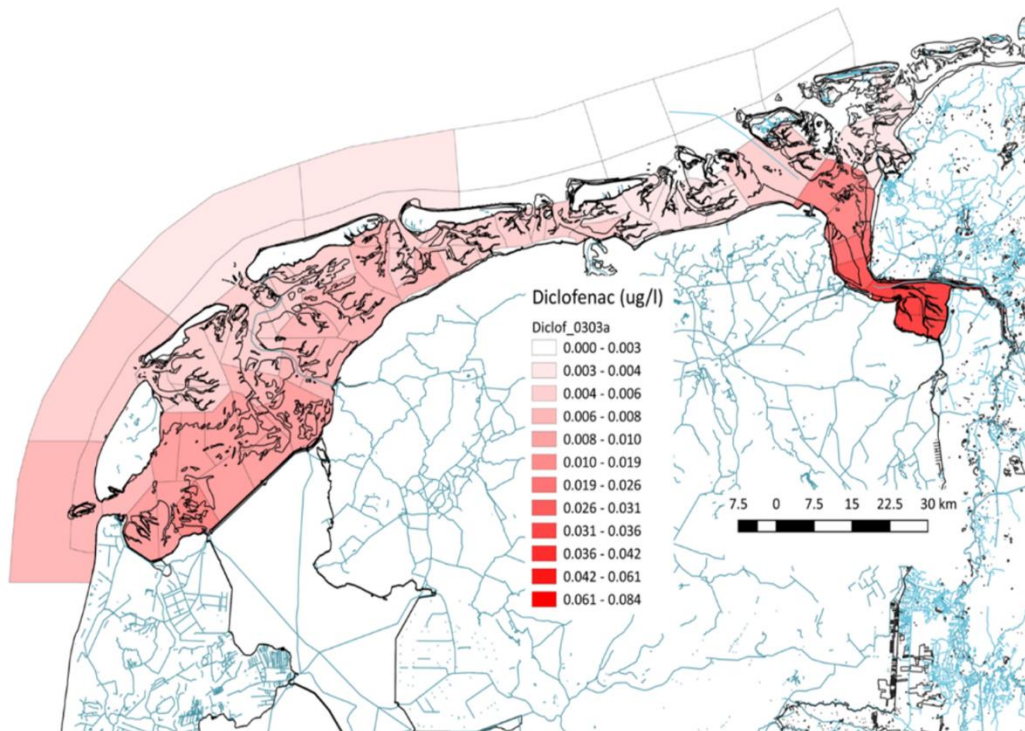


Van de plee naar H2; een circulaire bijdrage aan ecologie, energietransitie en de Waddenhavens

Dirk van der Woerdt (WLN), Kirsten Kuik (waterschap Noorderzijlvest), Mark Schaap (North Water), Jeroen Rijnhart (Centre of Expertise Water Technology)

Bij de RWZI Garmerwolde wordt de verwijdering van medicijnresten uit gezuiverd rioolwater onderzocht. Een tweede, even belangrijk doel is het gebruik van effluent als bron van industriewater in de Groninger Waddenhavens. Dat is behalve duurzaam ook goed voor de ecologie en economie van de gehele Waddenregio.

De Waddenzee is behalve een *hotspot* van biodiversiteit, nationaal park, Natura 2000-gebied, uniek werelderfgoed, het grootste aaneengesloten getijdegebied ter wereld, gastheer van minstens 10.000 soorten flora en fauna, ook een afvoerputje van gezuiverd rioolwater. Alleen al vanaf Nederlands grondgebied wordt hier het effluent van circa 1,5 miljoen inwoners geloosd. Sinds de inwerkingtreding van de Wet verontreiniging oppervlaktewater (Wvo) in de jaren 70 van de vorige eeuw, gaat het (gelukkig) om biologisch gezuiverd water. Maar: dat water wordt slechts beperkt ontdaan van medicijnresten en andere organische microverontreinigingen. Volgens conservatieve schattingen van het RIVM [1] betekent dit dat er dagelijks zeker 45 kilo werkzame stof vanuit de Nederlandse RWZI's op de Waddenzee wordt geloosd. Daar komt de bijdrage via de rivier de Eems nog bij. Verder komen via de Rijn, de IJssel en het IJsselmeer medicijnresten in de Waddenzee terecht. Zij vinden hun oorsprong in Zwitserland, Duitsland, Frankrijk en Nederland. Dit alles leidt tot een potentiële bedreiging voor de rijke ecologie van de Waddenzee. Dat wordt onderstreept door een recente studie die in opdracht van het Programma naar een Rijke Waddenzee is uitgevoerd. Daaruit blijkt bijvoorbeeld dat de maximumconcentratie diclofenac net binnen de PNEC-waarde van 0,05 µg/l blijft [1]. PNEC staat voor *Predicted No Effect Concentration*. De getallen geven de concentratie in oppervlaktewater weer waarbij geen negatieve effecten op het ecosysteem te verwachten zijn. Bij een ongewijzigde toepassing van deze pijnstillers – in de context van een steeds ouder wordende bevolking – is de kans groot dat deze PNEC-waarde in de nabije toekomst wordt overschreden. Actie is dus nodig.



