H.H.J.L. van den Berg, J.F. Schijven en A. M. de Roda Husman.