Afbeelding 1. Modelstudie in opdracht van het Programma naar een Rijke Waddenzee 2020. Concentraties Diclofenac in de Waddenzee (PNEC = 0,05 µg/l)

Naast het verwijderen van medicijnresten uit afvalwater spelen er nog andere grote opgaven, waaronder de uiterst urgente energietransitie. Onderdeel hiervan is het vinden van nieuwe opslag- en transportmedia voor groene elektrische energie, met name opgewekt door offshore wind. Het gaat dan vooral om energie die wordt opgewekt, maar niet direct kan worden gebruikt. Waterstof, geproduceerd via elektrolyse, dient zich aan als een veelbelovende en veelgenoemde optie. In de context van de problemen die de aardgaswinning met zich meebrengt, is er geen andere Nederlandse provincie meer gebaat bij een snelle transitie van aardgas naar andere duurzame oplossingen dan Groningen. Niet voor niets liggen er ambitieuze plannen voor de grootschalige productie van groene waterstof in de Groninger havens [2]. Deze plannen kunnen bovendien profiteren van de bestaande kennis en infrastructuur die Groningen reeds heeft op het vlak van gas. Wel zijn voor de productie van groene waterstof twee ingrediënten onmisbaar: groene elektriciteit en zuiver water. Op het vlak van groene elektriciteit ligt de oplossing voor de hand. Het waait vaak stevig op de Noordzee. De potentie voor offshore windenergie is dus groot. Ook op het vlak van zuiver water dient zich een kans aan. Zo is het noorden voorloper in het maken van ultrapuur water. Illustratief is de ultrapuurwaterfabriek in Nieuw-Amsterdam nabij Emmen. Hier maakt Nieuwater [3] volgens een innovatief procedé uit RWZI-effluent uiterst zuiver industriewater. De fabriek is een van de grootste ultrapuurwaterfabrieken van West-Europa.

Watertransitie Groninger havens

Voor de productieprocessen in de havens van Delfzijl en de Eemshaven is de beschikbaarheid van water van groot belang. Het is als vestigingsvoorwaarde onderdeel van de concurrentiepositie ten opzichte van andere havens, zoals Hamburg, Rotterdam en Antwerpen, voor het aantrekken van nieuwe duurzame en circulaire industrie. Beide havens zijn onderdeel van Chemport Europe en een banenmotor, met een grote economische impact op heel Noord-Nederland. Al geruime tijd bieden beide havens volop ruimte aan chemische industrie en elektriciteitsproductie. Daarnaast groeit het aantal 'biobased' bedrijven en vestigt zich steeds meer circulaire industrie. Het gaat dan bijvoorbeeld om het maken van biobrandstoffen uit afval, het verwerken van asbesthoudend metaalschroot tot schone nieuwe grondstoffen en de productie van vezels uit restproducten van de agrarische industrie. Water uit de Waddenzee is voor Delfzijl en de Eemshaven ruim voorradig. De productie van zoet proceswater van een basiskwaliteit uit zeewater is alleen niet bepaald duurzaam. Zo vraagt het tien keer zoveel energie als de productie van industriewater uit zoet oppervlaktewater. Gelukkig is er in principe ook meer dan genoeg zoet oppervlaktewater beschikbaar. Zelfs in uiterst droge jaren, zoals 2018, kent Nederland per saldo (het jaar rond) een neerslagoverschot. Het systeem is er alleen nog altijd op gericht om dat tijdelijke overschot snel richting zee af te voeren. Dat moet en kan anders. Het zoete water zal veel beter gebufferd moeten worden in het landschap en in de ondergrond. Zo blijft ook in droge zomers voldoende zoet water beschikbaar voor natuur, landbouw en industrie.

Een groot deel van de industrie in de Groninger havens maakt voor haar proceswater nu gebruik van drinkwater. Dit drinkwater wordt grotendeels geproduceerd uit grondwater op de grens tussen Groningen en Drenthe. Het grondwater in Groningen is namelijk grotendeels brak of zout. Door concurrentie met de natuur (Natura2000-gebieden) en landbouw, is de hoeveelheid grondwater die mag worden gewonnen beperkt. Bovendien is het niet wenselijk om hoogwaardig drinkwater in grote hoeveelheden te gebruiken voor laagwaardige (industriële) toepassingen.

De droge zomers van 2018, 2019 en 2020 hebben de problematiek verscherpt aan het licht gebracht en waren reden voor Waterbedrijf Groningen om nieuwe wegen te gaan verkennen op weg naar een watertransitie. Hoe wordt omgegaan met klimaatverandering en de daaraan gerelateerde beperkte beschikbaarheid van zoet water? En wat is een zo energiezuinig en circulair mogelijke oplossing voor de groeiende vraag naar proceswater in de industrie?

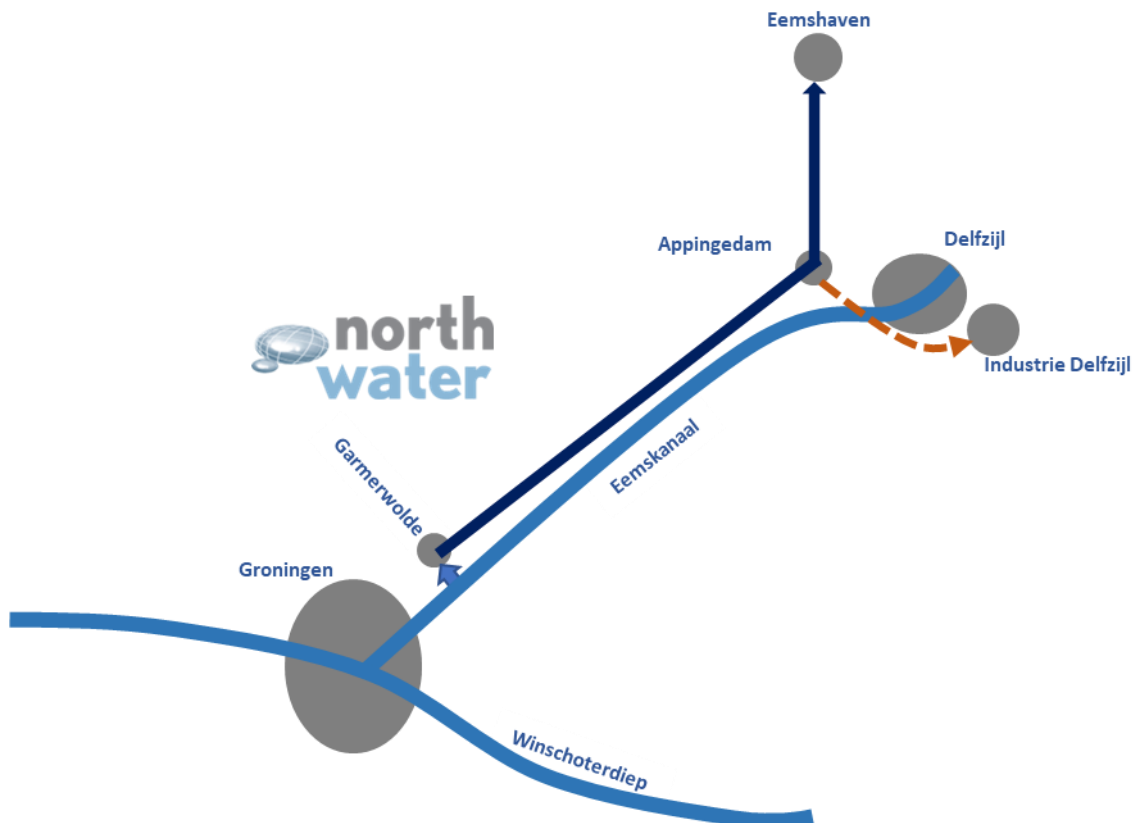
Watertransitie: een drietrapsraket

Het vinden én benutten van zoete, leveringszekere reststromen is een must. De olifant in de kamer is de eigen communale afvalwaterstroom: het effluent van de rioolwaterzuiveringen.

Zo wordt momenteel in Groningen een belangrijke stroom, het effluent van de RWZI Garmerwolde, via het Eemskanaal afgevoerd naar de Waddenzee. Op de RWZI Garmerwolde wordt het afvalwater van de stad Groningen gezuiverd. Dit is een leveringszekere bron, die zelfs in het droge jaar 2018 ruim 26,5 miljoen m³ water produceerde. Er is echter weerstand tegen gebruik van het effluent als bron voor zoetwater in industrie en landbouw. Tot nu toe wil iedereen het 'zo snel mogelijk kwijt' naar zee en wordt bijvoorbeeld het Eemskanaal extra doorgespoeld om dit te bevorderen.

De Groninger watertransitie is een drietrapsraket om te voldoen aan de groeiende vraag naar zoet industrieel proceswater tot ongeveer 30 miljoen m³ extra per jaar in 2030-2035. Tegelijkertijd wordt werk gemaakt van duurzaam watergebruik en het beschermen van de natuurlijke rijkdom van de Wadden.

De eerste stap in de watertransitie is inmiddels gezet met de bouw van een nieuwe zuiveringsfabriek van North Water [4] op de locatie van RWZI Garmerwolde. Op basis van een zuivering, bestaande uit coagulatie/sedimentatie en dubbellaags filtratie, kan hier momenteel tot maximaal 10 miljoen m³ proceswater per jaar worden gemaakt met het water uit het Eemskanaal als bron. Tegelijkertijd is een leiding aangelegd voor het transport van het gezuiverde water naar de Eemshaven. De leiding biedt de mogelijkheid om verder op te schalen naar 20 miljoen m³ proceswater per jaar. Ook is een aftakking van de leiding naar de haven van Delfzijl gepland. De zuivering is in mei 2021 gestart met de levering van koelwater aan het datacentrum van Google in de Eemshaven.



Afbeelding 2. Proceswater voor de industrie in de Groninger Waddenhavens. Levering sinds mei 2021. Eerste bedrijf: van 0 tot 10 miljoen m³/j

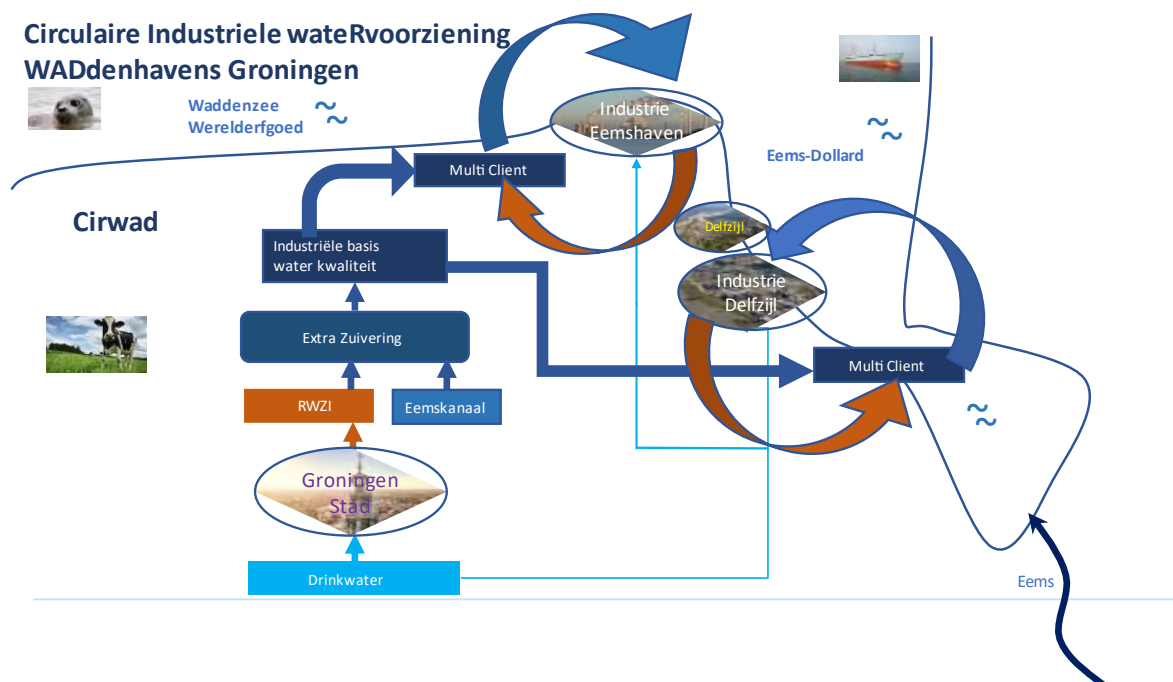
In stap twee, het pilotproject REGAIN (REuse of Garmerwolde municipal effluent for Industrial processes, zie kader), wordt onderzocht hoe het RWZI-effluent van Garmerwolde opgewaardeerd kan worden tot basis-proceswaterkwaliteit en tegelijkertijd kan worden ontdaan van nog aanwezige medicijnresten. De onderzoeksfase moet leiden tot een helder beeld van de toe te passen zuiveringstechnieken. Ook zal het een businesscase opleveren voor de bouw van een *full-scale* zuiveringsinstallatie. Het onderzoek is begin 2022 gestart.

Met de uitkomst van het onderzoek kan, onder het motto ‘van de plee naar H₂’ een full-scale installatie worden gerealiseerd die de tweede stap zet van 10 naar 20 miljoen m³ extra zoet proceswater per jaar.



Afbeelding 3. Tweede bedrijf; van 10 tot 20 miljoen m³/j. REGAIN: 'van de plee naar H₂', proceswater voor de industrie uit RWZI-effluent

De derde stap in de watertransitie richt zich op het meervoudig hergebruik van verschillende bronnen in de havens zelf. Zo kan worden voldaan aan de verwachte stijging van de vraag naar industrieel proceswater: circa 30 miljoen m³ per jaar in 2030–2035. Het gaat dan om *multi client*-oplossingen, waarbij industrieel proceswater van verschillende kwaliteit voor meerdere klanten op maat kan worden gemaakt uit een combinatie van industrieel zoet afvalwater, regenwater, plaatselijk brak grondwater en hergebruik van het effluent van de (kleinere) plaatselijke RWZI's. Ook wordt gekeken naar het toepassen van ondergrondse opslag. Hierbij wordt zoet oppervlaktewater in het natte seizoen opgeslagen in de ondergrond, om het weer te kunnen gebruiken in droge zomerse periodes. Voor deze derde fase ontwikkelen WLN, KWR en NHL-Stenden Hogeschool op initiatief van Waterbedrijf Groningen een *serious game* als communicatietool voor alle stakeholders. Optimalisatie van de waterbeschikbaarheid in een veilige leeromgeving staat centraal. De serious game heeft de naam Aqua Ludens gekregen: Spelend Water.



Afbeelding 4. Derde bedrijf; van 20 tot 30 miljoen m³/j. Cirwad – Circulaire industriewatervoorziening Waddenhavens Groningen

Het project REGAIN

Voor het verwijderen van medicijnresten uit RWZI-effluent is bij REGAIN bewust gekozen voor duurzame technieken die zich elders in meer of mindere mate al bewezen hebben. Technieken die gebruik maken van geavanceerde oxidatie worden niet gebruikt, vanwege het risico op het ontstaan van bijproducten die mogelijk net zo schadelijk zijn als de medicijnresten zelf. Deze technieken zijn niet nieuw, maar worden wel voor het eerst vergelijkend onderzocht in deze context. Bovendien wordt niet alleen onderzocht hoe goed rioolwater te zuiveren is. Er is ook aandacht voor betaalbaarheid en duurzaamheid. Daarbij worden de technologieën afzonderlijk en, indien gewenst, ook in combinatie getest. Het betreft biologische zuurstofgedoseerde actieve kool (BODAC), *constructed wetlands* en capillaire nanofiltratie (zie kader).

De gebruikte technieken: BODAC, constructed wetlands, capillaire nanofiltratie

- Biological Oxygen Dosed Activated Carbon, kortweg BODAC, heeft zich de afgelopen tien jaar bewezen bij de ultrapuurwaterfabriek in Nieuw-Amsterdam. BODAC verwijdert aantoonbaar, langdurig en in hoge mate (>80%) medicijnresten uit effluent. Afbraak vindt vermoedelijk plaats door een combinatie van adsorptie/desorptie en biologische afbraak [5]. Regeneratie van de actieve kool is sinds 2010 nog niet nodig geweest. Bij Wetsus wordt het werkingsmechanisme van de technologie onderzocht door twee promovendi. BODAC is ook opgenomen in het landelijk onderzoek voor de verwijdering van medicijnresten, het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit afvalwater (IPMV) [6].
- Constructed wetlands, ook wel rietfilters of helofytenfilters genoemd, zijn een zo natuurlijk mogelijke zuiveringstechniek. Bij de universiteit van Wageningen (WUR) is op kleine schaal aangetoond dat een reductie van medicijnresten haalbaar is door verschillende korrelmaterialen (kleikorrels, koolkorrels) in het filterbed toe te passen. Het

afbraakmechanisme betreft ook hier een combinatie van adsorptie/desorptie en biologische omzetting. WUR-promovendus Yujie He heeft reeds aangetoond dat fotodegradatie (met zonlicht) een rol kan spelen bij de geneesmiddelenverwijdering [7]. De Universiteit Gent heeft aangetoond dat beluchting de afbraak van medicijnen eveneens stimuleert [8].

- c. Bij filtratie met recent geoptimaliseerde capillaire nanomembranen wordt het gebruik van chemicaliën bij reiniging van de membranen geminimaliseerd. Op laboratorium- en pilotschaal is aangetoond dat de nanomembranen medicijnresten goed kunnen verwijderen [9]. De technologie is reeds onderzocht als onderdeel van het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit afvalwater (IPMV) [10].

De technologieën zijn getest op TRL (technology readiness level)-niveau 5-6, als proef- of demonstratieproject. Na afloop van het project REGAIN is de kennis vergaard om de stap naar TRL8 te maken, oftewel het commercieel toepassen van het concept. Voor alle technologieën geldt dat ze worden onderzocht op verwijderingsrendementen van verschillende parameters, waaronder medicijnresten, kosten per m³ behandeld water, CO₂-voetafdruk en reductie in de ecotoxiciteit van het water. In het project wordt de verwijdering van medicijnresten afgezet tegen de door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat opgestelde prestatievereisten [11]. Op basis van stoffeïgenschappen zijn elf gidsstoffen/-medicijnen geselecteerd. Zij komen algemeen voor in in- en effluent van de RWZI's en zijn met de huidige RWZI's slecht verwijderbaar. Als doel is gesteld dat een technologie voldoet wanneer zeven van de elf gidsstoffen [12] voor meer dan 70% worden verwijderd. Uiteraard wordt dit beschouwd als een minimumeis. Het streven is om een hoger rendement te halen.

Het doel van REGAIN is een totaalbeeld te krijgen van de kracht van de genoemde zuiveringstechnieken. Dit maakt een goede vergelijking mogelijk, zodat in combinatie met de benodigde nazuivering voldaan kan worden aan de vereisten voor industrieel proceswater van een basiskwaliteit. Deze basiskwaliteit is gebaseerd op het water dat momenteel geleverd wordt door de industriewaterfabriek van North Water. Na het onderzoek wordt een voorontwerp gemaakt voor een *full-scale* installatie met de geselecteerde zuiveringscombinatie. Op grond daarvan wordt ook een businesscase opgesteld voor de levering van het gezuiverde rioolwater als proceswater aan de industrie. Bij een succesvol verloop van het project is de verwachting dat de full-scale installatie in 2027-2028 kan gaan draaien. Randvoorwaarde is uiteraard dat de groeiende vraag naar industrieel proceswater in de havens van Delfzijl en de Eemshaven aanhoudt. Met de verwachte groei van de duurzame waterstofproductie en de jaarlijkse toename van nieuwe circulaire bedrijvigheid in beide havens lijkt dit welhaast een zekerheid. Op deze manier draagt REGAIN bij aan een duurzame ecologie en economie van de gehele Waddenregio.

De partners in REGAIN

Binnen het project REGAIN werken vier partners samen. Samen beslaan ze de hele keten. Waterschap Noorderzijlvest is penvoerder en beheerder van de RWZI Garmerwolde. WLN heeft een geaccrediteerd waterlaboratorium en is kennispartner op het gebied van waterzuivering. North Water is aan boord als leverancier van industriewater. Tot slot zorgt het Centre of Expertise Water Technology (CEW), onderdeel van de WaterCampus Leeuwarden, voor de disseminatie.

Het consortium heeft steunbetuigingen ontvangen van de Coalitie Wadden Natuurlijk, Samenwerkende Bedrijven Eemsmond (SBE) en de Raad van Advies Waddenzeehavens. Financiering gebeurt via het Waddenfonds, het Nationaal Programma Groningen, Eems Delta Green en een bijdrage van de projectpartners zelf.

Via CEW, gelieerd aan de hogescholen in Leeuwarden, worden studenten actief betrokken bij REGAIN. Dat gebeurt door praktijkonderzoek als onderdeel van een stage of afstudeerproject. Naast hbo- en mbo-studenten chemie, chemische technologie en milieukunde, gaat het ook om studenten van economische, bedrijfskundige en communicatie-opleidingen. Zo worden jonge professionals al tijdens hun studie betrokken bij het uitwerken van een maatschappelijk uiterst relevant onderwerp. Bovendien worden op deze manier de professionals en vakmensen van morgen opgeleid voor de ontwikkeling van de oplossingen van overmorgen. CEW zal bovendien op het WAC (Water Applicatie centrum, de eigen onderzoek- en testlocatie), met studenten op kleine schaal parallel onderzoek doen naar de verwijdering van medicijnresten uit RWZI-effluent.

Het driejarige project is begin 2022 gestart met het maken van een definitief gedetailleerd onderzoeksplan en het leggen van contacten met kennisdragers en leveranciers van de beoogde te piloten zuiveringstechnieken. In 2022 worden de pilots aangeschaft, op de site geplaatst en opgestart, waarna vanaf 2023 een periode van anderhalf jaar proefonderzoek is gepland. Het project wordt afgesloten met een eindsymposium.

Gedurende de rit is het belangrijk dat alle stakeholders zo goed mogelijk aanhaken bij het project. Dat zijn natuurlijk de direct betrokken waterbeheerders en de beoogde eindgebruikers, maar ook de overheden, onderwijsinstellingen en de organisaties die nauw betrokken zijn bij de aquatische natuur in het gebied. De kennis wordt breed beschikbaar gesteld, zeker in de provincies die grenzen aan de Waddenzee.

Referenties

1. Moermond, T.A. et al. (2020). *Medicijnresten en waterkwaliteit: een update*, RIVM-briefrapport 2020-0088C
2. North2 (2022). *Kickstarting the green hydrogen economy*. 05-22 (www.north2.eu).
3. NWTR (2022). *Nieuwater haalt meer uit water*. 05-22 (www.nwtr.nl).
4. North Water (2022), *Partner in Industriewater en afvalwaterzuivering*. Mei 2022 (www.northwater.nl)
5. Maas, P. van der, Veenendaal, G., Nonnekens, J., Brink H., Vogel, D. de (2020). 'Biologische actiefkoolfiltratie met zuurstofdosing: veelbelovende techniek voor verwijdering geneesmiddelen?'. *H2O-Online*, 12 februari 2020.
6. Vogel, D. de, Maas, P. van der, Kloosterman-Greftenhuis, J., Dost S., (2020). *Haalbaarheidsstudie bodac, biologisch actiefkoolfiltratie met zuurstofdosing voor verwijdering microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater*, STOWA 2020-46.
7. Yujie He (2017). *Removal of pharmaceutically active compounds in constructed wetlands: mechanisms and application*. WUR 2017
8. Auvinen, H., Gebhardt, W., Linnemann, V., Laing, G. du, Rousseau, D.P.L. (2017). 'Laboratory and full-scale studies on the removal of pharmaceuticals in an aerated constructed wetland: effects of aeration and hydraulic retention time on the removal efficiency and assessment of the aquatic risk'. *Water Sci Technol* 76 (5-6).
9. 'Proefinstallatie voor holle vezel nanofiltratie op komst'. *H2O actueel*, 24 juli 2019
10. Opijnen, J. van, Evenblij, H., Roeleveld, P. (2020). *Haalbaarheidsstudie holle vezel nanofiltratie voor verwijdering van microverontreinigingen op RWZI's*, STOWA 2020-22
11. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022). *Bijlage A (v1.1.) Zuiveringsprestaties Demo's; Prestatievereisten voor een demo-installatie voor vergaande zuivering van medicijnresten en overige organische microverontreinigingen op een rioolwaterzuivering*
12. Mulder M. (2021). *Evaluatie gidsstoffen*. STOWA en Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat