



Effectiviteitsvergelijking helofytenveld

Behandeling hemelwater
of rwzi-effluent?

stowa
Stichting
RIONED

Effectiviteitsvergelijking helofytenveld

Behandeling hemelwater
of rwzi-effluent?

Voorwoord

Het helofytenveld naast de rwzi Zeewolde bleek niet langer nodig voor nabehandeling van het rwzi-effluent en werd daarom ingezet voor behandeling van afstromend hemelwater van het bedrijventerrein Trekkersveld. Het Regenwaterproject Bedrijventerrein Trekkersveld had tot doel de optimale inzet van het helofytenveld te onderbouwen.

Uit de resultaten van het voorliggende rapport blijkt dat een helofytenfilter ten behoeve van de waterkwaliteit effectiever is in te zetten voor nabehandeling van effluent van de rwzi dan voor behandeling van het relatief schone afgestroomde hemelwater.

Het helofytenveld heeft grote verwijderingsrendementen: ruim 70% voor zwevende stof, 44% voor som PAK-10, tot 80% voor de meeste zware metalen, 50 - 90% voor nutriënten en ruim 70% voor E. coli. Het helofytenveld brengt voor bijna alle stoffen de gehalten in het hemelwater zodanig terug dat het minstens even 'schoon' is als het ontvangende oppervlaktewater.

Bij inzet voor nabehandeling van rwzi-effluent zou het helofytenveld nog een factor 2 tot 14 meer vuilvracht kunnen afvangen. Het effluent van de rwzi Zeewolde bevat veel hogere concentraties nutriënten dan het ontvangende water Hoge Vaart en het afstromende hemelwater.

De gemeten vuilconcentraties in het afstromende hemelwater van het industriegebied Trekkersveld zijn, anders dan verwacht, van vergelijkbare grootte als de gemeten concentraties in de woonwijken van Almere.

Hugo Gastkemper, directeur Stichting RIONED
Joost Buntsma, directeur STOWA

December 2017

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding en doel	7
1.2	Onderzoeksvragen	8
1.3	Leeswijzer	8
2	Onderzoeksgebied en meetopzet	9
2.1	Onderzoeksgebied	9
2.1.1	Bedrijventerrein Trekkersveld	9
2.1.2	Hemelwaterstelsel Trekkersveld II	9
2.1.3	Helofytenveld	12
2.2	Onderzoeks- en meetopzet	14
2.2.1	Overzicht meetopzet	14
2.2.2	Onderzoeksvraag 1: kwaliteit overstortend (hemel)water	15
2.2.3	Onderzoeksvraag 2: kwaliteit verpompt (hemel)water	17
2.2.4	Onderzoeksvraag 3: rendementen bezinksloot en vloeivelden	18
2.2.5	Onderzoeksvraag 4: afstromend (hemel)water versus rwzi-effluent	19
2.2.6	Onderzoeksvraag 5: afstromend (hemel)water versus Hoge Vaart	19
3	Hydraulisch functioneren	20
3.1	Vuilwatergemaal Trekkersveld II	20
3.2	Hemelwatergemaal Trekkersveld II	20
3.3	VGS-overstorten	22
3.4	Helofytenveld	23
4	Meetresultaten waterkwaliteit	26
4.1	Bepalen waterkwaliteit	26
4.2	Meetopbrengst	26
4.3	Waterkwaliteit locatie A	27
4.3.1	Monstername	27
4.3.2	Continue metingen	27
4.4	Waterkwaliteit locatie C	28
4.4.1	Monstername	28
4.4.2	Continue metingen	29
4.5	Waterkwaliteit locaties D en E	30
4.5.1	Monstername locatie D	30
4.5.2	Monstername locatie E	31
4.5.3	Controle op willekeur monsternamedagen	31
4.6	Waterkwaliteit effluent rwzi Zeewolde	32
4.7	Waterkwaliteit Hoge Vaart	32
5	Discussie	34
5.1	Onderzoeksvragen 1 en 2	34
5.2	Onderzoeksvraag 3	37
5.3	Onderzoeksvragen 4 en 5	40
6	Conclusies	43
	Literatuur	45
	Bijlage 1 Meetapparatuur	46
	Bijlage 2 Analyseresultaten locaties A, C, D en E	47
	Bijlage 3 Analyseresultaten effluent rwzi Zeewolde	54
	Bijlage 4 Analyseresultaten Hoge Vaart	56
	Colofon	58

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De rwzi Zeewolde van Waterschap Zuiderzeeland behandelt het huishoudelijk en industrieel afvalwater uit de woonkern Zeewolde en van het bedrijventerrein Trekkersveld. Bij de aanleg van de rwzi in de jaren 80 van de vorige eeuw is een helofytenveld naast de rwzi aangelegd voor de nabehandeling van het rwzi-effluent. Om aan strengere lozingseisen te kunnen voldoen, is de rwzi medio jaren 90 vernieuwd. De vernieuwde rwzi bleek de lozingseisen ruimschoots te halen, waardoor het helofytenveld niet langer nodig was. Vanaf dat moment loosde de rwzi direct in de Hoge Vaart.

Met de ontwikkeling van bedrijventerrein Trekkersveld moest de rwzi een toenemende hoeveelheid afstromend hemelwater uit de (verbeterd gescheiden) hemelwaterstelsels in het gebied behandelen. Rond 2006 is besloten om het helofytenveld hiervoor in te zetten. Sindsdien voeren de hemelwatergemalen op het bedrijventerrein het hemelwater af via het helofytenveld, waarna het uiteindelijk ook in de Hoge Vaart terechtkomt.

Optimale inzet helofytenveld

Het waterschap discussieert momenteel over de optimale inzet van het helofytenveld.

Er zijn drie scenario's:

- het helofytenveld (weer) inzetten voor de nabehandeling van het rwzi-effluent;
- het helofytenveld (blijven) inzetten voor de behandeling van afstromend hemelwater uit de hemelwaterstelsels van bedrijventerrein Trekkersveld;
- het helofytenveld niet meer gebruiken om te besparen op operationele kosten en/of (de ruimte van) het helofytenveld inzetten voor een ander doel.

De afweging tussen de inzet voor het rwzi-effluent of afstromend hemelwater is een rendementsvraagstuk: bij welk type water levert het helofytenveld de meeste 'winst' op (waar vangt het de meeste kilogrammen vuilstoffen af die dan niet in de Hoge Vaart terechtkomen)? De afweging om het helofytenveld wel of niet in te zetten, hangt samen met de vraag of nabehandeling überhaupt nodig is met het oog op de lozingseisen (voor rwzi-effluent) en/of de waterkwaliteit in de Hoge Vaart (rwzi-effluent en afstromend hemelwater). Daarnaast speelt een doelmatigheidsvraagstuk: kan nabehandeling met het helofytenveld op de lange termijn tegen de laagste maatschappelijke kosten of zijn goedkopere alternatieven beschikbaar?

Onderzoeksdoelen

Om de discussie te ondersteunen, is het Regenwaterproject Bedrijventerrein Trekkersveld gestart. Dit project moet meer inzicht geven in het daadwerkelijk functioneren van de beschouwde systemen. De doelen zijn:

- Onderzoeken welk rendement het helofytenveld met de huidige inzet (behandeling van afstromend hemelwater) behaalt.
- De emissie vanuit de hemelwaterstelsels onderzoeken: wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat de stelsels verlaat (1) via het gemaal richting helofytenveld en (2) via de overstorten richting oppervlaktewater.
- De kwaliteit van het afstromende hemelwater vergelijken met de kwaliteit van rwzi-effluent en met de waterkwaliteit in de Hoge Vaart.

Voor het Regenwaterproject Bedrijventerrein Trekkersveld zijn in het VGS en in het helofytenveld verschillende emissie- en rendementsmetingen uitgevoerd. Ook is gebruik gemaakt van bestaande, reguliere metingen. De metingen vonden plaats van 1 september 2015 tot 1 september 2016. Dit rapport presenteert de resultaten. Samenwerking Afvalwaterketen Flevoland – SAF zal de bevindingen meenemen bij de opstelling van het hemelwaterbeleid van Waterschap Zuiderzeeland.

1.2 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen voor het Regenwaterproject Bedrijventerrein Trekkersveld zijn:

- 1 Wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat vanuit het hemelwaterstelsel via overstorten in het oppervlaktewater terechtkomt?
- 2 Wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat vanuit het hemelwaterstelsel naar het helofytenveld gaat?
- 3 Wat is het zuiveringsrendement van het helofytenveld, onderverdeeld in rendement van de bezinkslot en rendement van de vloeivelden?
- 4 Hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater tot de kwaliteit van het rwzi-effluent?
- 5 Hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater tot de waterkwaliteit in de Hoge Vaart?

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het onderzoeksgebied en hoe het onderzoek is uitgevoerd.

Hoofdstuk 3 analyseert het hydraulisch functioneren van de onderzochte systemen. (Hoewel het onderzoek zich richt op waterkwaliteit is de waterkwantiteit van fundamenteel belang. De hoeveelheid bepaalt in grote mate hoe de waterkwaliteit moet worden bemeten.)

Hoofdstuk 4 presenteert de resultaten van de waterkwaliteitsmetingen.

Hoofdstuk 5 interpreteert en bediscussieert de meetresultaten aan de hand van de vijf onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 6 sluit het rapport af met de conclusies.

2 Onderzoeksgebied en meetopzet

Dit hoofdstuk gaat in op hoe het onderzoek is uitgevoerd. Paragraaf 2.1 beschrijft het onderzoeksgebied, paragraaf 2.2 licht per onderzoeksvraag de meetmethode toe.

2.1 Onderzoeksgebied

2.1.1 Bedrijventerrein Trekkersveld

Het onderzoek is uitgevoerd op en rond het bedrijventerrein Trekkersveld. Trekkersveld ligt ten noorden van de woonkern Zeewolde in de gelijknamige gemeente (zie figuur 2.1). Het terrein heeft een oppervlak van circa 200 ha en ligt ingeklemd tussen de N305 in het zuidoosten en de Hoge Vaart in het noordwesten.

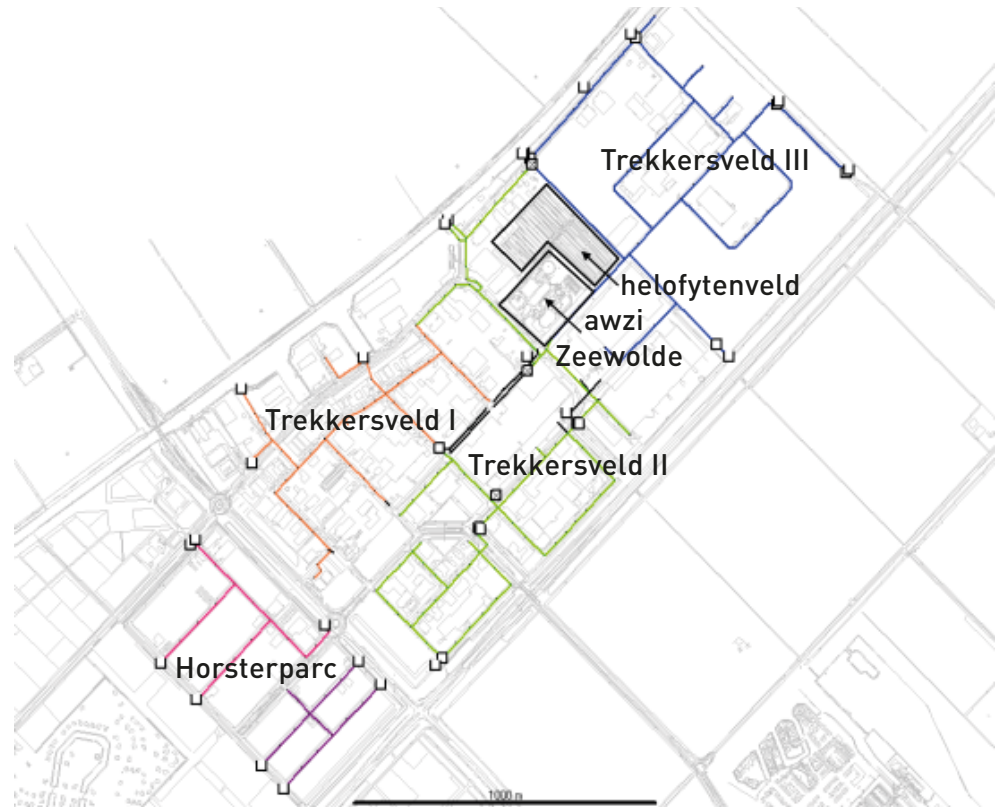


Figuur 2.1 Ligging bedrijventerrein Trekkersveld

2.1.2 Hemelwaterstelsel Trekkersveld II

Voor de riolering is bedrijventerrein Trekkersveld opgedeeld in vier delen: Trekkersveld I, II en III en Horsterparc (ten zuidwesten van de Spiekweg) (zie figuur 2.2). Alle gebieden hebben gescheiden riolering. Elk deel voert het afvalwater uit de vuilwaterstelsels via een eigen gemaal af naar de rwzi Zeewolde. Trekkersveld II en III hebben een verbeterd gescheiden stelsel (VGS) met hemelwatergemalen die (een deel van) het hemelwater afvoeren naar het helofytenveld naast de rwzi Zeewolde.

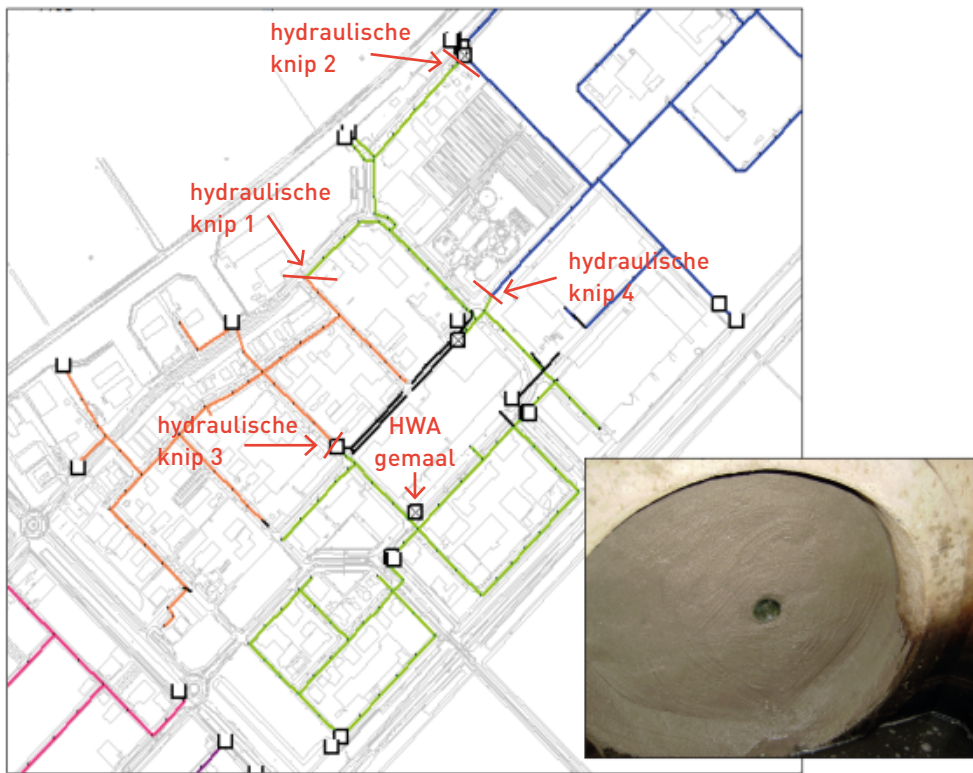
Figuur 2.2 Ligging hemelwaterstelsels Trekkersveld (en Horsterparc)



Het helofytenveld behandelt in de normale situatie dus het afstromende (hemel)water vanuit de gebieden Trekkersveld II en III. In tegenstelling tot Trekkersveld II is Trekkersveld III nog sterk in ontwikkeling, veel percelen zijn braakliggend en worden langzaam ontwikkeld. Een dergelijk gebied is voor onderzoek naar de kwaliteit van het afstromende hemelwater minder geschikt. (Eenmalige) bouwactiviteiten kunnen de dataset beïnvloeden, waardoor de gegevens niet meer representatief zijn voor de 'normale' situatie. Daarom is besloten om tijdens het onderzoeksproject het hemelwatergemaal van Trekkersveld III af te schakelen. Daarmee is het hemelwaterstelsel van Trekkersveld II (en het helofytenveld) feitelijk bestempeld als onderzoeksgebied.

Hydraulische knips

In de oorspronkelijke situatie waren er verschillende verbindingen tussen de hemelwaterstelsels van Trekkersveld I, II en III, bijvoorbeeld in de vorm van (hoge) noodverbindingen. Om zeker te zijn van een eenduidig onderzoeksgebied, is het hemelwaterstelsel van Trekkersveld II hydraulisch geïsoleerd van de stelsels van Trekkersveld I en III met vier hydraulische knips: schildmuren die de verbindingen met andere stelsels afsluiten (zie figuur 2.3). Zo kan gebiedsvreemd water niet via deze verbindingen in het stelsel stromen en de metingen beïnvloeden.



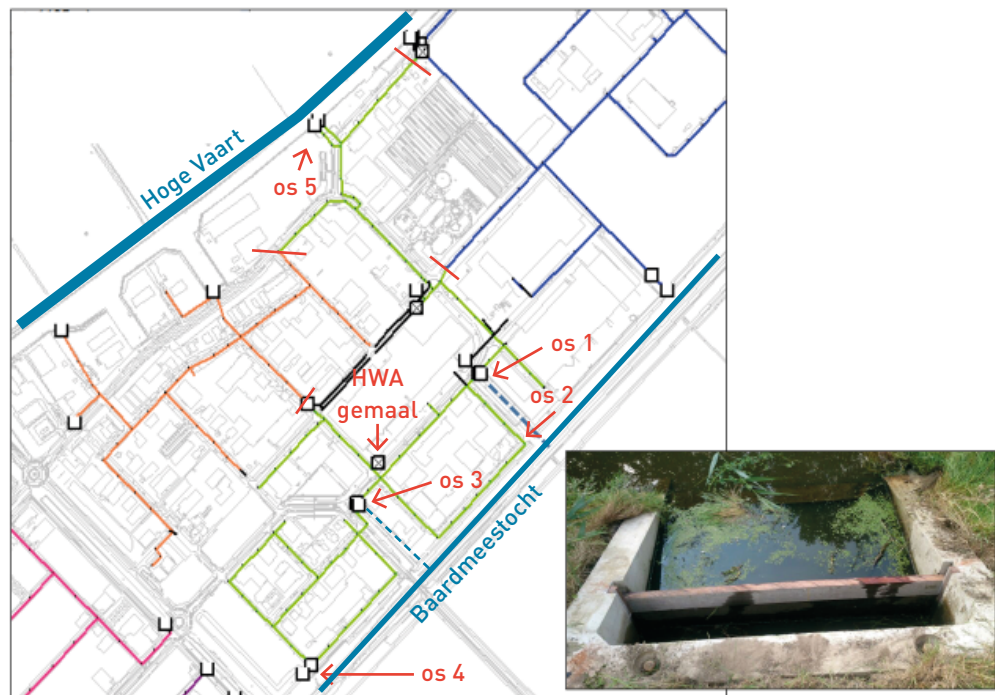
Figuur 2.3 Locaties hydraulische knips voor isolatie hemelwaterstelsel Trekkersveld II en voorbeeld van een knip (inzet)

Het hemelwaterstelsel van Trekkersveld II is na isolatie circa 5.500 m lang en voert onder vrij verval af naar het hemelwatergemaal op de hoek Industrieweg/Ambachtsweg (gemaal RG192). Niet inbegrepen in deze lengte zijn diverse bermstoten en (blus)vijvers die, soms via een interne overstort, verbonden zijn met het hemelwaterstelsel.

Overstorten

Het stelsel heeft vijf overstorten (os) die tijdens zware neerslag (hemel)water direct in het oppervlaktewater kunnen lozen (zie figuur 2.4). Overstort 5 loost in de Hoge Vaart, de overige overstorten lozen in de Baardmeestocht die ten noorden van Trekkersveld verbonden is met de Hoge Vaart. Overstorten 3, 4 en 5 hebben een relatief hoog drempelpeil en treden dus – relatief gezien – weinig in werking. In de oorspronkelijke situatie hadden overstorten 1 en 2 een nagenoeg gelijk drempelpeil. Voor het onderzoeksproject is overstort 1 tot preferente overstort gemaakt door het drempelpeil van overstort 2 met 10 cm te verhogen (zie inzet figuur 2.4). Dit betekent dat bij de meeste buien overstort 1 (drempelpeil -4,93 mNAP) als eerste en soms als enige overstort.

Figuur 2.4 Locaties overstorten (os) in hemelwaterstelsel Trekkersveld II en overstort 2 na ophoging (inzet)



Afvoerend oppervlak

Het afvoerende oppervlak aangesloten op het hemelwaterstelsel van Trekkersveld II bedraagt in totaal 23,1 ha (bron: GRP Zeewolde, 2014). De onderverdeling naar type verhard oppervlak staat in tabel 2.1. De onderdrempelberging van het hemelwaterstelsel (statisch volume onder het laagste drempelniveau van -4,93 mNAP) bedraagt 550 m³, ofwel circa 2,4 mm over het aangesloten verhard oppervlak (bron: rioolmodel Zeewolde, via Witteveen+Bos). Een deel van het verharde oppervlak (vooral loading docks van logistiekbedrijven) is bewust aangesloten op het vuilwaterstelsel. De OAS Zeewolde (2013) schat dit oppervlak tussen de 0 tot 6 ha.

Tabel 2.1 Type verhard oppervlak aangesloten op hemelwaterstelsel Trekkersveld II (bron: GRP Zeewolde, 2014)

Type	Oppervlak [ha]
Gesloten verharding	3,9
Open verharding	5,9
Hellend dak	0,5
Vlak dak	12,8
Totaal	23,1

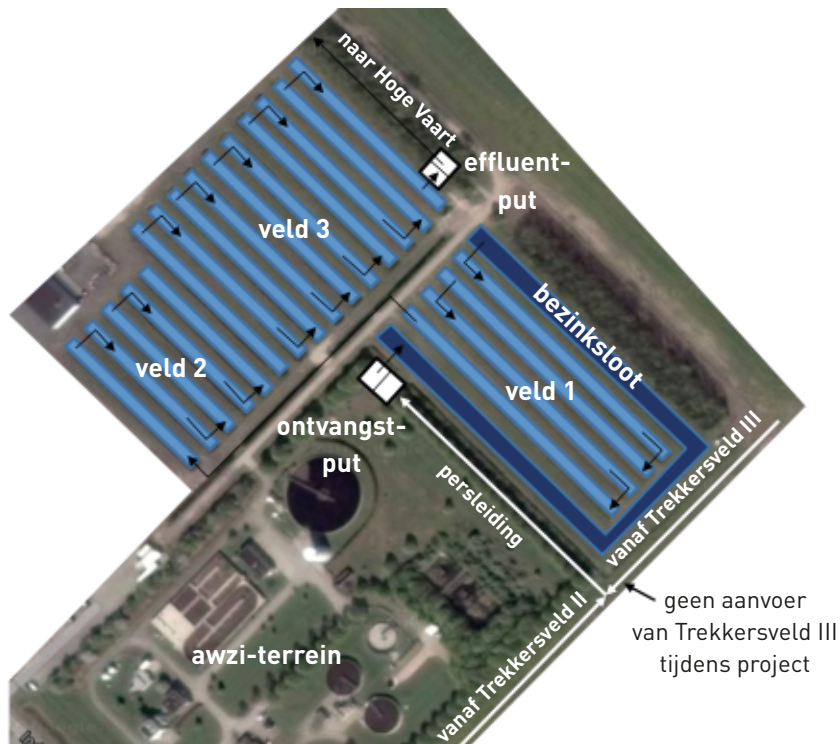
Gemaal

Gemaal Trekkersveld II is een gecombineerd vuilwatergemaal (RG185) en hemelwatergemaal (RG192) met gescheiden kelders. Het hemelwatergemaal heeft twee pompen met een geïnstalleerde capaciteit van 90 m³/h, ofwel (met een aangesloten verhard oppervlak van 23,1 ha) 0,39 mm/h. Het gemaal voert via een persleiding af naar het helofytenveld naast de rwzi Zeewolde. Het vuilwatergemaal heeft een geïnstalleerde capaciteit van 160 m³/h en voert via een persleiding direct af naar de rwzi Zeewolde (bron capaciteiten: Geoweb, Waterschap Zuiderzeeland).

2.1.3 Helofytenveld

Het helofytenveld bestaat uit een ontvangstput, een bezinksloot en drie in serie geschakelde vloeivelden (zie figuur 2.5). Het veld heeft in totaal een oppervlak van circa 4,7 ha, waarvan 1,7 ha open water.

Figuur 2.5 Helofytenveld
Trekkersveld met ontvangstput,
bezinksloot en drie vloeivelden



Ontvangstput

Bij de ontvangstput (nog net op het rwzi-terrein, zie figuur 2.6) komt de persleiding aan vanuit het hemelwatergemaal Trekkeveld II (en Trekkeveld III, maar die was uitgeschakeld tijdens het meetprogramma). De put heeft twee compartimenten: een ontvangstkelder voor de persleiding met een overstort (drempel op -3,03 mNAP) naar een tweede compartiment dat in open verbinding staat met de bezinksloot. Vóór het onderzoek is de ontvangstput gereinigd en het bezonken slib verwijderd.



Figuur 2.6 Ontvangstput van
helofytenveld (links) en interne
overstort in put (rechts)

Bezinksloot

De bezinksloot is een U-vormige, 6 meter brede en circa 500 m lange sloot waarin het (hemel)water uit Trekkeveld II als eerste terechtkomt. De voornaamste functie van de sloot is het laten bezinken van het relatief goed bezinkbare zwevende materiaal. De sloot wordt gevoed vanuit de ontvangstput en loost aan het einde via een duiker (zie figuur 2.7) in het eerste vloeiveld. Vooral de randen van de sloot zijn in het zomerseizoen begroeid met (natuurlijke, niet-aangeplante) rietachtige planten.

Figuur 2.7 Einde bezinksloot met duiker naar vloeiveld 1 (links) en afsluiter in de duiker (rechts)



Vloeivelden

De drie in serie geschakelde vloeivelden bestaan uit heen en weer slingerende, 4 meter brede slootjes met een totale lengte van ruim 2.700 meter. De in de vloeivelden aanwezige bacteriën verwijderen vuilstoffen. Daarnaast bezinkt zwevend materiaal (en aangehechte vuilstoffen) en nemen de aanwezige flora nutriënten op. Het eerste vloeiveld wordt gevoed vanuit de bezinksloot, waarna het water door veld 2 en 3 stroomt. Het derde veld loost het water via een kantelstuw in een afvoerkanaal richting Hoge Vaart (zie figuur 2.8, rechts).

Het ontwerp van de vloeivelden voorzag in de aanplant van biezen, maar deze bleken al snel na aanleg niet goed te groeien. Sindsdien vindt geen aanplant meer plaats en groeien alleen 'natuurlijke' rietachtige planten (zie figuur 2.8, links). Regelmatig vindt onderhoud plaats aan het helofytenveld: de bezinksloot wordt gebaggerd en het gehele veld (dus bezinksloot en vloeivelden) wordt gemaaid. Rond de onderzoeksperiode is onderhoud uitgevoerd in mei 2015 en in augustus 2016. Er vindt geen ijzerdosering plaats.

Figuur 2.8 Begroeid vloeiveld in zomerseizoen (links) en uitstroomconstructie na vloeiveld 3 (rechts)



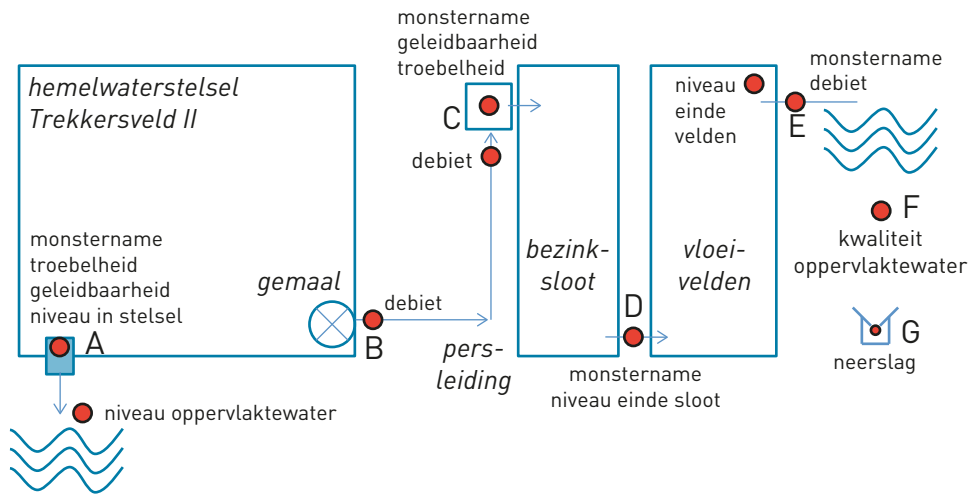
2.2 Onderzoeks- en meetopzet

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen (zie paragraaf 1.2), is per vraag een onderzoeks- en meetopzet bepaald. Paragraaf 2.2.1 geeft eerst een overzicht van de complete meetopzet, vervolgens lichten de paragrafen 2.2.2 tot en met 2.2.6 de onderzoeksopzet per onderzoeksvraag toe.

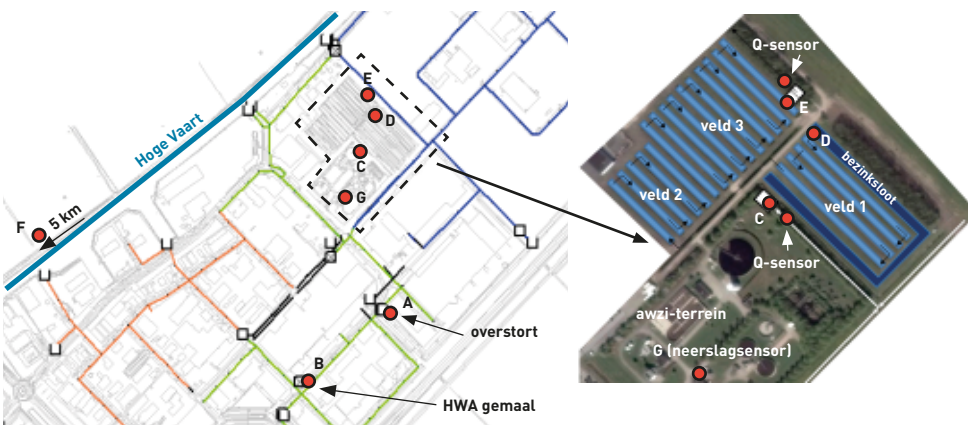
2.2.1 Overzicht meetopzet

De meetopzet in en rond het hemelwaterstelsel van gebied Trekkersveld II en het helofytenveld naast de rwzi Zeewolde bestaat uit metingen op zeven locaties (zie figuur 2.9 voor een schematisch overzicht en figuur 2.10 voor een topografisch overzicht):

- Locatie A (overstort 1 in het hemelwaterstelsel, laagste overstort): monstername, waterkwaliteitssensoren, waterniveau in stelsel en in oppervlaktewater.
- Locatie B (hemelwatergemaal Trekkersveld II): debietmeting.
- Locatie C (ontvangstput helofytenveld): debietmeting, monstername, waterkwaliteits-sensoren.
- Locatie D (einde bezinksloot, overgang naar vloeiveld 1): monstername, waterniveau.
- Locatie E (einde vloeivelden): monstername, waterniveau, debietmeting.
- Locatie F (Hoge Vaart): waterkwaliteit.
- Locatie G (rwzi): neerslag.



Figuur 2.9 Schematisch overzicht meetopzet



Figuur 2.10 Topografisch overzicht meetopzet

Voor de metingen op locaties B, F en G zijn bestaande metingen gebruikt, de overige meetopstellingen zijn voor het onderzoeksproject geïnstalleerd. Bijlage 1 geeft een overzicht van fabricaat en type van de geïnstalleerde apparatuur.

2.2.2 Onderzoeksvraag 1: kwaliteit overstortend (hemel)water

Onderzoeksvraag 1 luidt: wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat vanuit het hemelwaterstelsel via overstorten in het oppervlaktewater terecht komt?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is de laagste overstort van het hemelwaterstelsel van gebied Trekkeersveld II (overstort 1 gecodeerd als locatie A, zie figuur 2.9) voorzien van waterkwaliteitssensoren en een monsternamekast (zie figuur 2.11). De sensoren (elektrisch geleidend vermogen (egv), ook wel geleidbaarheid genoemd, en troebelheid) moeten een beeld geven van de dynamiek in waterkwaliteit onder verschillende omstandigheden. De monsternamekast bemonstert gedurende een jaar het geloosde water en geeft hiermee – na laboratoriumanalyse – een representatief beeld van de kwaliteit van het overstortwater.



Figuur 2.11 Niveau- en waterkwaliteitssensoren bij overstort 1 (locatie A, links) en monsternamekast in vandalisembestendige behuizing (rechts)

De kast is geprogrammeerd om van 1 september 2015 tot 1 september 2016 bij elke overstorting tijdproportioneel te bemonsteren (100 ml elke minuut). Een niveausensor bij de overstort (stelselzijde) stuurt de kast aan. Als het waterniveau boven de drempel stijgt, begint de tijdproportionele monsternamen. Om er zeker van te zijn dat de kast geen negatieve (of gestuwde) overstorting bemonstert, is ook een niveausensor aan de buitenzijde van de overstortmuur (in het ontvangende oppervlaktewater) geplaatst. Zo wordt bij een te hoge buitenwaterstand niet bemonsterd.

De verzamelmonsters per bui zijn in het laboratorium geanalyseerd op de 55 kwaliteitsparameters in tabel 2.2. Het totaal aan analyseresultaten (en de statistische interpretatie van deze resultaten) geeft antwoord op de onderzoeksvraag. Om het aantal monsters (en laboratoriumanalyses) niet boven het beoogde aantal van dertig te laten komen, is van februari tot mei 2016 tijdelijk elke derde bui (in plaats van elke bui) geanalyseerd.

Tabel 2.2 Analysepakket (hemel)waterkwaliteit

Stofgroep	Parameter**	Gebruikte afkorting
Anorganisch	Biochemisch zuurstofverbruik (als O ₂) over 5 dagen	BZV5
	Chemisch zuurstofverbruik (als O ₂)	CZV
	Onopgeloste stoffen	ZS
	Som ammonium- en organisch gebonden stikstof (als N)	NKj
	Ammonium (als N)	NH ₄
	Nitriet (als N)	NO ₂
	Som nitriet en nitraat (als N)	sNO ₂ NO ₃
	Nitraat (als N)	NO ₃
	Orthofosfaat (als P)	PO ₄
	Totaal fosfor (als P)	P-tot
Metalen	Aluminium	Al
	Antimoon	Sb
	Arseen	As
	Barium	Ba
	Beryllium	Be
	Cadmium	Cd
	Calcium	Ca
	Kobalt	Co
	Chroom	Cr
	IJzer	Fe
	Kalium	K
	Koper	Cu
	Kwik	Hg
	Lood	Pb
	Magnesium	Mg
	Mangaan	Mn
	Molybdeen	Mo
	Natrium	Na
	Nikkel	Ni
	Tin	Sn
	Vanadium	V
	Zilver	Ag
	Zink	Zn
	Strontium	Sr
Telluur	Te	
Thallium	Tl	

Stofgroep	Parameter**	Gebruikte afkorting
Organisch	Minerale olie	MinOlie
	Koolwaterstoffractie C10-C20	C10-C20
	Koolwaterstoffractie C20-C40	C20-C40
	Naftaleen*	Naf
	Acenafteen	AcNe
	Fluoreen	Fle
	Fenanthreen*	Fen
	Antraceen*	Ant
	Fluorantheen*	Flu
	Pyreen	Pyr
	Benzo(a)antraceen*	BaA
	Chryseen*	Chr
	Benzo(b)fluorantheen	BbF
	Benzo(k)fluorantheen*	BkF
	Benzo(a)pyreen*	BaP
	Dibenzo(a,h)antraceen	DBahAnt
	Benzo(ghi)peryleen*	BghiPe
Indeno(1,2,3-cd)pyreen*	InP	
Hygiënisch	<i>Escherichia coli</i>	<i>E. coli</i>

* de som van deze polycyclische aromatische koolwaterstoffen geeft de som PAK-10

** analyse alle parameters behalve E. coli door Aqualysis, analyse E. coli door Alcontrol

2.2.3 Onderzoeksvraag 2: kwaliteit verpompt (hemel)water

Onderzoeksvraag 2 luidt: wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat vanuit het hemelwaterstelsel naar het helofytenveld gaat?

Om een beeld te krijgen van de kwaliteit van het water dat het hemelwatergemaal Trekkersveld II naar het helofytenveld verpompt, is een monsternamekast geplaatst bij de ontvangstput van het helofytenveld (locatie C, zie figuur 2.9 en figuur 2.12). Daarnaast zijn waterkwaliteitssensoren geïnstalleerd die continue metingen verrichten aan elektrisch geleidend vermogen en troebelheid.

Het verpompte volume is afgeleid aan de hand van de (bestaande) debietmeting bij het hemelwatergemaal (locatie B). Om te controleren of gemaal Trekkersveld III daadwerkelijk uitgeschakeld is en blijft, is een debietsensor gebruikt in de persleiding vlak vóór de ontvangstput (locatie C). Het verpompte volume op locaties B en C behoort gedurende de gehele meetreeks identiek te zijn.



Figuur 2.12 Monsternamekast bij ontvangstput helofytenveld (locatie C, links) en opgegraven debietsensor in aanvoerende persleiding (rechts)

De monsternamekast bemonstert volumeproportioneel op basis van de debietmeting net vóór de ontvangstput (50 ml elke 1,5 m³; bij weinig afvoer 50 ml elke 0,5 m³). De kast is zodanig geprogrammeerd dat de 'dwa-prop' in de persleiding tussen hemelwatergemaal en ontvangstput niet in het monster terecht komt. Dit betekent dat de eerste 21 minuten van de hemelwaterafvoer (hwa) niet is bemonsterd (zie paragraaf 3.4). Omdat het hemelwaterstelsel ook droogweerafvoer (dwa) kent (zie paragraaf 3.2), is de monsternamekast geprogrammeerd om bij zowel dwa als hwa te bemonsteren:

- Strategie bij droog weer: tijdens de monsternameperiode (1 september 2015 - 1 september 2016) zijn verspreid over het jaar op twaalf willekeurige droogweerdagen 24-uurs volumeproportionele monsters genomen en geanalyseerd op de parameters in tabel 2.2. Het volumegewogen gemiddelde van deze twaalf monsters geeft een representatief beeld van de dwa-kwaliteit.
- Strategie bij regen: in dezelfde periode is bij regen (als het verpompte debiet groter wordt dan de dwa) elke bui volumeproportioneel bemonsterd. Om het aantal monsters rond het beoogde aantal van dertig te krijgen, is al bij aanvang van het project ingeschat dat het monster van elke tweede bui geanalyseerd moest worden op de parameters in tabel 2.2. Van februari tot mei 2016 is dit tijdelijk teruggebracht tot elke derde bui. Het volumegewogen gemiddelde van deze dertig monsters geeft een representatief beeld van de hwa-kwaliteit.

De jaargemiddelde kwaliteit van het verpompte water uit het hemelwaterstelsel (richting helofytenveld) is vervolgens te berekenen door de gemiddelde waarden voor droog weer en regen te middelen, rekening houdend met de respectievelijke jaarvolumes (zie berekening in paragraaf 3.2).

2.2.4 Onderzoeksvraag 3: rendementen bezinksloot en vloeivelden

Onderzoeksvraag 3 luidt: wat is het zuiveringsrendement van het helofytenveld, onderverdeeld in rendement van de bezinksloot en rendement van de vloeivelden?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, zijn twee aanvullende monsternamekasten geplaatst: een aan het einde van de bezinksloot in de duiker naar het eerste vloeiveld (locatie D, zie figuur 2.9 en figuur 2.13) en een aan het einde van de vloeivelden bij de uitstroom richting Hoge Vaart (locatie E). Het rendement van de bezinksloot is in beeld gebracht door de analysesresultaten van locatie C (influent bezinksloot) te vergelijken met die op locatie D (effluent bezinksloot). Het rendement van de vloeivelden is afgeleid door de resultaten van locaties D (influent vloeivelden) en E (effluent vloeivelden) te vergelijken.

Figuur 2.13 Monsternamekast bij overgang bezinksloot naar vloeiveld 1 (locatie D, links), niveaumeting aan einde vloeiveld 3 (locatie E, midden) en monsternamekast bij effluentput (locatie E, rechts)



Hoewel op locatie C nog sprake is van een onderscheid tussen dwa en hwa, is dat op locatie D minder en locatie E niet meer het geval. Door de lange verblijftijden in de sloot en de velden raken de twee afvoertypen vermengd en is geen representatief monster per afvoertype te nemen. Daarom is besloten om op locaties D en E de waterkwaliteit in beeld te brengen door gedurende het onderzoeksjaar op twaalf willekeurig gekozen dagen 24-uurs volumeproportionele monsters te verzamelen en deze te laten analyseren op de parameters in tabel 2.2. De monsternamedata staan in tabel 2.3. De monsternamekast op locatie D bemonstert volumeproportioneel op basis van het gemeten debiet bij de ontvangstput met een vertraging van 8 minuten (50 ml elke 1,5 m³; bij weinig afvoer 50 ml elke 0,5 m³). De monsternamekast op locatie E bemonstert volumeproportioneel op basis van de debietmeter achter de kantelstuw (50 ml per gemeten volume, variërend tussen 0,1 en 2 m³,

afhankelijk van de afvoergrootte). De gemiddelde kwaliteit per locatie is te vinden door de analyseresultaten volumegewogen te middelen.

Bij hoge afvoeren in natte perioden kan het waterniveau in de bezinksloot en de vloeivelden zodanig toenemen dat kortsluitstromen ontstaan. Dan stroomt water uit de bezinksloot over het maaiveld direct vloeiveld 3 in ter hoogte van de effluentput. Om dit in de gaten te kunnen houden, zijn niveausensoren geplaatst in de bezinksloot (locatie D) en bij de effluentput (locatie E). Bij kortsluitstromen is niet bemonsterd omdat de situatie dan niet representatief is.

Ten slotte is in de effluentleiding van het helofytenveld richting Hoge Vaart een debietsensor geplaatst om het effluent van het helofytenveld te kunnen kwantificeren.

Monsternamedagen locaties D en E	
zo 06-sep-2015	zo 06-mrt-2016 (D) / zo 13-mrt-2016 (E)
zo 04-okt-2015	wo 06-apr-2016
zo 08-nov-2015	ma 06-jun-2016
zo 06-dec-2015	wo 08-jun-2016
zo 10-jan-2016	wo 06-jul-2016
zo 07-feb-2016 (E) / di 16-feb-2016 (D)	zo 07-aug-2016

Tabel 2.3 Data monsternamen locaties D en E

2.2.5 Onderzoeksvraag 4: afstromend (hemel)water versus rwzi-effluent

Onderzoeksvraag 4 luidt: hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater tot de kwaliteit van het rwzi-effluent?

De kwaliteit van hemelwater (zoals bepaald voor onderzoeksvragen 1 en 2) is te vergelijken met de kwaliteit van het rwzi-effluent door de analyseresultaten van de reguliere effluentbemonstering door Waterschap Zuiderzeeland te gebruiken.

In de onderzoeksperiode (1 september 2015 - 1 september 2016) zijn in totaal veertig 24-uurs monsters van het effluent verzameld. Alle monsters zijn geanalyseerd op de tien anorganische parameters uit tabel 2.2 (BZV5, CZV, ZS, NKj, NH4, NO2, sNO2NO3, NO3, PO4 en P-tot). Een gelijkmatig over het jaar verdeelde selectie van vijf monsters is aanvullend geanalyseerd op de metalen, minerale olie en PAK's uit tabel 2.2. De monsters zijn niet onderzocht op hygiënische parameters.

Voor deze onderzoeksvraag zijn geen aanvullende metingen gedaan.

2.2.6 Onderzoeksvraag 5: afstromend (hemel)water versus Hoge Vaart

Onderzoeksvraag 5 luidt: hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater tot de waterkwaliteit in de Hoge Vaart?

De kwaliteit van hemelwater (zoals bepaald voor onderzoeksvragen 1 en 2) is te vergelijken met de waterkwaliteit van de Hoge Vaart door de analyseresultaten van de reguliere bemonstering door Waterschap Zuiderzeeland te gebruiken.

Het dichtstbijzijnde meetpunt in de Hoge Vaart (ten opzichte van de lozingslocatie van de rwzi Zeewolde) is 'brug Adelaarsweg' (ook wel 'Adelaarsweg visplek' genoemd), circa 5 km ten zuidwesten van de rwzi. Besloten is om de analyseresultaten van de periode januari 2012 tot en met mei 2016 te gebruiken. In deze periode zijn circa honderd steekmonsters verzameld die zijn geanalyseerd op dezelfde parameters als het hemelwater (zie tabel 2.2), met uitzondering van BZV5, CZV, minerale olie en E. coli. Analyse op zwevende stof en alle PAK's is uitgevoerd op ongeveer de helft van de monsters (circa vijftig dus).

Voor deze onderzoeksvraag zijn geen aanvullende metingen gedaan.

3 Hydraulisch functioneren

Dit hoofdstuk gaat over het hydraulisch functioneren van de onderzochte systemen.

Paragraaf 3.1 besteedt aandacht aan het functioneren van het vuilwaterstelsel. Hoewel het vuilwaterstelsel in theorie niets heeft te maken met de verwerking van hemelwater, blijkt dit in de praktijk vaak anders te zijn (bijvoorbeeld door foutaansluitingen). Paragraaf 3.2 beschrijft het hydraulisch functioneren van de afvoerroute via het gemaal van het hemelwaterstelsel, paragraaf 3.3 de route via de overstorten. Tot slot belicht paragraaf 3.4 het hydraulisch functioneren van het helofytenveld.

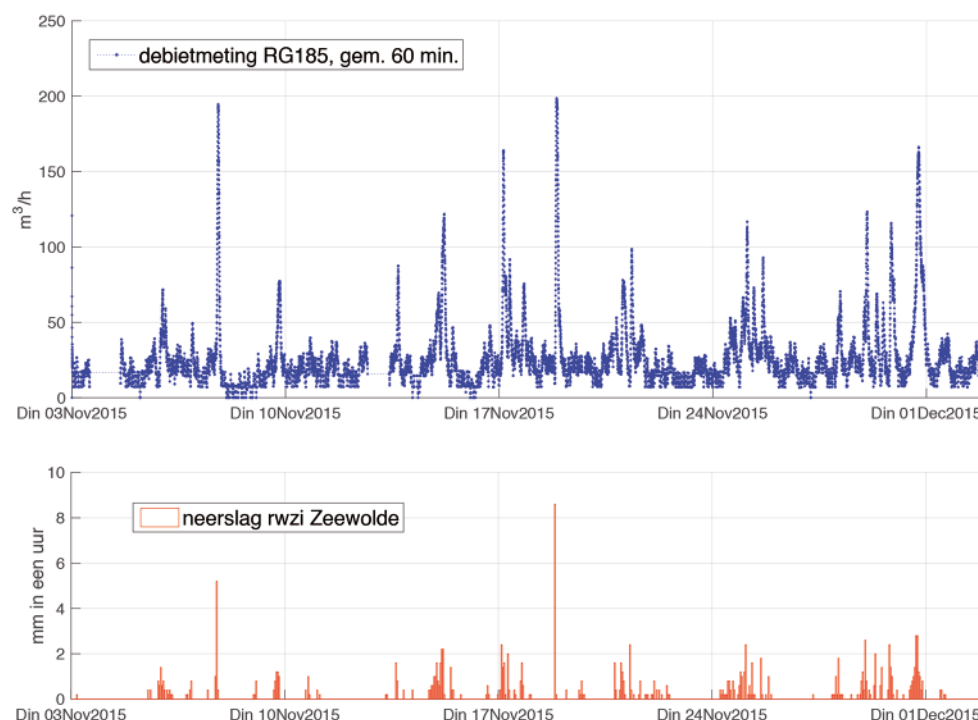
3.1 Vuilwatergemaal Trekkersveld II

Gemaal Trekkersveld II is een gecombineerd vuilwatergemaal (RG185) en hemelwatergemaal (RG192) met gescheiden kelders. Het vuilwatergemaal heeft twee pompen met een geïnstalleerde capaciteit van 160 m³/h (bron: Geoweb, Waterschap Zuiderzeeland). In de gemaalkelder zit een niveausensor en op de afgaande leiding (na samenkost van de afgaande leidingen van beide pompen) zit een debietsensor. Figuur 3.1 toont de debietmetingen van het vuilwatergemaal in de periode 3 november 2015 - 3 december 2015.

Op basis van de metingen is het volgende te zeggen over het hydraulisch functioneren van het vuilwaterstelsel en -gemaal:

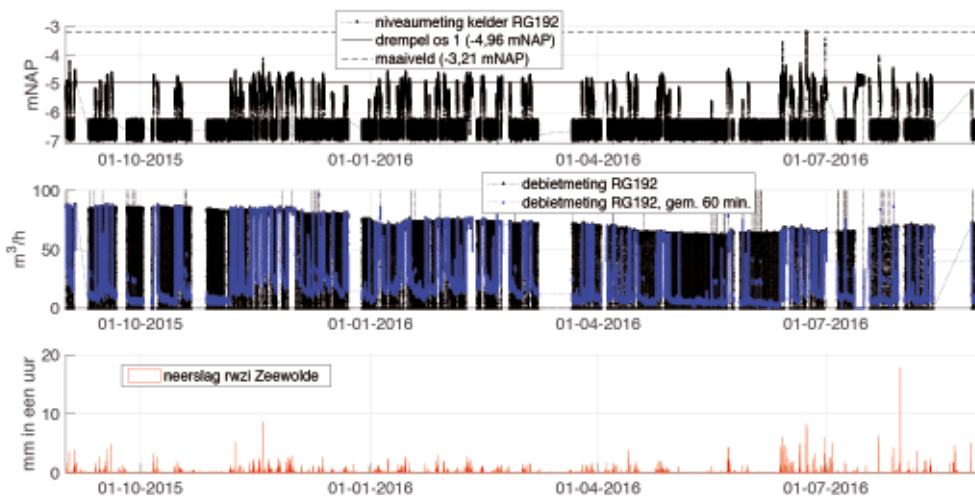
- Tijdens droog weer varieert het afgevoerde debiet tussen ongeveer 10 en 30 m³/h.
- Bij neerslag kan het debiet toenemen tot circa 200 m³/h. Hiermee lijkt de daadwerkelijk geïnstalleerde capaciteit groter dan de administratieve waarde (160 m³/h).
- Met een systematische toename van het debiet bij neerslag lijkt het waarschijnlijk dat het vuilwatergemaal hemelwater afvoert. Een plausibele bron is afstromend hemelwater van (bewust aangesloten) loading docks van logistiekbedrijven. Daarnaast kunnen onbedoelde foutaansluitingen hemelwater in het vuilwaterstelsel lozen. De onderverdeling naar mogelijke bronnen is in deze studie niet verder geanalyseerd en gekwantificeerd.

Figuur 3.1 Debietmetingen vuilwatergemaal Trekkersveld II (RG 185) en neerslag rwzi Zeewolde, 3 november 2015 - 3 december 2015



3.2 Hemelwatergemaal Trekkersveld II

Het naastgelegen hemelwatergemaal heeft ook twee pompen met een geïnstalleerde capaciteit van 90 m³/h, ofwel (met een aangesloten verhard oppervlak van 23,1 ha) 0,39 mm/h (bron: Geoweb, Waterschap Zuiderzeeland). In de gemaalkelder zit een niveausensor en op de afgaande leiding (na samenkost van de afgaande leidingen van beide pompen) zit een debietsensor. De data van deze sensoren geven inzicht in het hydraulisch functioneren van het hemelwaterstelsel en -gemaal.

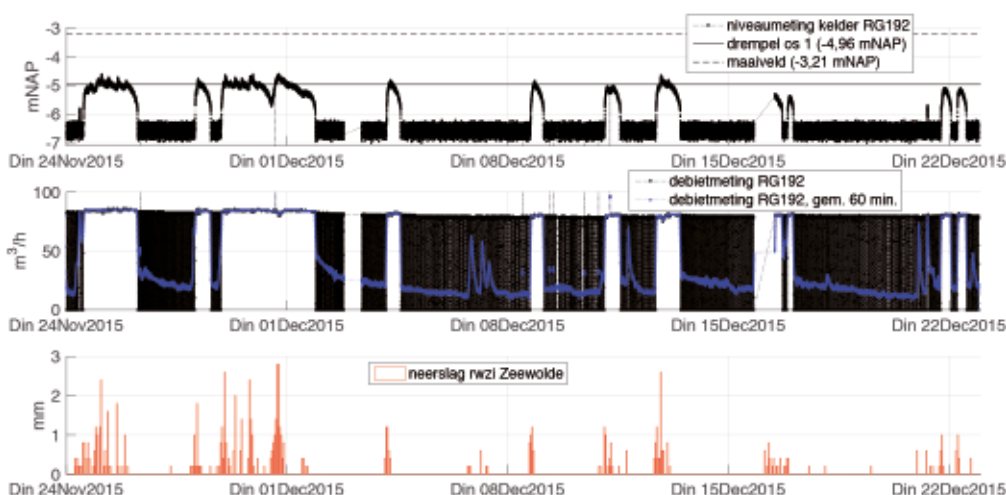


Figuur 3.2 Nivea- en debietmetingen hemelwatergemaal Trekkersveld II (RG192) en neerslag rwzi Zeewolde, 1 september 2015 – 1 september 2016

Figuur 3.2 toont de niveau- en debietmetingen van het hemelwatergemaal Trekkersveld II in de periode september 2015 tot september 2016. In figuur 3.3 en figuur 3.4 ziet u dezelfde metingen, maar dan ingezoomd op een natte herfst-/winterperiode (24 november - 24 december 2015) respectievelijk een droge voorjaars-/zomerperiode (20 april - 25 mei 2016).

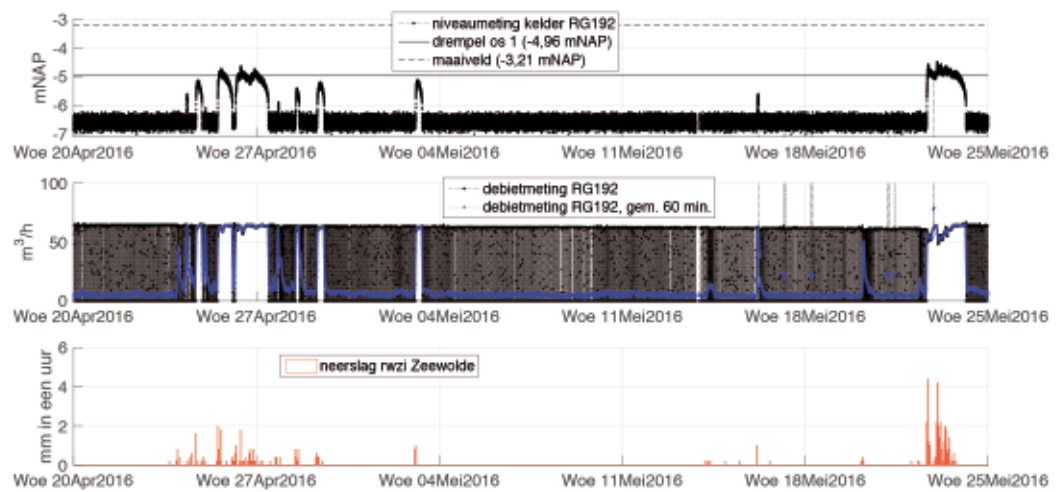
Op basis van de metingen is het volgende te zeggen over het hydraulisch functioneren van het hemelwaterstelsel en -gemaal:

- De gerealiseerde capaciteit van het gemaal neemt gedurende het jaar af van circa 90 m³/h naar circa 65-70 m³/h. Dit kan duiden op bijvoorbeeld geleidelijke luchtinsluiting in de persleiding of een andere beperking waardoor de geïnstalleerde capaciteit niet wordt gehaald.
- Het verpompte volume in de periode 1 september 2015 - 1 september 2016 bedraagt in totaal circa 235.000 m³.
- Ook tijdens dwa voert het stelsel water af naar het gemaal. In de winter (zie figuur 3.3) is een basisafvoer te zien van circa 15-20 m³/h met een langdurige naloop na buien. Op basis van figuur 3.2 is ingeschat dat deze relatief hoge basisafvoer gedurende circa vier maanden voorkomt (medio november 2015 - medio maart 2016). In de rest van het jaar (zie figuur 3.4) ligt de basisafvoer op ongeveer 5-10 m³/h. De totale dwa bedraagt daarmee (4 maanden * 17,5 m³/h + 8 maanden * 7,5 m³/h) ≈ 95.000 m³.
- De dwa-bron is binnen het project niet uitgebreid onderzocht. Wel is tijdens veldbezoeken geconstateerd dat drainageleidingen zijn aangesloten op het hemelwaterstelsel, soms indirect via bermsloten. Waarschijnlijk bestaat de dwa hiermee (gedeeltelijk) uit grondwater. Andere mogelijke dwa-bronnen zijn foutaansluitingen. De resultaten van de waterkwaliteitsmetingen in paragraaf 5.1 bevestigen dit beeld.
- Het verpompte volume tijdens hwa bedraagt op basis van bovengenoemde getallen 235.000 - 95.000 = 140.000 m³. Tabel 3.1 geeft voor hemelwatergemaal Trekkersveld II (RG192) een overzicht van het verpompte volume in de onderzoeksperiode onderverdeeld naar dwa en hwa.



Figuur 3.3 Zoom van figuur 3.2 voor de periode 24 november - 24 december 2015

Figuur 3.4 Zoom van figuur 3.2 voor de periode 20 april - 25 mei 2016



Tabel 3.1 Verpompte volumes hemelwatergemaal Trekkersveld II (RG 192), 1 september 2015 - 1 september 2016

Type afvoer	Verpompt volume [m³]
dwa	95.000
hwa	140.000
totaal	235.000

3.3 VGS-overstorten

Het is niet eenvoudig om de hoeveelheid water in beeld te brengen die de vijf VGS-overstorten naar het watersysteem afvoeren. Er zijn immers geen directe (debiet)metingen gedaan in bijvoorbeeld overstortleidingen. Om toch een indruk te krijgen van het hydraulisch functioneren van de overstorten, zijn drie benaderingen gebruikt:

- Als sluitpost in de waterbalans. Tussen 1 september 2015 en 1 september 2016 is in totaal 851 mm neerslag geregistreerd op de rwzi Zeewolde. Betrokken op een verhard oppervlak van 23,1 ha komt dit overeen met circa 200.000 m³ neerslag. Door inloopverliezen komt een deel hiervan niet tot afstroming, vaak gaat het om 10% tot 40% van de neerslag. De effectief afstromende neerslag bedraagt daarmee 120.000 tot 180.000 m³. De afvoer via het hemelwatergemaal tijdens regen is 140.000 m³ (zie tabel 3.1). Voor de afvoer via de overstorten resteert daarmee een volume tussen de -20.000 m³ en 40.000 m³.
- Met een enkelvoudig bakmodel. Als het hemelwaterstelsel van Trekkersveld II wordt gemodelleerd als een enkelvoudige bak met een berging van 2,4 mm en een poc van 0,39 mm/h, is het vul- en ledigingsgedrag van het stelsel te bestuderen met de gemeten neerslag in de meetperiode (1 september 2015 - 1 september 2016). Hierbij is aangenomen dat elke bui gepaard gaat met een initieel verlies van 0,5 mm en een infiltratieverlies tijdens buien van 0,2 mm/h. Na 6 uur zonder neerslag is sprake van een nieuwe bui. De rekenresultaten laten zien dat van de totale neerslag van 851 mm ongeveer 281 mm (ofwel 33%) niet tot afstroming komt. Van de nettoneerslag voert 95.000 m³ (= 410 mm, ofwel 72%) af via het gemaal en 37.000 m³ (= 160 mm, ofwel 28%) via de overstorten. De hwa via het gemaal ligt lager dan ingeschat op basis van de debietmetingen (zie tabel 3.1).
- Op basis van niveaumetingen bij overstort 1. Bij overstort 1 (locatie A) zijn niveaumetingen beschikbaar in het hemelwaterstelsel en in het ontvangende buitenwater. Figuur 3.5 laat een voorbeeld zien van twee buien: de eerste bui met vrije overstort en de tweede bui met gestuwde overstort. Stuwning treedt op als tijdens een overstorting het niveau in het buitenwater (blauwe lijn in bovenste grafiek) het niveau in het stelsel benadert (rode lijn in bovenste grafiek). De niveaumetingen zijn gebruikt om het overstortvolume in te schatten. Hierbij is de volgende formule toegepast:

$$Q = m \cdot B \cdot h^{3/2}$$

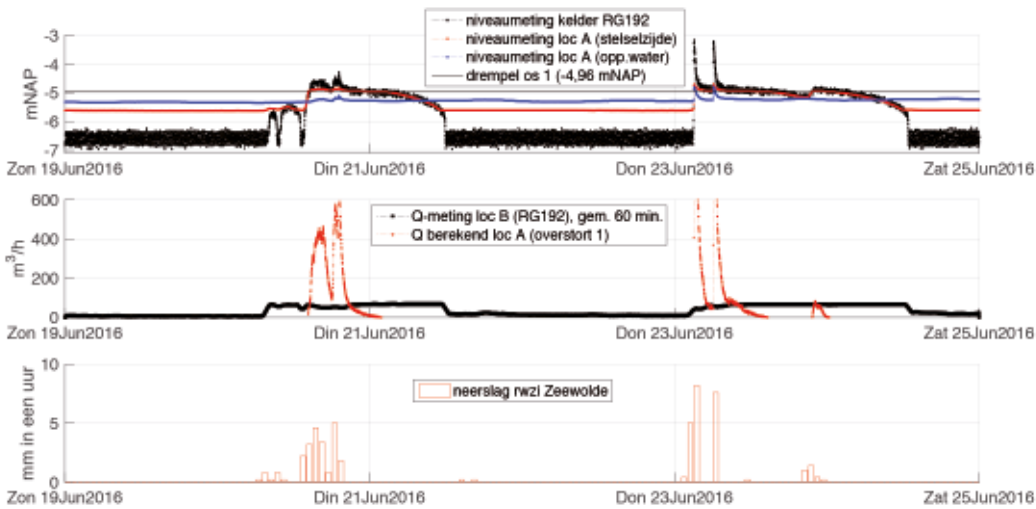
met

m = 1,7 (conform de Leidraad riolering);

B = 3 (breedte overstortdrempel);

h = (gemeten) hoogte van de overstortende straal.

De rekenresultaten geven in de meetperiode (1 september 2015 - 1 september 2016) een overstortvolume van ongeveer 86.000 m³. Belangrijk om op te merken is dat dit alleen het overstortvolume van overstort 1 betreft. De volumes van de andere (hogere) overstorten zijn waarschijnlijk (veel) kleiner, maar dit is zonder lokale niveaumetingen niet te controleren.



Figuur 3.5 Niveaumetingen bij en berekend overstortdebiet over overstort 1 (locatie A) van 19 tot 25 juni 2016 bij twee buien: de eerste bui met vrije overstort, de tweede bui met gestuwde overstort

Resultaten drie benaderingen

In de resultaten van de drie benaderingen zit een grote spreiding in volumes. Dit is inherent aan de grote onzekerheden die gepaard gaan met de berekeningen, zoals het inschatten van inloopverliezen, het daadwerkelijk aangesloten verharde oppervlak, de daadwerkelijke berging van het stelsel en het geen rekening houden met gestuwde afvoer over de overstort.

Op basis van de berekeningen is ingeschat dat de afvoer via de VGS-overstorten van 1 september 2015 tot 1 september 2016 tussen de 20.000 m³ en 60.000 m³ ligt.

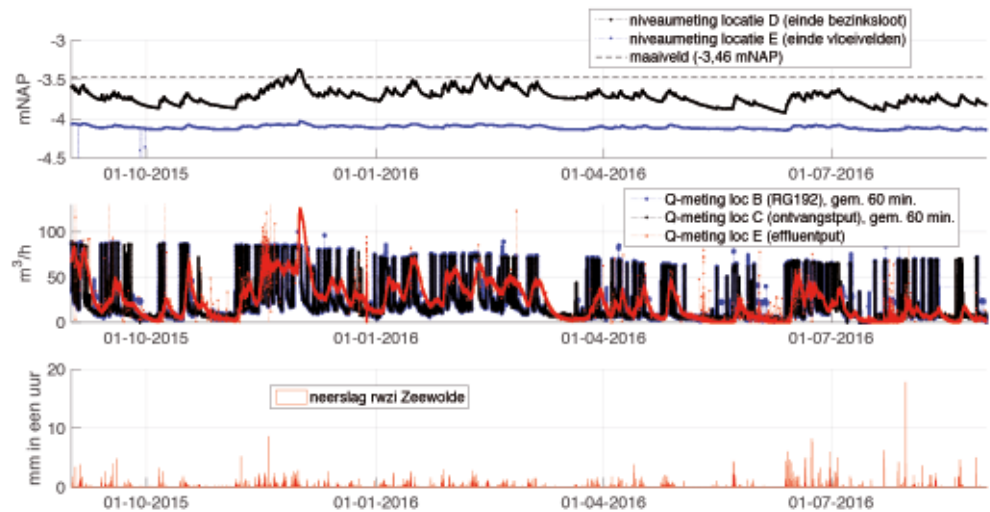
3.4 Helofytenveld

Het dynamisch functioneren van het helofytenveld is in beeld gebracht aan de hand van debietmetingen van het influent (locatie B bij het gemaal en de redundante meting bij de ontvangstput op locatie C) en het effluent (locatie E) en niveaumetingen in het veld (locaties D en E). Figuur 3.6 toont de metingen voor de gehele meetperiode en figuur 3.7 een zoom op de data van 5 tot 9 november 2015 bij een overgang van een droge naar een natte periode.

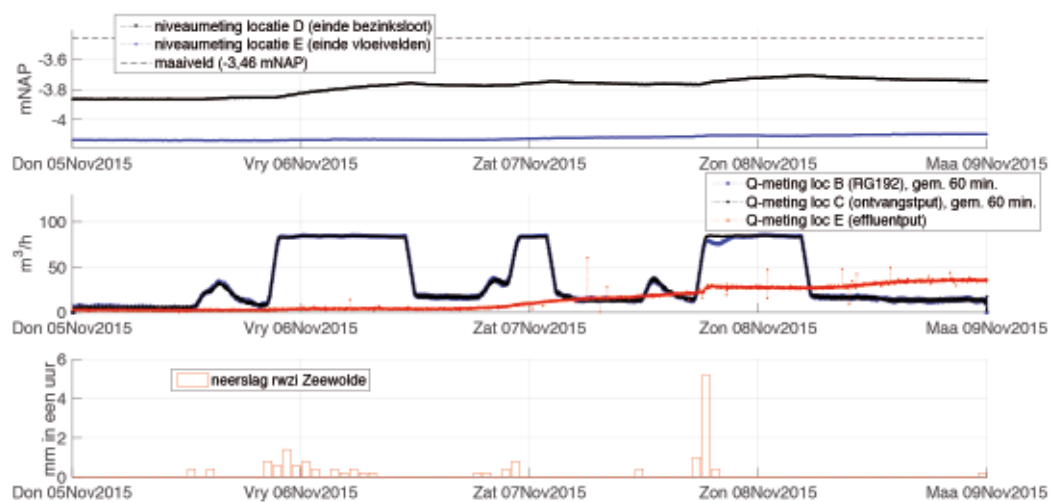
Op basis van deze metingen en aanvullende berekeningen is het volgende te zeggen over het hydraulisch functioneren van het helofytenveld:

- Als het hemelwatergemaal (locatie B) aanslaat, neemt het debiet in de ontvangstput (locatie C) onmiddellijk en in gelijke mate toe. Figuur 3.6 toont dat dit gedurende de gehele meetperiode het geval is (de blauwe en zwarte lijn in de middelste grafiek liggen op elkaar). Dit gegeven bevestigt dat hemelwatergemaal Trekkersveld III tijdens het onderzoek uitgeschakeld is en blijft. Hoewel het debiet in de ontvangstput onmiddellijk toeneemt, komt door de aanwezigheid van de persleiding het 'vers' verpompte water met vertraging aan bij de ontvangstput. Het volume van de persleiding (exclusief de tak naar Trekkersveld III) bedraagt circa 31 m³ en heeft daarmee een verblijftijd van ongeveer 21 minuten (bij een debiet van 90 m³/h). Na het inschakelen van het hemelwatergemaal Trekkersveld II komt de eerste 21 minuten de 'dwa-inhoud' van de persleiding in de ontvangstput, waarna pas het 'verse' (hemel)water arriveert. Met dit gegeven is rekening gehouden bij de monsternamen op locatie C door een vertraging van 21 minuten in te bouwen.

Figuur 3.6 Niveau- en debietmetingen rondom helofytenveld en neerslag rwzi Zeewolde van 1 september 2015 tot 1 september 2016



Figuur 3.7 Zoom van figuur 3.6 voor de periode 5 - 9 november 2015



- De bezinksloot is circa 500 m lang, gemiddeld 6 m breed en gemiddeld 0,6 m diep. Bij deze diepte (die in de tijd sterk kan variëren, zie figuur 3.6) bedraagt de inhoud van de sloot ongeveer 1.750 m³, is de oppervlaktebelasting 0,03 m³/h en is de verblijftijd ruim 19 uur (beide bij een debiet van 90 m³/h). Na het inschakelen van hemelwatergemaal Trekkersveld II komt de instroom naar de sloot vanuit de ontvangstput vrijwel onmiddellijk op gang. Maar het duurt enkele minuten (~8 minuten) voordat ook de stroming aan het eind van de bezinksloot (locatie D, in de duiker naar vloeiveld 1, zie figuur 2.7) op gang komt.
- De drie vloeivelden zijn samen ruim 2.700 m lang, gemiddeld 4 m breed en gemiddeld 0,6 m diep. Daarmee bedraagt de totale inhoud van de velden circa 6.500 m³, is de oppervlaktebelasting 0,008 m³/h en is de verblijftijd ruim 70 uur (bij een debiet van 90 m³/h). Na het inschakelen van hemelwatergemaal Trekkersveld II duurt het ongeveer 30 minuten voordat de 'golf' door het gehele systeem is gegaan en de uitstroom van de vloeivelden naar de effluentput ook toeneemt.
- Naast de beoogde zuiverende werking heeft het helofytenveld een functie als buffer. Pieken in het influent door neerslag planten zich vertraagd en gedempt voort in het effluent. De eerste neerslag op 5 november 2015 (zie figuur 3.7) na een relatief droge periode is onmiddellijk zichtbaar in de afvoer vanuit het hemelwaterstelsel (locatie B en C). Vrij snel daarna ook in het niveau aan het eind van de bezinksloot (locatie D), maar pas na 24 uur in het niveau en debiet aan het eind van de vloeivelden (locatie E).
- In droge perioden kent het veld (nagenoeg) geen afvoer, in natte perioden ligt de afvoer vaak rond de 50-100 m³/h. Begin december 2015 was de afvoer kortstondig bijna 125 m³/h. Waarschijnlijk had dit te maken met kortsluitstromen over het maaiveld (waterstand locatie D boven maaiveld van 29 november tot 2 december, zie figuur 3.6). Ook op 10 en 11 februari 2016 was enkele uren sprake van kortsluitstromen. In deze perioden zijn daarom geen monsters op locaties D en E genomen.
- De afgeleide volumebalans over het helofytenveld voor de periode 1 september 2015 - 1 september 2016 staat in tabel 3.2. Uit de balans blijkt dat de hoeveelheid influent

(vanuit het hemelwaterstelsel) ongeveer 10% groter is dan de hoeveelheid effluent (richting Hoge Vaart). In de volumebalans spelen ook de hoeveelheid neerslag op en verdamping uit het veld een belangrijke rol: circa 10% van de totale instroom is neerslag op het veld. Om de balans te kunnen sluiten, blijkt een kleine sluitpost nodig. Het is niet waarschijnlijk dat deze sluitpost bestaat uit wegzijging uit het veld, omdat het bij aanleg voorzien is van een ondoorlatende bodem. Het is waarschijnlijker dat de sluitpost te wijten is aan onnauwkeurigheden in de overige posten.

IN	[m ³]	UIT	[m ³]
influent vanuit hwa-gemaal	235.000	effluent	205.000
neerslag op veld*	40.000	verdamping uit veld**	30.000
		sluitpost	40.000
totaal	275.000	totaal	275.000

* o.b.v. neerslagsensor op rwzi Zeewolde: 851 mm (1 sept. 2015 - 1 sept. 2016) x 4,7 ha

** o.b.v. KNMI Lelystad, referentiegewasverdamping (Makkink): 582 mm. Openwaterverdamping = 582 mm x 1,25 x 1,7 ha = 12.500 m³; verdamping gras-/rietland = 582 mm x 1,0 x 3,0 ha = 17.500 m³

- Bij het opzetten van het meetprogramma is ervan uitgegaan dat, door de bufferwerking van de bezinkslot en de vloeivelden, op locaties D en E geen sprake meer is van dwa en hwa. De debietmetingen in figuur 3.6 (middelste grafiek) bevestigen dit. Waar het debiet van het influent (locatie C, zwarte lijn) nog direct reageert op neerslag, is dat voor het effluent (locatie E, rode lijn) niet meer het geval. Het effluent uit het helofytenveld wordt eerder gekenmerkt door droge en natte perioden die te koppelen zijn aan de hoeveelheid neerslag over een langere periode en de seizoensafhankelijke grondwaterafvoer.

Om dit nog verder te onderbouwen, staat in tabel 3.3 voor de dagen waarop 24-uurs monsters zijn verzameld op locaties D en E welke volumes op die dagen de meetlocaties gepasseerd zijn. De volumes van locatie D zijn gebaseerd op de debietmetingen op locatie C (hierbij is het buffereffect van de bezinkslot verwaarloosd). De volumes van locatie E zijn gemeten met de debietsensor direct benedenstrooms de effluentput. De tabel vermeldt ook de neerslag over 24 uur en 96 uur. Uit de tabel blijkt dat de neerslag op de monsternamedag inderdaad géén goede voorspeller is van het afgevoerde volume op locaties D en E. Neerslag over een langere periode, in combinatie met het seizoen, zijn betere voorspellers.

Op basis van dit hydraulisch gedrag is de conclusie dat het uitgangspunt voor monstername op locaties D en E (op twaalf willekeurige dagen, in plaats van onderscheid makend tussen dwa en hwa) standhoudt. Of dit ook voor de gemeten waterkwaliteit geldt, leest u in paragraaf 4.5.3.

Monsternamedagen locaties D en E	neerslag in 24h	neerslag in 96h	volume in 24h locatie D	volume in 24h locatie E
zo 06-sep-2015	1,6 mm	19,6 mm	624 m ³	1.826 m ³
zo 04-okt-2015	0,0 mm	0,4 mm	134 m ³	70 m ³
zo 08-nov-2015	0,2 mm	12,0 mm	700 m ³	595 m ³
zo 06-dec-2015	0,6 mm	4,4 mm	459 m ³	1.068 m ³
zo 10-jan-2016	0,4 mm	0,6 mm	395 m ³	827 m ³
zo 07-feb-2016 (E)	2,2 mm	3,2 mm		698 m ³
di 16-feb-2016 (D)	0,0 mm	15,8 mm	469 m ³	
zo 06-mrt-2016 (D)	0,0 mm	9,4 mm	332 m ³	
zo 13-mrt-2016 (E)	0,0 mm	0,2 mm		176 m ³
wo 06-apr-2016	4,0 mm	8,6 mm	1.026 m ³	406 m ³
ma 06-jun-2016	0,0 mm	0,2 mm	89 m ³	36 m ³
wo 08-jun-2016	0,0 mm	0,0 mm	89 m ³	29 m ³
wo 06-jul-2016	0,0 mm	1,0 mm	226 m ³	104 m ³
zo 07-aug-2016	0,0 mm	4,6 mm	156 m ³	195 m ³

Tabel 3.2 Volumebalans helofytenveld 1 september 2015 - 1 september 2016

Tabel 3.3 Neerslag en gepasseerd volume rondom monstername op locaties D en E

4 Meetresultaten waterkwaliteit

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de waterkwaliteitsmetingen. Eerst gaat paragraaf 4.1 in op het begrip waterkwaliteit en de berekening van gemiddelden per periode en per locatie. Daarna komt in paragraaf 4.2 de meetopbrengst aan de orde. De paragrafen 4.3 en 4.4 presenteren respectievelijk de resultaten van monsternamen en van de continue metingen voor de twee meetlocaties in het hemelwaterstelsel (locatie A bij de overstort en locatie C bij het gemaal). In paragraaf 4.5 komen de monsternameresultaten van de twee meetlocaties in het helofytenveld (locatie D na afloop van de bezinksloot en locatie E na afloop van de vloeivelden) aan de orde. Paragraaf 4.6 presenteert de waterkwaliteit van het rwzi-effluent en paragraaf 4.7 de waterkwaliteit in de Hoge Vaart ter hoogte van Zeewolde.

4.1 Bepalen waterkwaliteit

De kwaliteit van het water in het hemelwaterstelsel en helofytenveld kan sterk variëren in de tijd. Deze variatie kan optreden tijdens zowel dwa (bijvoorbeeld door een variërende mix van grondwater en foute aansluitingen) als hwa (tijdens een bui, maar ook van bui tot bui). Om de waterkwaliteit te bepalen, heeft het dan ook weinig zin om steekmonsters te nemen. De analysesresultaten van dergelijke monsters hoeven tenslotte helemaal niet representatief te zijn voor de gemiddelde kwaliteit. In plaats daarvan is gewerkt met tijd- en volume-proportionele bemonstering. Voor elke kleine tijds- of volume-eenheid is een klein monster genomen en geloosd in een groot verzamelvat. Het mengmonster in het verzamelvat is geanalyseerd op waterkwaliteit. Als de bemonstering naar het verzamelvat tijdens één bui of één droogweelperiode heeft plaatsgevonden, geven de analysesresultaten de gemiddelde waterkwaliteit van het water tijdens die specifieke periode. Dit heet ook wel een Event Mean Concentration (EMC).

De kwaliteit van bui tot bui varieert sterk door bijvoorbeeld verschillende stroomsnelheden in de riolering tijdens de bui en/of een verschil in de lengte van de voorafgaande droge periode waarin zich vuil kan ophopen op het verharde oppervlak en in de riolering. Om toch een gemiddeld beeld te krijgen van de waterkwaliteit tijdens hwa, zijn op de locaties A en C veel buien bemonsterd. De afzonderlijke EMC's zijn vervolgens volumeproportioneel gemiddeld en leveren daarmee een 'locatiegemiddelde' waterkwaliteit. Dit heet ook wel een Site Mean Concentration (SMC). Deze SMC wordt beschouwd als representatief voor 'de' kwaliteit van het afstromende hemelwater voor een onderzoekslocatie. Het minimum-aantal monsters voor een betrouwbare SMC is dertig (zie *RIONED, 2010*). Per onderzoekslocatie moeten dus minimaal dertig buien worden bemonsterd voor betrouwbare onderzoeksresultaten.

Voor de dwa uit het hemelwaterstelsel (locatie C), de afvoer in de bezinksloot (locatie D) en de afvoer in de vloeivelden (locatie E) wordt een kleinere variatie in waterkwaliteit verwacht. Op deze locaties is de SMC berekend op basis van twaalf monsters die elk gedurende een periode van 24 uur volumeproportioneel zijn verzameld.

Voor locatie C is sprake van een SMC bij dwa (SMC_{dwa}) en een SMC bij hwa (SMC_{hwa}). De jaargemiddelde SMC is te bepalen door de SMC_{dwa} en de SMC_{hwa} volumeproportioneel te middelen.

4.2 Meetopbrengst

Tabel 4.1 geeft een overzicht van het aantal bemonsteringen per locatie en per weertype in de periode 1 september 2015 - 1 september 2016. Het aantal beschikbare monsters bepaalt het maximaal aantal EMC's per parameter. Voor sommige parameters kan het daadwerkelijke aantal EMC's lager liggen omdat individuele analyses mislukt zijn door bijvoorbeeld het overschrijden van de maximale bewaartermijn die voor sommige parameters stringenter ligt dan voor andere parameters. Het aantal beschikbare analysesresultaten per parameter (n) vindt u in bijlage 2 bij de analysesresultaten van locaties A, C, D en E.

Locatie	Aantal monsters
Locatie A (overstortwater hemelwaterstelsel)	30
Locatie C (effluent gemaal hemelwaterstelsel - influent bezinksloot) dwa	12
Locatie C (effluent gemaal hemelwaterstelsel - influent bezinksloot) hwa	30
Locatie D (effluent bezinksloot - influent vloeivelden)	12
Locatie E (effluent vloeivelden)	12

Tabel 4.1 Aantal beschikbare monsters per locatie en weertype

4.3 Waterkwaliteit locatie A

4.3.1 Monstername

Tabel 4.2 vat de resultaten van de concentratiebepalingen per bui (EMC) voor locatie A (overstort 1 in het hemelwaterstelsel) samen. De tabel toont een selectie van twaalf parameters, de resultaten van alle 55 parameters vindt u in bijlage 2. De tabel geeft per parameter enkele statistische kenmerken, zoals het aantal waarnemingen n (= het aantal EMC's), de 10%- en 90%-percentielwaarden, de mediaan (= de middelste waarneming ofwel de 50%-percentielwaarde), het rekenkundig gemiddelde (= het niet-volumegevoegen gemiddelde) en het volumegevoegen gemiddelde (= de SMC). De SMC's (vetgedrukt in de tabel) worden beschouwd als representatief voor dé waterkwaliteit op deze locatie.

In de tabel staan ook de detectiegrenzen per parameter (derde kolom). De gebruikte analysemethoden in het laboratorium kunnen geen onderscheid maken voor waarden onder deze limiet. Het resultaat wordt in dat geval, bijvoorbeeld voor arseen, gerapporteerd als " $< 0,3 \mu\text{g/l}$ ". Bij het berekenen van statistische kenmerken zijn deze EMC's wél meegenomen, de analyseresultaten tellen dan mee voor 70% van de detectielimiet.

parameter	eenheid	detectie-limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _A	90% percentiel
CZV	mg/l	0	30	16	32,5	35	34	68
ZS	mg/l	5	30	6,9	18	20	25	37,8
NKj	mg/l	0,5	30	0,79	1,25	1,4	1,4	2,2
NH ₄	mg/l	0,1	30	0,29	0,52	0,61	0,67	1,1
NO ₃	mg/l	0,05	30	0,26	0,49	0,49	0,52	0,76
P-tot	mg/l	0	30	0,12	0,18	0,18	0,21	0,32
As	ug/l	0,3	30	2,8	4,6	4,8	5,4	7,67
Cu	ug/l	0,5	30	2,8	6	6,7	7,9	11,8
Pb	ug/l	0,3	30	1,64	3,4	4,1	5,3	7,2
Zn	ug/l	3	30	45	64,5	74	85	129
MinOlie	ug/l	50	30	61,3	160	161	193	279
som PAK-10	ng/l	55				102	142	
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	27	27	390	2.435	1.242	8.160

Tabel 4.2 Selectie analyse-resultaten locatie A

4.3.2 Continue metingen

Met continue sensoren is de dynamiek in waterkwaliteit tijdens buien te bestuderen. Op locatie A brengt een sensor voor turbiditeit het gedrag van onopgelost materiaal in beeld. Zwevende stof kan bijvoorbeeld snel toenemen doordat tijdens een bui de stroming in het riool plotseling versnelt, waardoor eerder in het riool bezonken materiaal opwoelt. Op eenzelfde manier voert tijdens een bui ook (extra) depositie op verhard oppervlak mee. Een sensor voor elektrisch geleidend vermogen (egv, of geleidbaarheid) richt zich op opgeloste stoffen in het regenwater. Met een dergelijke sensor zijn verdunningsprocessen in beeld te brengen. Instromend regenwater heeft vaak een andere geleidbaarheid dan het (grond)water dat vóór een bui in het hemelwaterriool zit.

Figuur 4.1 geeft een voorbeeld van het dynamisch gedrag van de waterkwaliteit gemeten op locatie A. De figuur toont voor dezelfde twee buien als in figuur 3.5 het gemeten water-niveau in het stelsel en in het ontvangende oppervlaktewater (1e grafiek), het in paragraaf 3.3 berekende overstortdebiet (2e grafiek), het gemeten elektrisch geleidend vermogen (egv, groene lijn in 3e grafiek) en de gemeten troebelheid (tur, paarse lijn in 3e grafiek) en de gemeten neerslag (4e grafiek).

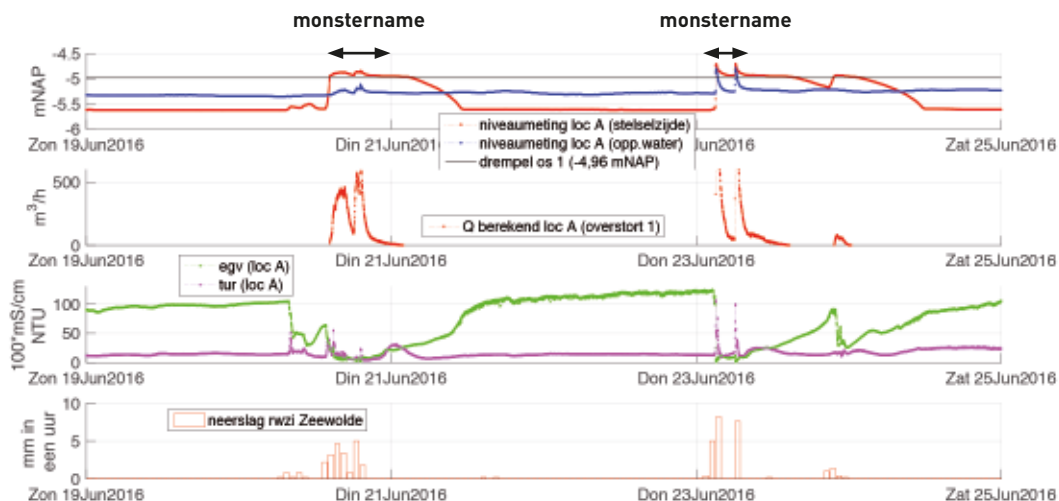
Droog weer

De resultaten zijn conform de verwachting. Bij droog weer vertoont de waterkwaliteit weinig variatie. De troebelheid ligt dan tussen 10 en 20 NTU en de geleidbaarheid rond de 1 mS/cm. (N.B. In de grafiek is egv met een factor 100 geschaald om te kunnen vergelijken met tur.) Het uitblijven van variaties bij droog weer en de grootte van de waarden duiden erop dat tijdens droge perioden (voornamelijk) grondwater in het stelsel zit.

Regen

Bij regen is er (grote) variatie in beide parameters. De troebelheid kan kortstondig fors toenemen en de geleidbaarheid gaat, door verdunning en uiteindelijk verdringing, richting de normale waarde voor regenwater (0,2 - 0,3 mS/cm). Figuur 4.1 toont ook dat de variatie in waterkwaliteit niet volgens een vast patroon gaat, maar kan variëren binnen een bui (intra-event) en van bui tot bui (inter-event). Tijdens de eerste bui op 20 juni vindt de grootste variatie plaats vóórdat de overstort in werking treedt (en de monstername begint), terwijl tijdens de tweede bui op 23 juni grote variaties optreden tijdens de overstorting (en dus tijdens de monstername). Dit gegeven bevestigt de noodzaak om in plaats van steekmonsters tijdproportioneel te bemonsteren gedurende de gehele overstorting en om een flink aantal overstortingen te bemonsteren voor een representatief gemiddelde.

Figuur 4.1 Niveaumetingen, berekend overstortdebiet en waterkwaliteitsmetingen bij overstort 1 (locatie A) van 19 tot 25 juni 2016 (dezelfde twee buien als in figuur 3.5), inclusief monsternamemomenten



4.4 Waterkwaliteit locatie C

4.4.1 Monstername

Tabel 4.3 presenteert voor locatie C (effluent gemaal hemelwaterstelsel, influent bezinksloot) een selectie van de dwa-resultaten, tabel 4.4 een selectie van de hwa-resultaten. De volledige analysesresultaten vindt u in bijlage 2.

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _{C, dwa}	90% percentiel
CZV	mg/l	0	12	32	44	47	43	76
ZS	mg/l	5	12	6,5	14,5	15	14	23,4
NKj	mg/l	0,5	12	1,9	2,6	2,6	2,5	3,0
NH4	mg/l	0,1	12	0,83	1,5	1,42	1,45	1,8
NO3	mg/l	0,05	12	0,15	0,7	0,75	0,91	1,4
P-tot	mg/l	0	12	0,22	0,335	0,35	0,31	0,54
As	ug/l	0,3	12	6,7	9,7	10,8	10,1	17,8
Cu	ug/l	0,5	12	2,6	5,2	17,0	13,9	100,85
Pb	ug/l	0,3	12	0,572	1,8	6,9	5,5	41,2
Zn	ug/l	3	12	21,6	30	37	33	76
MinOlie	ug/l	50	12	50	50	40	42	63
som PAK-10	ng/l	55				40	40	
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	12	3	10	272	206	1.500

Tabel 4.3 Selectie analyse-
resultaten locatie C tijdens dwa

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _{C, hwa}	90% percentiel
CZV	mg/l	0	30	14	27	32	27	65
ZS	mg/l	5	30	7,0	11,5	13	12	22,8
NKj	mg/l	0,5	30	0,7	1,2	1,4	1,2	2,5
NH4	mg/l	0,1	30	0,34	0,65	0,69	0,61	1,1
NO3	mg/l	0,05	30	0,54	0,83	0,86	0,79	1,3
P-tot	mg/l	0	30	0,12	0,155	0,19	0,17	0,27
As	ug/l	0,3	30	3,3	4,45	5,1	4,5	8,47
Cu	ug/l	0,5	30	2,7	5,2	5,7	4,7	9,6
Pb	ug/l	0,3	30	1,68	3,75	4,0	3,2	7,0
Zn	ug/l	3	30	30,1	50	51	45	73
MinOlie	ug/l	50	30	50	75	74	69	119
som PAK-10	ng/l	55				87	87	
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	27	39	280	601	607	1.720

Tabel 4.4 Selectie analyse-
resultaten locatie C tijdens hwa

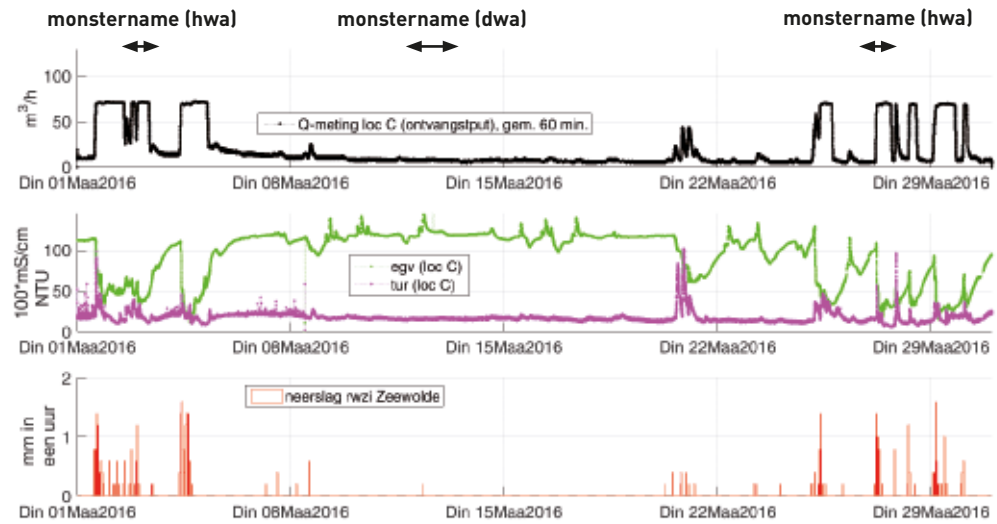
4.4.2 Continue metingen

Figuur 4.2 en figuur 4.3 geven voorbeelden van het dynamisch gedrag van de waterkwaliteit op locatie C (effluent hemelwaterstelsel via gemaal, influent helofytenveld). De figuren tonen voor perioden in maart en juni 2016 het gemeten debiet (1e grafiek), het gemeten elektrisch geleidend vermogen (egv, groene lijn in 2e grafiek) en de gemeten troebelheid (tur, paarse lijn in 2e grafiek) en de gemeten neerslag (3e grafiek).

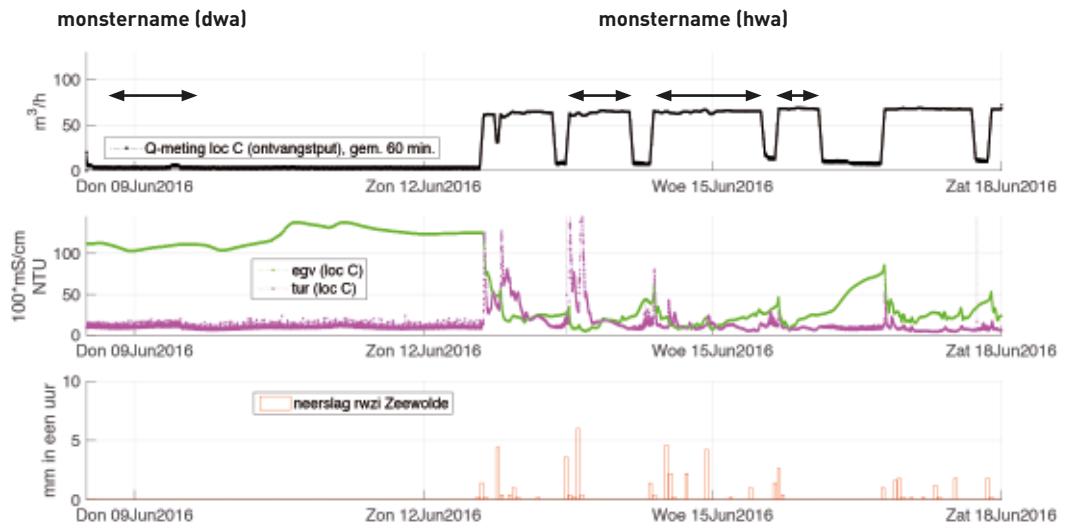
De metingen op locatie C laten globaal een vergelijkbaar gedrag zien als op locatie A: verdunning (te zien in het egv-sigitaal) en opwoeling van bezonken materiaal (te zien in het tur-sigitaal) tijdens hwa. Toch is ook een duidelijk verschil waarneembaar. De egv-metingen bij droog weer vertonen, vooral in maart, een variatie die locatie A niet had. Mogelijk bevat de dwa op locatie C (afval)water uit foutaansluitingen en stroomt dat water niet langs locatie A.

Ook op locatie C is weer sprake van intra-event- en inter-eventvariatie in waterkwaliteit tijdens neerslag. Dit rechtvaardigt de keuze voor meervoudige tijdproportionele monsternamen met monsternamen.

Figuur 4.2 Gemeten debiet en waterkwaliteit bij ontvangstput helofytenveld (locatie C) van 1 tot 31 maart 2016, inclusief monsternamemomenten



Figuur 4.3 Gemeten debiet en waterkwaliteit bij ontvangstput helofytenveld (locatie C) van 9 tot 18 juni 2016, inclusief monsternamemomenten



4.5 Waterkwaliteit locaties D en E

4.5.1 Monstername locatie D

Tabel 4.5 presenteert een selectie van de resultaten voor locatie D (effluent bezinksloot, influent vloeivelden). De volledige analyseresultaten vindt u in bijlage 2.

Tabel 4.5 Selectie analyse-resultaten locatie D

parameter	eenheid	detectie-limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC ^D	90% percentiel
CZV	mg/l	0	12	8	26,5	30	28	58
ZS	mg/l	5	12	5,0	7,2	7	6	10
NKj	mg/l	0,5	12	0,57	0,89	1,1	1,0	1,9
NH4	mg/l	0,1	12	0,10	0,17	0,31	0,25	0,9
NO3	mg/l	0,05	12	0,05	0,67	0,68	0,94	1,5
P-tot	mg/l	0	12	0,07	0,115	0,17	0,11	0,42
As	ug/l	0,3	12	1,7	2,6	4,3	2,8	11,7
Cu	ug/l	0,5	12	3,8	10,15	12,8	12,6	32,1
Pb	ug/l	0,3	12	0,3	0,625	0,9	0,9	2,3
Zn	ug/l	3	12	5,2	16	15	16	27
MinOlie	ug/l	50	12	50	50	35	35	50
som PAK-10	ng/l	55				44	45	
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	11	2	26	150	125	870

4.5.2 Monstername locatie E

Tabel 4.6 presenteert een selectie van de resultaten voor locatie E (effluent vloeivelden). De volledige analyseresultaten vindt u in bijlage 2.

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _E	90% percentiel
CZV	mg/l	0	12	15	25,5	28	24	43
ZS	mg/l	5	12	5,0	5	5	4	8,7
NKj	mg/l	0,5	12	0,50	0,74	0,8	0,7	1,1
NH ₄	mg/l	0,1	12	0,10	0,1	0,10	0,07	0,2
NO ₃	mg/l	0,05	12	0,05	0,06	0,20	0,29	0,7
P-tot	mg/l	0	12	0,04	0,12	0,16	0,11	0,38
As	ug/l	0,3	12	1,3	3,3	3,7	2,8	7,4
Cu	ug/l	0,5	12	1,3	4,55	4,9	4,8	9,98
Pb	ug/l	0,3	12	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4
Zn	ug/l	3	12	3,0	6,5	6	8	11
MinOlie	ug/l	50	12	50	50	35	35	50
som PAK-10	ng/l	55				39	38	
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	11	1	34	208	99	1.620

Tabel 4.6 Selectie analyse-
resultaten locatie E

4.5.3 Controle op willekeur monsternamedagen

Voorafgaand aan het meetproject was voor locaties D en E het uitgangspunt dat door de bufferwerking van de bezinksloot en de vloeivelden op die locaties geen sprake meer is van dwa en hwa. Daarom zijn twaalf 24-uurs monsters verzameld op willekeurige dagen door het jaar.

Om dit uitgangspunt te controleren, ziet u in tabel 4.7 per monstername hoeveel neerslag is gevallen en de analyseresultaten voor de parameters zwevende stof (ZS) en totaal fosfaat (P-tot). Gelet op de ruime verblijftijden van de systemen (zie paragraaf 3.4) vermeldt de tabel niet alleen de neerslag gedurende de 24 uur van monstername, maar ook de som van de neerslag op de monsternamedag en de twee voorafgaande dagen.

De analyseresultaten van zowel ZS als P-tot kennen weinig variatie en laten geen weersafhankelijkheid zien. De waarden van monsters uit 'natte perioden' zijn niet systematisch hoger of lager dan van monsters uit 'droge' perioden. Parameter P-tot lijkt wel een seizoenafhankelijkheid te kennen, de concentraties liggen in de zomermaanden hoger dan in de rest van het jaar. Deze resultaten bevestigen de keuze voor monstername op willekeurige dagen.

Monsternamedagen locaties D en E	neerslag in 24h	neerslag in 96h	ZS [mg/l] (locatie D)	ZS [mg/l] (locatie E)	P-tot [mg/l] (locatie D)	P-tot [mg/l] (locatie E)
zo 06-sep-2015	1,6 mm	19,6 mm	< 5	< 5	0,09	0,15
zo 04-okt-2015	0,0 mm	0,4 mm	10	7	0,19	0,07
zo 08-nov-2015	0,2 mm	12,0 mm	7	< 5	0,12	0,18
zo 06-dec-2015	0,6 mm	4,4 mm	< 5	< 5	0,08	0,06
zo 10-jan-2016	0,4 mm	0,6 mm	7	< 5	0,08	0,05
zo 07-feb-2016 (E)	2,2 mm	3,2 mm		< 5		0,04
di 16-feb-2016 (D)	0,0 mm	15,8 mm	< 5		0,07	
zo 06-mrt-2016 (D)	0,0 mm	9,4 mm	10		0,11	
zo 13-mrt-2016 (E)	0,0 mm	0,2 mm		< 5		0,06
wo 06-apr-2016	4,0 mm	8,6 mm	7	< 5	0,08	0,09
ma 06-jun-2016	0,0 mm	0,2 mm	10	6	0,39	0,23
wo 08-jun-2016	0,0 mm	0,0 mm	10	9	0,43	0,27
wo 06-jul-2016	0,0 mm	1,0 mm	9	8	0,17	0,24
zo 07-aug-2016	0,0 mm	4,6 mm	< 5	9	0,22	0,43

Tabel 4.7 Monsternamedagen
op locaties D en E met
neerslag gedurende 24 en
96 uur en analyseresultaten
voor zwevende stof en
totaal fosfaat

4.6 Waterkwaliteit effluent rwzi Zeewolde

De waterkwaliteit van het rwzi-effluent is bepaald op basis van de analyseresultaten van de reguliere effluentbemonstering door Waterschap Zuiderzeeland. In de onderzoeksperiode (1 september 2015 - 1 september 2016) zijn veertig 24-uurs debietproportionele monsters beschikbaar. Alle veertig monsters zijn geanalyseerd op de tien anorganische parameters uit tabel 2.2 (BZV5, CZV, ZS, NKj, NH₄, NO₂, sNO₂NO₃, NO₃, PO₄ en P-tot). Een gelijkmatig over het jaar verdeelde selectie van vijf monsters is aanvullend geanalyseerd op de metalen, minerale olie en PAK's uit tabel 2.2. De monsters zijn niet onderzocht op hygiënische parameters.

Tabel 4.8 Selectie analyse-resultaten effluent rwzi Zeewolde, 1 september 2015 - 1 september 2016

parameter	eenheid	n	rekenkundig gemiddelde	standaard-deviatie	SMC _{rwzi}
CZV	mg/l	40	45	6,2	45
ZS	mg/l	40	6,9	2,4	7,1
NKj	mg/l	40	4,0	2,0	4,3
NH ₄	mg/l	40	1,6	1,8	1,9
NO ₃	mg/l	40	1,5	1,3	1,5
P-tot	mg/l	40	0,4	0,1	0,4
As	ug/l	5	0,8	0,1	0,82
Cu	ug/l	5	15	5,9	14,8
Pb	ug/l	5	2,16	0,42	2,2
Zn	ug/l	5	122	13	122
MinOlie	ug/l	5	432 (65)*	821 (32)*	416 (52)*
som PAK-10	ng/l	5	40	3	40
<i>E. coli</i>	kve/100ml	-	-	-	-

* monster van 21 juli 2016 extreem hoge waarde voor minerale olie (1.900 µg/l tegen normaal onder 100 µg/l).
Waarden tussen haakjes voor statistieken zonder deze uitbijter.

Tabel 4.8 presenteert een selectie van de analyseresultaten, de volledige analyseresultaten vindt u in bijlage 3. De tabel toont per parameter het rekenkundig gemiddelde (gemiddelde waarde van alle EMC's), de standaarddeviatie van het rekenkundig gemiddelde en het volumegewogen gemiddelde (SMC). Bij het berekenen van de statistische kenmerken wegen waarden onder de detectielimiet mee voor 70% van die detectielimiet.

Het volume rwzi-effluent in de onderzoeksperiode bedraagt ongeveer 1.680.000 m³.

4.7 Waterkwaliteit Hoge Vaart

De waterkwaliteit in de Hoge Vaart is bepaald op basis van de analyseresultaten van de reguliere bemonstering door Waterschap Zuiderzeeland. Het dichtstbijzijnde meetpunt in de Hoge Vaart (ten opzichte van de lozingslocatie van de rwzi Zeewolde) is 'brug Adelaarsweg' (ook wel 'Adelaarsweg visplek' genoemd), circa 5 km ten zuidwesten van de rwzi. Gekozen is om de analyseresultaten van de periode januari 2012 tot en met mei 2016 te gebruiken. In deze periode zijn circa honderd steekmonsters verzameld die op dezelfde parameters zijn geanalyseerd als het hemelwater (zie tabel 2.2), met uitzondering van BZV5, CZV, minerale olie en *E. coli*. De helft van de monsters (circa vijftig) is geanalyseerd op zwevende stof en alle PAK's.

Tabel 4.9 presenteert een selectie van de analyseresultaten, de volledige analyseresultaten vindt u in bijlage 4. De tabel toont per parameter het rekenkundig gemiddelde van de analyseresultaten van alle beschikbare steekmonsters. Bij het berekenen wegen waarden onder de detectielimiet mee voor 70% van die detectielimiet.

parameter	eenheid	detectielimiet	n	rekenkundig gemiddelde
CZV	mg/l	-	-	-
ZS	mg/l	5	53	7,1
NKj	mg/l	0,5	106	1,8
NH4	mg/l	0,1	106	0,54
NO3	mg/l	0,05	106	1,7
P-tot	mg/l	0,04	106	0,10
As	ug/l	1	101	1,7
Cu	ug/l	0,5	100	1,77
Pb	ug/l	0,3 / 0,5	101	0,40
Zn	ug/l	3	100	4,97
MinOlie	ug/l	-	-	-
som PAK-10	ng/l	55	53	57
<i>E. coli</i>	kve/100ml	-	-	-

Tabel 4.9 Selectie analyse-
resultaten bemonstering Hoge
Vaart ('Adelaarsweg Visplek'),
januari 2012 - mei 2016

5 Discussie

Dit hoofdstuk interpreteert en bediscussieert de meetresultaten. In paragraaf 5.1 komen de onderzoeksvragen 1 en 2 aan de orde: wat is de kwaliteit van het afstromende hemelwater bij de overstorten en het gemaal? Paragraaf 5.2 behandelt onderzoeksvraag 3: wat is het zuiveringsrendement van het helofytenveld? Paragraaf 5.3 gaat in op onderzoeksvragen 4 en 5: hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater tot het rwzi-effluent en de Hoge Vaart?

5.1 Onderzoeksvragen 1 en 2

Onderzoeksvragen 1 en 2 gaan over de emissie vanuit het hemelwaterstelsel van Trekkersveld II via de twee mogelijke afvoerroutes:

Vraag 1: wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat vanuit het hemelwaterstelsel via overstorten in het oppervlaktewater terecht komt?

Vraag 2: wat is de kwaliteit van het (hemel)water dat vanuit het hemelwaterstelsel naar het helofytenveld gaat?

Om beide vragen te kunnen beantwoorden, presenteert tabel 5.1 de gemeten waterkwaliteit (55 parameters) van beide deelstromen uit het hemelwaterstelsel. De tabel toont voor locatie A de gemiddelde kwaliteit van het overstortwater (de SMCA) en het aandeel van deze route in de lozing van de jaarvrucht (%VA) vanuit het stelsel. Voor bijvoorbeeld parameter BZV5 is de gemiddelde vuilconcentratie 5,8 mg/l en heeft de overstort 19% van de totale jaarvrucht uit het hemelwaterstelsel afgevoerd. De jaarvrucht voor locatie A is berekend door de SMC te vermenigvuldigen met 40.000 m³, de middelste waarde van de schattingen uit paragraaf 3.3.

Tabel 5.1 Emissie hemelwaterstelsel (SMC en percentage jaarvrucht) via overstort (locatie A) en via gemaal (locatie C, tijdens dwa, hwa en totaal) vergeleken met Regenwaterproject Almere

parameter	eenheid	overstort (locatie A)		gemaal (locatie C)						Almere		
		SMC _A	%V _A	SMC _{C,dwa}	%V _{C,dwa}	SMC _{C,hwa}	%V _{C,hwa}	SMC _C	%V _C	SMC _B	SMC _S	SMC _P
BZV5	mg/l	5,8	19%	2,6	20%	5,2	61%	4,1	81%			
CZV	mg/l	34	15%	43	44%	27	41%	34	85%	27	29	24
ZS	mg/l	25	25%	14	34%	12	42%	13	75%	13	23	23
NKj	mg/l	1,4	12%	2,5	52%	1,2	36%	1,7	88%	1,4	1,2	1,3
NH4	mg/l	0,67	11%	1,45	55%	0,61	34%	1,0	89%	0,48	0,26	0,59
NO2	mg/l	0,03	5%	0,14	59%	0,06	35%	0,1	95%			
sNO2NO3	mg/l	0,55	9%	1,10	43%	0,85	48%	1,0	91%			
NO3	mg/l	0,52	10%	0,91	40%	0,79	51%	0,8	90%	0,71	0,83	1,3
PO4	mg/l	0,02	8%	0,04	43%	0,04	50%	0,04	92%	0,06	0,08	0,03
P-tot	mg/l	0,21	13%	0,31	48%	0,17	38%	0,23	87%	0,18	0,31	0,42
Al	ug/l	430	30%	82	13%	237	57%	175	70%			
Sb	ug/l	2,6	16%	2,7	38%	2,2	46%	2,4	84%			
As	ug/l	5,4	12%	10,1	53%	4,5	35%	6,8	88%	2,7	2,7	13
Ba	ug/l	17	14%	24	49%	13	37%	17	86%			
Be	ug/l	0,04	11%	0,04	26%	0,06	63%	0,05	89%			
Cd	ug/l	0,06	23%	0,02	22%	0,04	55%	0,03	77%	0,2	0,2	0,2
Ca	ug/l	25.979	5%	141.764	68%	37.147	26%	79.439	95%			
Co	ug/l	0,30	14%	0,44	48%	0,24	39%	0,32	86%			
Cr	ug/l	2,1	24%	0,76	21%	1,3	54%	1,1	76%	3,0	5,8	6,3
Fe	ug/l	2.272	16%	2.741	45%	1.617	39%	2.072	84%	950	990	6150
K	ug/l	1.910	7%	7.376	63%	2.449	31%	4.441	93%			
Cu	ug/l	7,9	14%	13,9	57%	4,7	29%	8	86%	9,3	7,1	5,3

parameter	eenheid	overstort (locatie A)		gemaal (locatie C)						Almere		
		SMC _A	%V _A	SMC _{C,dwa}	%V _{C,dwa}	SMC _{C,hwa}	%V _{C,hwa}	SMC _C	%V _C	SMC _B	SMC _S	SMC _P
Hg	ug/l	0,09	40%	0,01	15%	0,03	45%	0,02	60%	0,06	0,05	0,05
Pb	ug/l	5,3	18%	5,5	44%	3,2	38%	4,1	82%	4,1	11,9	3,9
Mg	ug/l	2.441	5%	13.414	69%	3.333	25%	7.408	95%			
Mn	ug/l	509	7%	2.032	69%	478	24%	1.106	93%			
Mo	ug/l	1	11%	1	51%	1	38%	0,98	89%			
Na	ug/l	14.436	5%	84.455	66%	25.087	29%	49.087	95%			
Ni	ug/l	1,4	15%	1,8	45%	1,0	39%	1,3	85%	3,0	5,3	5,7
Sn	ug/l	0,84	29%	0,27	23%	0,39	48%	0,35	71%			
V	ug/l	2,0	17%	1,7	34%	1,6	49%	1,7	83%			
Ag	ug/l	0,75	14%	0,70	32%	0,80	54%	0,76	86%			
Zn	ug/l	85	27%	33	24%	45	49%	40	73%	82	77	25
Sr	ug/l	108	5%	573	68%	154	27%	323	95%			
Te	ug/l	0,14	9%	0,39	57%	0,16	35%	0,26	91%			
Tl	ug/l	0,35	15%	0,35	35%	0,35	51%	0,35	85%			
MinOlie	ug/l	193	36%	42	19%	69	45%	58	64%	85	76	49
C10-C20	%	14		31		15						
C20-C40	%	88		69		85						
Naf	ng/l	7,0	14%	7,2	35%	7,2	51%	7,2	86%			
AcNe	ng/l	7,0	15%	7,0	35%	7,0	51%	7,0	85%			
Fle	ng/l	7,0	15%	7,0	35%	7,0	51%	7,0	85%			
Fen	ng/l	17,5	29%	3,9	15%	9,8	56%	7,4	71%			
Ant	ng/l	3,6	15%	3,5	34%	3,5	51%	3,5	85%			
Flu	ng/l	35,9	32%	4,8	10%	18,3	58%	12,8	68%			
Pyr	ng/l	36,7	35%	4,4	10%	16,6	55%	11,7	65%			
BaA	ng/l	11,6	26%	3,5	19%	7,0	55%	5,6	74%			
Chr	ng/l	13,3	26%	3,5	16%	8,5	58%	6,5	74%			
BbF	ng/l	17,2	28%	3,8	14%	10,3	58%	7,7	72%			
BkF	ng/l	6,9	21%	3,5	25%	5,2	54%	4,5	79%			
BaP	ng/l	13,1	26%	3,5	16%	8,5	58%	6,5	74%			
DBahAnt	ng/l	3,5	15%	3,5	35%	3,5	51%	3,5	85%			
BghiPe	ng/l	18,5	30%	3,5	13%	10,0	56%	7,3	70%			
InP	ng/l	14,0	26%	3,5	15%	9,1	59%	6,8	74%			
som-PAK-10	ng/l	142	26%	40	18%	87	56%	68	74%	100	180	130
E. coli	kve/100ml	1.242	32%	206	13%	607	55%	444	68%	18.770	17.170	1.863

Voor locatie C (hemelwatergemaal) toont de tabel drie waarden: de SMC tijdens dwa (SMC_{C,dwa}), de SMC tijdens hwa (SMC_{C,hwa}) en de jaargemiddelde waterkwaliteit (SMC_C). Ook ziet u weer per afvoerroute het aandeel in de lozing van de jaarvrucht (%V). Voor parameter BZV5 is gemiddeld 2,6 mg/l gemeten in de dwa (95.000 m³, zie paragraaf 3.2) en 5,2 mg/l in de hwa (140.000 m³), wat zich volumeproportioneel middelt tot 4,1 mg/l in de jaarafvoer van 235.000 m³. Daarmee heeft het gemaal 20% van de jaarvrucht BZV5 tijdens droog weer afgevoerd en 61% tijdens regen.

Tabel 5.1 geeft ter vergelijking ook de SMC-waarden van drie onderzoekslocaties uit het Regenwaterproject Almere (SMC_B: Baljuwstraat, SMC_S: Sluis en SMC_P: Palembangweg). Net als in dit onderzoeksproject zijn de waarden in Almere gebaseerd op volumegewogen

middeling van minstens dertig afzonderlijke buien. Schuingedrukte waarden geven aan dat minstens de helft van de analyseresultaten onder de detectiegrens lag, waardoor een statistische interpretatie (zoals een gemiddelde en de SMC) minder betekenis heeft.

Constateringen

- De dwa van het stelsel ($SMC_{C,dwa}$) bevat ten opzichte van de hwa bij het gemaal ($SMC_{C,hwa}$) per m^3 gemiddeld tweemaal zoveel nutriënten (NKj en P-tot) en twee- tot viermaal zoveel van sommige metalen (arsen, calcium, kalium, magnesium, mangaan, natrium en strontium). De vergelijkbare gehalten van enkele van deze stoffen in het grondwater (zie tabel 5.2) suggereren dat de dwa grotendeels uit drainage- en infiltratiewater bestaat. Dat bevestigt de veldwaarneming (zie paragraaf 3.2) dat grondwater via bermsloten op het hemelwaterstelsel is aangesloten. De dwa bevat relatief weinig minerale olie, PAK's en E. coli. De hygiënische betrouwbaarheid van de dwa duidt erop dat er geen (huishoudelijke) fout-aansluitingen zijn.
- De relatief hoge concentratie koper in de dwa is het resultaat van een uitschieter in de data: een van de twaalf droogweerm monsters bevat een concentratie van $140 \mu g/l$, terwijl het gemiddelde van de overige monsters op ongeveer $5 \mu g/l$ ligt. Toch bestaat het vermoeden dat het geen meetfout is, omdat in drie van de twaalf droogweerm monsters van het effluent van de bezinkslot (locatie D) ook relatief hoge concentraties koper ($> 20 \mu g/l$) voorkomen. Mogelijk is sprake van een (industriële) lozing in het hemelwaterstelsel met hoge concentraties koper.
- Conform verwachting bevat de hwa (SMC_A en $SMC_{C,hwa}$) ten opzichte van de dwa ($SMC_{C,dwa}$) hogere concentraties van stoffen die typisch via oppervlakkige afstroming in het hemelwaterstelsel terechtkomen. Voorbeelden zijn enkele PAK's (vooral fluorantheen en pyreen), minerale olie en metalen zoals zink, aluminium, chroom en cadmium. De concentratie E. coli ligt met gemiddeld 600 kve/100 ml op een normale waarde voor afstromend hemelwater. De toename in bacteriën ten opzichte van de dwa is te verklaren door de afspoeling van dierlijke uitwerpselen (honden en vogels). Voor stoffen die in grondwater voorkomen, treedt tijdens hwa juist verdunning op, wat tot lagere concentraties leidt.

Tabel 5.2 Vergelijking waterkwaliteit dwa hemelwatergemaal Trekkersveld II ($SMCC_{dwa}$) met lokaal grondwater

parameter	eenheid	SMCC,dwa	grondwater*
arsen (As)	$\mu g/l$	10,1	[0 - 65]
calcium (Ca)	$\mu g/l$	141.764	[80.000 - 288.000]
magnesium (Mg)	$\mu g/l$	13.414	[12.000 - 154.000]
mangaan (Mn)	$\mu g/l$	2.032	[310 - 1.100]
natrium (Na)	$\mu g/l$	84.455	[40.000 - 605.000]

* range van waarden gebaseerd op vier grondwatermonsters (peilbuizen tot 10 meter onder maaiveld, via DINOloket, locaties B26G0095 (2x), B26G0096 en B260283) en enkele verkennende bodemonderzoeken voor percelen op Trekkersveld

- Het water dat tijdens neerslag over de overstort gaat ($SMCA$), bevat per m^3 circa tweemaal zoveel zwevende stof (ZS) als de hwa via het gemaal ($SMC_{C,hwa}$). Dat is te verklaren door het feit dat het gemaal alle hwa te verwerken krijgt, terwijl de overstort alleen werkt bij grotere en soms intensere neerslag. Intense buien veroorzaken eerder hoogdynamische omstandigheden in het stelsel, waardoor het gehalte zwevende stof in het water hoger ligt. De verwachting is dat stoffen die relatief veel aan zwevende stof zijn gebonden (zie figuur 2.3 in *STOWA, 2007*) daarmee ook in hogere concentraties aanwezig zijn in het overstortwater. Dit is inderdaad het geval voor de metalen lood (Pb), koper (Cu), zink (Zn) en kwik (Hg), voor enkele individuele PAK's en de som PAK-10 en voor minerale olie.
- Hoewel in het overstortwater voor veel stoffen de hoogste gemiddelde concentraties voorkomen, voert het gemaal op jaarbasis toch de grootste vuilvrachten af. Over alle parameters beschouwd, voeren de overstorten 10-40% van de vrachten af ($\%V_A$) tegen 60-90% via het hemelwatergemaal ($\%V_C$). De verklaring hiervoor is uiteraard het grote verschil in afgevoerde volumes: $40.000 m^3$ via de overstort tegen $235.000 m^3$ via het gemaal. Met volumes van dezelfde orde van grootte is de verdeling van vrachten over

de dwa ($\%V_{C,dwa}$) en hwa ($\%V_{C,hwa}$) in lijn met de constatering voor vuilconcentraties: voor stoffen die vooral in grondwater zitten, is de afgevoerde vracht tijdens droog weer relatief groot en voor stoffen in afstromend hemelwater juist tijdens regen.

- De gemeten vuilconcentraties in Trekkersveld zijn voor de meeste parameters van vergelijkbare grootte als gemeten in Almere. Daarmee lijkt de functie van het gebied (Almere: twee woonwijken en een centrumgebied met drukke weg; Trekkersveld: industriegebied met veel logistiek) van minder invloed op de waterkwaliteit dan verwacht.

5.2 Onderzoeksvraag 3

Onderzoeksvraag 3 luidt: wat is het zuiveringsrendement van het helofytenveld, onderverdeeld in rendement van de bezinksloot en rendement van de vloeivelden?

Tabel 5.3 presenteert de zuiveringsrendementen van het helofytenveld. Het rendement van de bezinksloot is afgeleid door de gemeten waterkwaliteit van het influent op locatie C (SMC_C) en het effluent van de bezinksloot op locatie D (SMC_D) met elkaar te vergelijken. Het rendement van de vloeivelden volgt uit de vergelijking van locaties D en E. Het totale rendement van het helofytenveld (dus bezinksloot en vloeivelden) is gebaseerd op de vergelijking van analyseresultaten op locaties C en E.

Constateringen

- Het verwijderingsrendement op zwevende stof ligt voor de bezinksloot op circa 50% en voor de vloeivelden net onder de 40%. Dat geeft een rendement van ruim 70% voor het gehele helofytenveld. Door de binding aan zwevende stof behalen veel zware metalen en PAK's (voor zover boven de detectiegrens) ook ruime rendementen. De verdeling over bezinksloot en vloeivelden is bij deze parameters grillig en niet consistent. Voor sommige parameters behaalt de bezinksloot het grootste rendement, terwijl voor andere parameters het rendement juist in de vloeivelden het grootst is.
- Ook voor veel nutriënten ligt het totale rendement (ruim) boven de 50%. Voor P-totaal lijkt dit vooral door bezinking in de bezinksloot te komen en minder door bacteriologische activiteit en vastlegging in flora in de vloeivelden. Het totale rendement van orthofosfaat (PO₄) over het veld is negatief (-40%) doordat PO₄ uit de waterbodem vrijkomt. Ammonium (NH₄) en Kjeldahl-stikstof (NKj) kennen ongeveer gelijke rendementen voor bezinksloot en vloeivelden.
- Voor opgeloste stoffen zoals kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg) is de verwachting dat het helofytenveld weinig effect heeft. Dit klopt met de metingen kijkend naar het totale rendement over het helofytenveld (respectievelijk -8%, -1% en 4%). Maar dat klopt niet voor de afzonderlijke rendementen van bezinksloot en vloeivelden. In de bezinksloot is sprake van een positief rendement (respectievelijk 16%, 21% en 19%) terwijl de daaropvolgende vloeivelden soortgelijke, maar negatieve rendementen behalen. Deze rendementen zijn niet logisch en slecht verklaarbaar. Mogelijk introduceert de meetopstelling op locatie D een onbekende, maar systematische fout in de metingen.
- Bacteriologisch heeft de bezinksloot een fors rendement: ruim 70%. De vloeivelden laten een klein rendement zien van ongeveer 20%. In totaal geeft de passage door het helofytenveld een rendement van bijna 80%.
- Het fors negatieve verwijderingsrendement op naftaleen in de bezinksloot komt door een uitschieter in de data: één droogweermmonster van locatie D bevat 50 ng/l terwijl de overige elf monsters niet boven de detectielimiet (10 ng/l) uitkomen. In geen enkel ander monster op locaties A, C, D en E is een dergelijke hoge concentratie gemeten, het vermoeden is dan ook dat de meting een uitschieter is. Het negatieve rendement op koper in de bezinksloot houdt verband met een extreem hoge concentratie koper in een van de monsters op locatie C (zie paragraaf 5.1).
- In de berekening van verwijderingsrendementen is geen rekening gehouden met eventuele extra aanvoer van vuilstoffen via onder meer depositie, neerslag en vogels. Mogelijk zijn de werkelijke rendementen (iets) hoger dan tabel 5.3 vermeldt.

Tabel 5.3 Verwijderingsrendementen bezinksloot, vloeivelden en totaal

parameter	eenheid	bezinksloot			vloeivelden			sloot+velden
		influent [SMC _C]	effluent [SMC _D]	rendement	influent [SMC _D]	effluent [SMC _E]	rendement	rendement
BZV5	mg/l	4,1	2,6	38%	2,6	1,2	52%	70%
CZV	mg/l	34	28	16%	28	24	14%	28%
ZS	mg/l	13	6	52%	6	4	39%	71%
NKj	mg/l	1,7	1,0	41%	1,0	0,7	30%	58%
NH4	mg/l	1,0	0,25	74%	0,25	0,07	70%	92%
NO2	mg/l	0,1	0,05	48%	0,05	0,01	70%	84%
sNO2NO3	mg/l	1,0	0,99	-4%	0,99	0,29	70%	69%
NO3	mg/l	0,8	0,94	-12%	0,94	0,29	69%	65%
PO4	mg/l	0,04	0,03	11%	0,03	0,05	-58%	-40%
P-tot	mg/l	0,23	0,11	50%	0,11	0,11	-1%	50%
Al	ug/l	175	94	46%	94	38	60%	78%
Sb	ug/l	2,4	2,2	9%	2,2	0,6	74%	76%
As	ug/l	6,8	2,8	58%	2,8	2,8	2%	59%
Ba	ug/l	17	12	33%	12	7	39%	59%
Be	ug/l	0,05	0,04	27%	0,04	0,04	2%	29%
Cd	ug/l	0,03	0,02	33%	0,02	0,03	-31%	12%
Ca	ug/l	79.439	63.043	21%	63.043	80.511	-28%	-1%
Co	ug/l	0,32	0,15	54%	0,15	0,16	-6%	51%
Cr	ug/l	1,1	0,91	17%	0,91	0,61	33%	44%
Fe	ug/l	2.072	765	63%	765	406	47%	80%
K	ug/l	4.441	3.747	16%	3.747	4.781	-28%	-8%
Cu	ug/l	8	12,6	-49%	12,6	4,8	62%	43%
Hg	ug/l	0,02	0,02	30%	0,02	0,01	44%	61%
Pb	ug/l	4,1	0,9	77%	0,9	0,2	77%	95%
Mg	ug/l	7.408	6.021	19%	6.021	7.147	-19%	4%
Mn	ug/l	1.106	297	73%	297	263	11%	76%
Mo	ug/l	0,98	1	26%	1	1	4%	29%
Na	ug/l	49.087	42.906	13%	42.906	43.704	-2%	11%
Ni	ug/l	1,3	1,1	14%	1,1	0,9	21%	32%
Sn	ug/l	0,35	0,19	44%	0,19	0,16	20%	55%
V	ug/l	1,7	0,8	51%	0,8	0,7	14%	58%
Ag	ug/l	0,76	0,70	7%	0,70	0,70	0%	7%
Zn	ug/l	40	16	59%	16	8	53%	81%
Sr	ug/l	323	264	18%	264	315	-19%	3%
Te	ug/l	0,26	0,19	27%	0,19	0,23	-23%	10%
Tl	ug/l	0,35	0,35	0%	0,35	0,35	0%	0%
MinOtie	ug/l	58	35	40%	35	35	0%	40%
C10-C20	%					25		
C20-C40	%					75		
Naf	ng/l	7,2	11,3 (7,0)*	-58%	11,3 (7,0)*	7,0	38%	2%
AcNe	ng/l	7,0	7,0	0%	7,0	7,0	0%	0%
Fle	ng/l	7,0	7,0	0%	7,0	7,0	0%	0%
Fen	ng/l	7,4	4,3	42%	4,3	3,5	18%	53%

parameter	eenheid	bezinksloot			vloeivelden			sloot+velden
		influent [SMC _C]	effluent [SMC _D]	rendement	influent [SMC _D]	effluent [SMC _E]	rendement	rendement
Ant	ng/l	3,5	3,5	0%	3,5	3,5	0%	0%
Flu	ng/l	12,8	4,4	65%	4,4	3,5	21%	73%
Pyr	ng/l	11,7	4,3	63%	4,3	3,5	19%	70%
BaA	ng/l	5,6	3,5	37%	3,5	3,5	0%	37%
Chr	ng/l	6,5	3,5	46%	3,5	3,5	0%	46%
BbF	ng/l	7,7	4,0	47%	4,0	3,5	14%	54%
BkF	ng/l	4,5	3,5	23%	3,5	3,5	0%	23%
BaP	ng/l	6,5	3,5	46%	3,5	3,5	0%	46%
DBahAnt	ng/l	3,5	3,5	0%	3,5	3,5	0%	0%
BghiPe	ng/l	7,3	3,8	48%	3,8	3,5	9%	52%
InP	ng/l	6,8	3,9	42%	3,9	3,5	27%	58%
som PAK-10	ng/l	68	45	33%	45	39	16%	44%
<i>E. coli</i>	kve/100ml	444	125	72%	125	99	21%	78%

* zonder uitschieter van 50 ng/l naftaleen komt de SMCD op 7,0 ng/l

Verwijderde vuilvrachten bij zuiveren rwzi-effluent

De rendementen van zes helofytenvelden die in Nederland rwzi-effluent nabehandelen, staan in STOWA (2005). Tabel 5.4 presenteert voor enkele parameters de range en het (rekenkundig) gemiddelde van die gemeten rendementen. Onder de aanname dat het gemiddelde rendement uit de tabel wordt behaald, is per parameter de jaarlijkse vracht berekend die het helofytenveld in Zeewolde zou kunnen afvangen als het veld het rwzi-effluent zou nabehandelen (rechterdeel van de tabel). Ter vergelijking ziet u in het linkerdeel van de tabel de daadwerkelijk afgevangen vracht tijdens het onderzoeksjaar.

Ondanks de hogere rendementen bij de behandeling van het hemelwater van Trekkersveld II zou het helofytenveld veel meer vracht kunnen afvangen bij de nabehandeling van rwzi-effluent. Voor zwevende stof scheelt het ongeveer een factor 2, voor P-totaal een factor 3, voor BZV5 ruim een factor 4, voor N-totaal bijna een factor 7 en voor zink en koper een factor 10 en 14. De grote vrachtverschillen ontstaan doordat het jaarlijkse volume rwzi-effluent veel groter is dan het jaarlijkse volume (hemel)water en doordat van sommige stoffen de rwzi-effluentconcentraties hoger liggen dan de concentraties in het afgevoerde (hemel)water.

parameter	hemelwater Trekkersveld II (235.000 m ³)			effluent rwzi Zeewolde (1.680.000 m ³)		
	SMC _C	rendement	verwijderde vracht	effluent	rendement**	potentieel verw. vracht
BZV5	4,1 mg/l	70%	674 kg	3,5 mg/l	51% [40 - 62]	2.999 kg
CZV	34 mg/l	28%	2.237 kg	45 mg/l	19% [14 - 24]	14.364 kg
ZS	13 mg/l	71%	2.169 kg	7,1 mg/l	39% [23 - 63]	4.652 kg
N-tot	2,7 mg/l*	63%	400 kg	5,9 mg/l*	27% [6 - 63]	2.676 kg
P-tot	0,23 mg/l	50%	27 kg	0,4 mg/l	12% [8 - 21]	81 kg
koper (Cu)	8 µg/l	43%	0,81 kg	14,8 µg/l	45% [30 - 60]	11,2 kg
zink (Zn)	40 µg/l	81%	7,6 kg	122 µg/l	37% [29 - 44]	75,8 kg

* som van NKj, NO2 en NO3

** gebaseerd op STOWA (2005)

Tabel 5.4 Vergelijking (potentieel) verwijderde vuilvrachten bij inzet helofytenveld voor zuivering van hemelwater vanuit Trekkersveld II en als nabehandeling van rwzi-effluent

5.3 Onderzoeksvragen 4 en 5

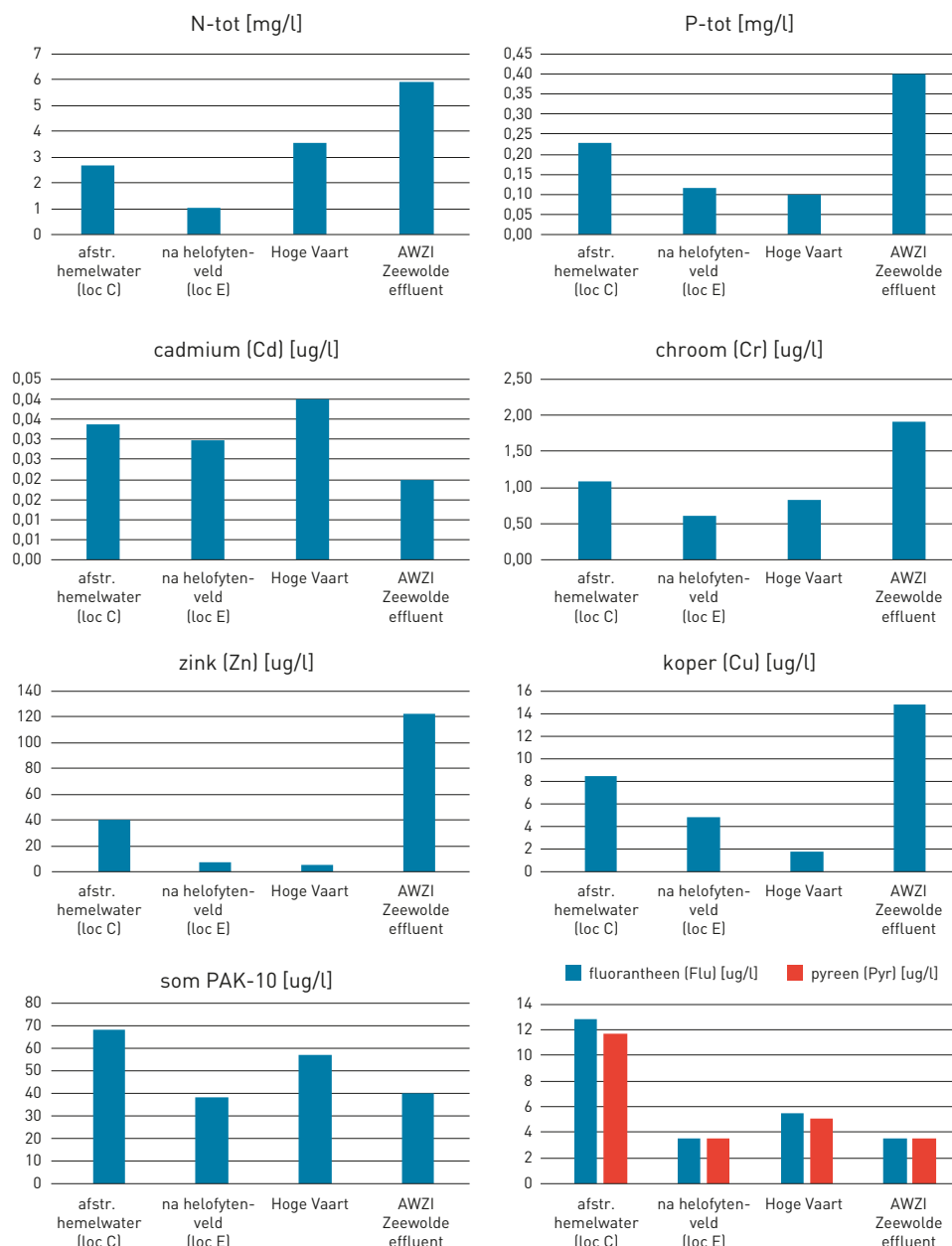
Onderzoeksvragen 4 en 5 gaan over de kwaliteit van het afstromende hemelwater vergeleken met de kwaliteit van het effluent van rwzi Zeewolde en de waterkwaliteit in het ontvangende oppervlaktewater in de Hoge Vaart.

Vraag 4: hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater met de kwaliteit van het rwzi-effluent?

Vraag 5: hoe verhoudt zich de kwaliteit van het afstromende hemelwater met de waterkwaliteit in de Hoge Vaart?

Tabel 5.5 presenteert de gemeten kwaliteit van het overstortwater (locatie A), van het water dat het gemaal afvoert (locatie C) en het door het helofytenveld gezuiverde water (locatie E) vergeleken met de kwaliteit van het rwzi-effluent en het water in de Hoge Vaart. Figuur 5.1 geeft dezelfde vergelijking grafisch weer voor enkele belangrijke parameters.

Figuur 5.1 Kwaliteit afstromend hemelwater (via het gemaal, locatie C en na behandeling in het helofytenveld, locatie E) vergeleken met waterkwaliteit Hoge Vaart en rwzi-effluent, op basis van gegevens in tabel 5.5



Constateringen

- De concentraties nutriënten in het via het VGS-gemaal afgevoerde hemel- en grondwater wijken niet veel af van die in de Hoge Vaart, N-totaal ligt iets lager en P-totaal iets hoger. Met andere woorden, het 'onbehandelde' hemel- en grondwater is qua nutriënten ongeveer van gelijke kwaliteit als het water in de Hoge Vaart. Na behandeling in het helofytenveld zijn de gehalten nutriënten nog kleiner, waardoor het afgevoerde water voor stikstofcomponenten beduidend schoner is dan de Hoge Vaart en voor fosforcomponenten

ongeveer dezelfde kwaliteit heeft als het ontvangende oppervlaktewater. Het rwzi-effluent bevat ten opzichte van het water in de Hoge Vaart twee- tot viermaal zoveel nutriënten.

- Ook voor veel zware metalen geldt dat het afgevoerde water vanuit het VGS van ongeveer gelijke kwaliteit is als het oppervlaktewater, veel concentraties liggen binnen een range van een half tot tweemaal de concentraties in de Hoge Vaart. Voorbeelden hiervan zijn cadmium (Cd) en chroom (Cr) (zie figuur 5.1). Na passage van het helofytenveld liggen de concentraties van deze metalen nog lager en is het effluent van het veld vaak schoner dan het ontvangende oppervlaktewater. Voor vier metalen gaan deze observaties niet op. De concentraties arseen (As), koper (Cu), zink (Zn) en lood (Pb) zijn bij het binnenstromen van het veld vier- tot tienmaal hoger dan in de Hoge Vaart. Door het zeer hoge verwijderingsrendement van lood (95%, zie tabel 5.3) is het gehalte van deze stof na behandeling in het helofytenveld lager dan in de Hoge Vaart. De gehalten arseen, koper en zink blijven daarentegen ook na behandeling (ietwat) hoger dan in het oppervlaktewater (zie figuur 5.1). De concentraties koper en zink in het effluent van de rwzi Zeewolde liggen (fors) hoger dan in de Hoge Vaart en het water uit het VGS. Ook de concentratie lood in het rwzi-effluent is beduidend hoger dan in de Hoge Vaart, maar is wel vergelijkbaar met die in het water uit het hemelwaterstelsel.
- Het via het VGS-gemaal afgevoerde water bevat voor enkele PAK's (vooral fluorantheen en pyreen, zie figuur 5.1) concentraties die ruim boven de concentraties in de Hoge Vaart uitkomen. Dat geldt zeker als in plaats van het jaargemiddelde alleen de hwa in beschouwing wordt genomen ($SMC_{C,hwa}$, zie tabel 5.1). Maar de som PAK-10 van het afstromende hemelwater ligt slechts marginaal hoger dan in de Hoge Vaart. Na behandeling in het helofytenveld bevat het hemelwater geen PAK-concentraties meer boven de detectielimiet. Ook in het water in de Hoge Vaart en in het rwzi-effluent komen slechts af en toe PAK-concentraties boven de detectielimieten voor.

parameter	eenheid	detectie-limiet	locatie A (overstort)	locatie C (hwa-gemaal)	locatie E (na helofyten)	effluent rwzi Zeewolde	Hoge Vaart (br Adelaarsweg)
BZV5	mg/l	1 / 2	5,8	4,1	1,2	3,5	1,7
CZV	mg/l	-	34	34	24	45	-
ZS	mg/l	5	25	13	4	7,1	7,1
NKj	mg/l	0,5	1,4	1,7	0,7	4,3	1,8
NH4	mg/l	0,1	0,67	1,0	0,07	1,9	0,54
NO2	mg/l	0,02	0,03	0,1	0,01	0,1	0,05
sNO2NO3	mg/l	0,05	0,55	1,0	0,29	1,6	1,75
NO3	mg/l	0,05	0,52	0,8	0,29	1,5	1,7
PO4	mg/l	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	0,03
P-tot	mg/l	0,04	0,21	0,23	0,11	0,4	0,10
Al	ug/l	50	430	175	38	74	87
Sb	ug/l	0,6 / 1,0	2,6	2,4	0,6	3,8	0,8
As	ug/l	1	5,4	6,8	2,8	0,82	1,7
Ba	ug/l	1	17	17	7	18	39
Be	ug/l	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
Cd	ug/l	0,05	0,06	0,03	0,03	0,02	0,04
Ca	ug/l	0	25.979	79.439	80.511	49.438	178.213
Co	ug/l	0,2	0,30	0,32	0,16	0,55	0,24
Cr	ug/l	0,5 / 1,0	2,1	1,1	0,61	1,91	0,83
Fe	ug/l	0,1	2.272	2.072	406	639	261
K	ug/l	0	1.910	4.441	4.781	21.679	9.000
Cu	ug/l	0,5	7,9	8	4,8	14,8	1,77

Tabel 5.5 Kwaliteit afstromend hemelwater (via overstort, locatie A en via gemaal, locatie C en na behandeling in helofytenveld, locatie E) vergeleken met rwzi-effluent en waterkwaliteit Hoge Vaart

parameter	eenheid	detectie- limiet	locatie A (overstort)	locatie C (hwa-gemaal)	locatie E (na helofyten)	effluent rwzi Zeewolde	Hoge Vaart (br Adelaarsweg)
Hg	ug/l	0,01	0,09	0,02	0,01	0,01	0,01
Pb	ug/l	0,3 / 0,5	5,3	4,1	0,2	2,2	0,40
Mg	ug/l	100	2.441	7.408	7.147	4.762	27.686
Mn	ug/l	10	509	1.106	263	146	335
Mo	ug/l	1	1	0,98	1	1,4	1,0
Na	ug/l	0	14.436	49.087	43.704	87.001	118.000
Ni	ug/l	1	1,4	1,3	0,9	2,2	2,13
Sn	ug/l	0,2	0,84	0,35	0,16	0,59	0,2
V	ug/l	1	2,0	1,7	0,7	0,70	1,09
Ag	ug/l	1	0,75	0,76	0,70	0,70	1,01
Zn	ug/l	3	85	40	8	122	4,97
Sr	ug/l	0,2	108	323	315	158	743
Te	ug/l	0,2	0,14	0,26	0,23	0,18	0,61
Tl	ug/l	0,5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,5
MinOlie	ug/l	-	193	58	35	416 (52)	-
C10-C20	%	-	14	21	25	-	-
C20-C40	%	-	88	79	75	-	-
Naf	ng/l	10	7,0	7,2	7,0	7,0	10,9
AcNe	ng/l	10	7,0	7,0	7,0	7,0	12,1
Fle	ng/l	10	7,0	7,0	7,0	7,0	10,6
Fen	ng/l	5	17,5	7,4	3,5	5,4	5,8
Ant	ng/l	5	3,6	3,5	3,5	3,5	5,0
Flu	ng/l	5	35,9	12,8	3,5	3,5	5,5
Pyr	ng/l	5	36,7	11,7	3,5	3,5	5,1
BaA	ng/l	5	11,6	5,6	3,5	3,5	5,0
Chr	ng/l	5	13,3	6,5	3,5	3,5	5,0
BbF	ng/l	5	17,2	7,7	3,5	3,5	5,0
BkF	ng/l	5	6,9	4,5	3,5	3,5	5,0
BaP	ng/l	5	13,1	6,5	3,5	3,5	5,0
DBahAnt	ng/l	5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,0
BghiPe	ng/l	5	18,5	7,3	3,5	3,5	5,0
InP	ng/l	5	14,0	6,8	3,5	3,5	5,0
som PAK-10	ng/l	55	142	68	39	40	57
<i>E. coli</i>	kve/100ml	-	1.242	444	99	-	-

6 Conclusies

Gemaal

De afvoer via de hemelwaterpomp van het gemaal vertoont een duidelijk verschil tussen de afvoer tijdens droog weer (dwa) en de afvoer tijdens neerslag (hwa). Ongeveer 40% van het jaarlijks afgevoerde volume via de hemelwaterpomp is afvoer tijdens droogweer. De gemiddelde samenstelling daarvan suggereert dat grondwater de belangrijkste bron is, mogelijk aangevuld met (industriële) foutaansluitingen met incidenteel hoge koperconcentraties. De overige 60% van het jaarlijks door de hemelwaterpomp afgevoerde volume is afvoer tijdens regenweer. Conform verwachting bevat deze hwa hogere concentraties stoffen die typisch via oppervlakkige afstroming van daken en straten in het hemelwaterstelsel terechtkomen, zoals sommige PAK's, minerale olie, sommige zware metalen en E. coli.

Overstorten

Op jaarbasis verlaat ongeveer een kwart van de afstromende neerslag het hemelwaterstelsel via de overstort. Het overstortende water bevat (per m³) zoals verwacht meer zwevende stof dan de hwa via het gemaal. Ook de concentraties zware metalen, veel individuele PAK's, de som PAK-10 en minerale olie liggen (daarmee) in het overstortwater hoger dan in de hwa via het gemaal. Hoewel in het overstortwater voor veel stoffen de hoogste gemiddelde concentraties voorkomen, voert het gemaal op jaarbasis toch de grootste vuilvrachten af. Over alle parameters beschouwd, voeren de overstorten 10 - 40% van de vrachten af tegen 60 - 90% via het hemelwatergemaal.

Invloed functie gebied

De gemeten vuilconcentraties in het afstromende hemelwater in Trekkersveld zijn voor de meeste parameters van vergelijkbare grootte als in het Regenwaterproject Almere. Daarmee lijkt de functie van het gebied (Almere: woonwijken; Trekkersveld: industriegebied) van minder invloed op de waterkwaliteit dan verwacht.

Helofytenveld

Het helofytenveld kent bij de behandeling van het grond- en hemelwater voor veel parameters grote verwijderingsrendementen: ruim 70% voor zwevende stof, 44% voor som PAK-10, tot 80% voor de meeste zware metalen, 50 - 90% voor nutriënten en ruim 70% voor E. coli. De bezinksloot behaalt conform verwachting het grootste rendement op zwevende stof en daaraan gebonden verontreinigingen. Ondanks deze hoge rendementen zou het helofytenveld nog veel meer vuilvracht kunnen afvangen als het het rwzi-effluent zou nabehandelen. Afhankelijk van de parameter ligt de 'vangst' dan een factor 2 tot 14 hoger.

Hoge Vaart

Ten opzichte van de waterkwaliteit in de Hoge Vaart bevat het afstromende hemelwater uit Trekkersveld II ongeveer gelijke of ietwat hogere concentraties nutriënten, zware metalen en PAK's. De concentraties van vier metalen (arsen, koper, zink en lood) en twee PAK's (fluorantheen en pyreen) liggen beduidend hoger in het afstromende hemelwater dan in het oppervlaktewater. De passage door het helofytenveld brengt voor bijna alle stoffen de gehalten in het hemelwater zodanig terug dat het minstens even 'schoon' wordt als het Hoge Vaart-water.

Effluent rwzi Zeewolde

Het effluent van de rwzi Zeewolde bevat veel hogere concentraties nutriënten dan de Hoge Vaart en het afstromende hemelwater. De concentraties koper en zink in het effluent liggen ook fors hoger dan in de Hoge Vaart en het (nog niet behandelde) water uit het VGS. Ook de concentratie lood in het rwzi-effluent is beduidend hoger dan in de Hoge Vaart, maar wel vergelijkbaar met het water uit het hemelwaterstelsel.

Bijvangsten

Naast antwoorden op de onderzoeksvragen heeft het onderzoek nog enkele bijvangsten opgeleverd. Uit de analyse van metingen blijkt dat de capaciteit van het hemelwatergemaal tijdens het onderzoeksjaar afneemt (oorzaak vooralsnog onbekend) en dat de capaciteit van het vuilwatergemaal groter is dan de administratieve waarde. Ook blijkt dat het vuilwaterstelsel een deel van de afstromende neerslag richting rwzi afvoert en dat het hemelwaterstelsel bij droog weer een forse hoeveelheid grondwater verwerkt. Ten slotte lijken een of meerdere foutaansluitingen op het hemelwaterstelsel aanwezig die incidenteel voor hoge concentraties koper zorgen.

Optimale inzet helofytenveld

Waterschap Zuiderzeeland denkt momenteel na over de optimale inzet van het helofytenveld. Dit rapport toont de rendementen van het helofytenveld bij behandeling van hemelwater en (in potentie) bij behandeling van rwzi effluent. Het effect van de effluentlozing uit het helofytenveld op de ecologie van de Hoge Vaart kan nu voor deze twee varianten worden bepaald met behulp van de ecologische sleutelfactoren. Dit verschil in effect ondersteunt de keuze tussen:

- wederom inzet van het helofytenveld voor de nabehandeling van het rwzi-effluent, of
- blijvende inzet van het helofytenveld voor de behandeling van afstromend hemelwater uit de hemelwaterstelsels van bedrijventerrein Trekkersveld, of
- beëindiging van het gebruik van het helofytenveld om te besparen op operationele kosten en/of (de ruimte van) het helofytenveld inzetten voor een ander doel.

Literatuur

GRP Zeewolde (2014). *Gemeentelijk Rioleringsplan 2015-2021*. Gemeente Zeewolde, augustus 2014.

OAS Zeewolde (2013). *Optimalisatiestudie Afvalwatersysteem Zeewolde*. Rapport GM-0119536, Grontmij Nederland bv., De Bilt, december 2013.

RIONED (2010). *Handreiking emissiemetingen*. RIONEDreeks 14 (STOWA publicatie 2010-25), Stichting RIONED, Ede, juli 2010.

STOWA (2005). *Waterharmonica*. Rapport 2005-18, STOWA, Utrecht.

STOWA (2007). *Zuiverende regenwatervoorzieningen*. Rapport 2007-20, STOWA, Utrecht.

Bijlage 1 Meetapparatuur

Tabel B1.1 Meetapparatuur geïnstalleerd voor Regenwaterproject Trekkersveld

Locatie	Apparatuur	Fabricaat en type	Details plaatsing
A (overstort 1)	Monsternamestation	Endress+Hauser, Liquistation	Monsternameslang in overstortput, stelselzijde
	Drukopneming	Endress+Hauser/Siemens, FMX167	In overstortput, stelselzijde
	Drukopneming	Endress+Hauser/Siemens, FMX167	In overstortput, systeemzijde
	Troebelheidsmeter	Endress+Hauser, CUM223 (transmitter) + CUS31 (sensor)	In overstortput, stelselzijde
	Geleidbaarheidsmeter	Endress+Hauser, CLM223 (transmitter) + CLS50D (sensor)	In overstortput, stelselzijde
C (ontvangstput helofytenveld)	Monsternamestation	Endress+Hauser, Liquistation	Monsternameslang in ontvangstput persleiding
	Debietsensor	Siemens, MAG5000/5100	In eigen flens in persleiding, net bovenstrooms ontvangstput
	Troebelheidsmeter	Endress+Hauser, CUM223 (transmitter) + CUS31 (sensor)	In ontvangstput persleiding, net onder drempelniveau
	Geleidbaarheidsmeter	Endress+Hauser, CLM223 (transmitter) + CLS50D (sensor)	In ontvangstput persleiding, net onder drempelniveau
D (einde bezinkslot)	Monsternamestation	Endress+Hauser, Liquistation	Monsternameslang in verbindingsput
	Drukopneming	Endress+Hauser/Siemens, FMX167	In verbindingsput tussen bezinkslot en vloeiveld 1
E (einde vloeivelden)	Monsternamestation	Endress+Hauser, Liquistation	Monsternameslang net voor kandelstuw in het vloeiveld
	Drukopneming	Endress+Hauser/Siemens, FMX167	Net voor kandelstuw in het vloeiveld
	Debietsensor	Siemens, MAG5000/5100	In vrijvalleiding benedenstrooms kandelstuw
Datalogging		Vlaar, UDSO GTR 20	

Bijlage 2 Analyseresultaten locaties A, C, D en E

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMCA	90% percentiel
BZV5	mg/l	1	30	2	4,5	6,9	5,8	22
CZV	mg/l	0	30	16	32,5	35	34	68
ZS	mg/l	5	30	6,9	18	20	25	37,8
NKj	mg/l	0,5	30	0,79	1,25	1,4	1,4	2,2
NH4	mg/l	0,1	30	0,29	0,52	0,61	0,67	1,1
NO2	mg/l	0,02	30	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06
sNO2NO3	mg/l	0,05	30	0,30	0,52	0,52	0,55	0,81
NO3	mg/l	0,05	30	0,26	0,49	0,49	0,52	0,76
PO4	mg/l	0,01	30	0,01	0,02	0,03	0,02	0,05
P-tot	mg/l	0	30	0,12	0,18	0,18	0,21	0,32
Al	ug/l	50	30	100	260	329	430	673
Sb	ug/l	0,6	30	1,2	1,85	2,1	2,6	3,2
As	ug/l	0,3	30	2,8	4,6	4,8	5,4	7,67
Ba	ug/l	1	30	8,7	14	15	17	23,8
Be	ug/l	0,05	30	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Cd	ug/l	0,03	30	0,03	0,04	0,05	0,06	0,116
Ca	ug/l	0	30	10.400	27.500	25.564	25.979	36.900
Co	ug/l	0,2	30	0,2	0,265	0,27	0,30	0,40
Cr	ug/l	0,5	30	0,78	1,8	1,8	2,1	3,3
Fe	ug/l	0	30	1.010	1.550	1.762	2.272	3.380
K	ug/l	100	30	1.140	2.000	2.502	1.910	4.190
Cu	ug/l	0,5	30	2,8	6	6,7	7,9	11,8
Hg	ug/l	0,01	30	0,02	0,04	0,07	0,09	0,158
Pb	ug/l	0,3	30	1,64	3,4	4,1	5,3	7,2
Mg	ug/l	100	30	1.300	2.650	2.411	2.441	3.390
Mn	ug/l	10	30	280	405	444	509	733
Mo	ug/l	1	30	1	1	1	1	1
Na	ug/l	0	30	5.610	14.000	14.788	14.436	22.800
Ni	ug/l	0,5	30	0,521	1,05	1,2	1,4	2,4
Sn	ug/l	0,2	30	0,2	0,545	0,60	0,84	1
V	ug/l	1	30	1	1,8	1,8	2,0	2,7
Ag	ug/l	1	30	1	1	0,76	0,75	1,0
Zn	ug/l	3	30	45	64,5	74	85	129
Sr	ug/l	0	30	59	110	107	108	150
Te	ug/l	0,2	30	0,2	0,2	0,14	0,14	0,2
Tl	ug/l	0,5	30	0,5	0,5	0,35	0,35	0,5
MinOlie	ug/l	50	30	61,3	160	161	193	279
C10-C20	%	0	29	5	15	13	14	25
C20-C40	%	0	29	75	85	87	88	95
Naf	ng/l	10	30	10	10	7	7,0	10
AcNe	ng/l	10	30	10	10	7	7,0	10
Fle	ng/l	10	30	10	10	7	7,0	10

Tabel B2.1 Analyseresultaten locatie A (overstortwater hemelwaterstelsel)

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMCA	90% percentiel
Fen	ng/l	5	30	6	10	14	17,5	35
Ant	ng/l	5	30	5,0	5	4	3,6	5
Flu	ng/l	5	30	6,0	15,5	24	35,9	71
Pyr	ng/l	5	30	6,2	18	25	36,7	69
BaA	ng/l	5	30	5,0	5	8	11,6	24
Chr	ng/l	5	30	5	5,5	9	13,3	21
BbF	ng/l	5	30	5	6,5	12	17,2	30
BkF	ng/l	5	30	5	5	6	6,9	14
BaP	ng/l	5	30	5	5,0	9	13,1	25
DBahAnt	ng/l	5	30	5	5	4	3,5	5
BghiPe	ng/l	5	30	5	7,5	12	18,5	32
InP	ng/l	5	30	5	5,0	9	14,0	22
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	27	27	390	2.435	1.242	8.160

Tabel B2.2 Analyseresultaten
locatie C (effluent hemel-
waterstelsel - influent
bezinksloot) dwa

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _{C,dwa}	90% percentiel
BZV5	mg/l	1	11	1	2	3,1	2,6	8
CZV	mg/l	0	12	32	44	47	43	76
ZS	mg/l	5	12	6,5	14,5	15	14	23,4
NKj	mg/l	0,5	12	1,9	2,6	2,6	2,5	3,0
NH4	mg/l	0,1	12	0,83	1,5	1,42	1,45	1,8
NO2	mg/l	0,02	12	0,063	0,15	0,17	0,14	0,37
sNO2NO3	mg/l	0,05	12	0,22	1,05	1,00	1,10	1,8
NO3	mg/l	0,05	12	0,15	0,7	0,75	0,91	1,4
PO4	mg/l	0,01	12	0,01	0,055	0,06	0,04	0,14
P-tot	mg/l	0	12	0,22	0,335	0,35	0,31	0,54
Al	ug/l	50	12	50	82	94	82	188
Sb	ug/l	0,6	12	1,2	2,8	2,9	2,7	5,14
As	ug/l	0,3	12	6,7	9,7	10,8	10,1	17,8
Ba	ug/l	1	12	17,0	21,5	24	24	39,2
Be	ug/l	0,05	12	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Cd	ug/l	0,03	12	0,03	0,03	0,02	0,02	0,051
Ca	ug/l	0	12	82.200	140.000	136.333	141.764	160.000
Co	ug/l	0,2	12	0,218	0,375	0,45	0,44	1,22
Cr	ug/l	0,5	12	0,50	0,69	0,81	0,76	1,8
Fe	ug/l	0	12	1.380	2.750	2.742	2.741	4.450
K	ug/l	100	12	5.450	7.300	7.400	7.376	8.870
Cu	ug/l	0,5	12	2,6	5,2	17,0	13,9	100,85
Hg	ug/l	0,01	12	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03
Pb	ug/l	0,3	12	0,572	1,8	6,9	5,5	41,2
Mg	ug/l	100	12	7.260	13.000	12.583	13.414	16.400
Mn	ug/l	10	12	825	2.000	2.065	2.032	4.960
Mo	ug/l	1	12	1,13	1,35	1	1	1,7
Na	ug/l	0	12	46.600	87.500	82.417	84.455	100.000
Ni	ug/l	0,5	12	0,878	2,05	1,9	1,8	2,5

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _{C,dwa}	90% percentiel
Sn	ug/l	0,2	12	0,2	0,25	0,30	0,27	0,596
V	ug/l	1	12	1	1,6	1,7	1,7	3,3
Ag	ug/l	1	12	1	1	0,70	0,70	1,0
Zn	ug/l	3	12	21,6	30	37	33	76
Sr	ug/l	0	12	342	580	553	573	650
Te	ug/l	0,2	12	0,2	0,36	0,38	0,39	0,714
Tl	ug/l	0,5	12	0,5	0,5	0,35	0,35	0,5
MinOlie	ug/l	50	12	50	50	40	42	63
C10-C20	%	0	3	-	40	28	31	-
C20-C40	%	0	3	-	60	72	69	-
Naf	ng/l	10	12	10	10	7	7,2	10
AcNe	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
Fle	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
Fen	ng/l	5	12	5	5	4	3,9	6
Ant	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Flu	ng/l	5	12	5	5	4	4,8	10
Pyr	ng/l	5	12	5	5	4	4,4	8
BaA	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Chr	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BbF	ng/l	5	12	5	5	4	3,8	6
BkF	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BaP	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
DBahAnt	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BghiPe	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
InP	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	12	3	10	272	206	1.500

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _{C,hwa}	90% percentiel
BZV5	mg/l	1	30	2	4	5,3	5,2	9
CZV	mg/l	0	30	14	27	32	27	65
ZS	mg/l	5	30	7,0	11,5	13	12	22,8
NKj	mg/l	0,5	30	0,7	1,2	1,4	1,2	2,5
NH4	mg/l	0,1	30	0,34	0,65	0,69	0,61	1,1
NO2	mg/l	0,02	30	0,02	0,06	0,07	0,06	0,14
sNO2NO3	mg/l	0,05	30	0,62	0,89	0,93	0,85	1,4
NO3	mg/l	0,05	30	0,54	0,83	0,86	0,79	1,3
PO4	mg/l	0,01	30	0,02	0,03	0,04	0,04	0,08
P-tot	mg/l	0	30	0,12	0,155	0,19	0,17	0,27
Al	ug/l	50	30	79	210	254	237	465
Sb	ug/l	0,6	30	1,6	2,45	2,5	2,2	3,6
As	ug/l	0,3	30	3,3	4,45	5,1	4,5	8,47
Ba	ug/l	1	30	8,8	13	14	13	21
Be	ug/l	0,05	30	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05
Cd	ug/l	0,03	30	0,03	0,03	0,04	0,04	0,079

Tabel B2.3 Analyseresultaten
locatie C (effluent hemel-
waterstelsel - influent
bezinksloot) hwa

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _{C,hwa}	90% percentiel
Ca	ug/l	0	30	4.250	35.500	36.895	37.147	63.800
Co	ug/l	0,2	30	0,2	0,235	0,25	0,24	0,40
Cr	ug/l	0,5	30	0,52	1,1	1,4	1,3	2,5
Fe	mg/l	0	30	885	1.550	1.782	1.617	2.990
K	ug/l	100	30	1.800	2.300	2.559	2.449	3.500
Cu	ug/l	0,5	30	2,7	5,2	5,7	4,7	9,6
Hg	ug/l	0,01	30	0,01	0,03	0,03	0,03	0,06
Pb	ug/l	0,3	30	1,68	3,75	4,0	3,2	7,0
Mg	ug/l	100	30	1.530	3.250	3.416	3.333	5.490
Mn	ug/l	10	30	246	490	524	478	889
Mo	ug/l	1	30	1	1	1	1	1
Na	ug/l	0	30	10.200	23.000	26.761	25.087	42.400
Ni	ug/l	0,5	30	0,5	0,975	1,1	1,0	2,0
Sn	ug/l	0,2	30	0,2	0,375	0,43	0,39	0,87
V	ug/l	1	30	1,02	1,9	1,8	1,6	2,5
Ag	ug/l	1	30	1	1	0,79	0,80	1,2
Zn	ug/l	3	30	30,1	50	51	45	73
Sr	ug/l	0	30	78	155	157	154	249
Te	ug/l	0,2	30	0,2	0,2	0,16	0,16	0,238
Tl	ug/l	0,5	30	0,5	0,5	0,35	0,35	0,5
MinOlie	ug/l	50	30	50	75	74	69	119
C10-C20	%	0	24	5	12,5	14	15	20
C20-C40	%	0	24	80	87,5	86	85	95
Naf	ng/l	10	30	10	10	7	7,2	10
AcNe	ng/l	10	30	10	10	7	7,0	10
Fle	ng/l	10	30	10	10	7	7,0	10
Fen	ng/l	5	30	5	7,5	10	9,8	22
Ant	ng/l	5	30	5	5	4	3,5	5
Flu	ng/l	5	30	5	13,5	18	18,3	43
Pyr	ng/l	5	30	5	12,5	17	16,6	37
BaA	ng/l	5	30	5	5	7	7,0	17
Chr	ng/l	5	30	5	6	8	8,5	22
BbF	ng/l	5	30	5	7,5	10	10,3	23
BkF	ng/l	5	30	5	5	5	5,2	11
BaP	ng/l	5	30	5	6	8	8,5	20
DBahAnt	ng/l	5	30	5	5	4	3,5	5
BghiPe	ng/l	5	30	5	8	10	10,0	24
InP	ng/l	5	30	5	7,5	9	9,1	23
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	27	39	280	601	607	1.720

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _D	90% percentiel
BZV5	mg/l	1	12	1	1,5005	2,2	2,6	6
CZV	mg/l	0	12	8	26,5	30	28	58
ZS	mg/l	5	12	5,0	7,2	7	6	10
NKj	mg/l	0,5	12	0,57	0,89	1,1	1,0	1,9
NH4	mg/l	0,1	12	0,10	0,17	0,31	0,25	0,9
NO2	mg/l	0,02	12	0,02	0,02	0,03	0,05	0,12
sNO2NO3	mg/l	0,05	12	0,05	0,7	0,70	0,99	1,5
NO3	mg/l	0,05	12	0,05	0,67	0,68	0,94	1,5
PO4	mg/l	0,01	12	0,01	0,04	0,05	0,03	0,13
P-tot	mg/l	0	12	0,07	0,115	0,17	0,11	0,42
Al	ug/l	50	12	50	60,5	129	94	594
Sb	ug/l	0,6	12	0,9	1,35	1,7	2,2	3,68
As	ug/l	0,3	12	1,7	2,6	4,3	2,8	11,7
Ba	ug/l	1	12	8,0	11	14	12	26,8
Be	ug/l	0,05	12	0,05	0,05	0,04	0,04	0,057
Cd	ug/l	0,03	12	0,03	0,03	0,03	0,02	0,065
Ca	ug/l	0	12	44.400	62.500	62.750	63.043	91.000
Co	ug/l	0,2	12	0,2	0,2	0,18	0,15	0,33
Cr	ug/l	0,5	12	0,50	0,71	0,89	0,91	1,9
Fe	ug/l	0	12	373	835	1.123	765	3.160
K	ug/l	100	12	2.660	3.650	3.808	3.747	5.300
Cu	ug/l	0,5	12	3,8	10,15	12,8	12,6	32,1
Hg	ug/l	0,01	12	0,01	0,015	0,02	0,02	0,03
Pb	ug/l	0,3	12	0,3	0,625	0,9	0,9	2,3
Mg	ug/l	100	12	3.900	6.050	6.133	6.021	8.520
Mn	ug/l	10	12	63,6	200	744	297	3.600
Mo	ug/l	1	12	1	1	1	1	1,55
Na	ug/l	0	12	25.000	45.500	43.917	42.906	60.600
Ni	ug/l	0,5	12	0,852	1,15	1,3	1,1	2,2
Sn	ug/l	0,2	12	0,2	0,2	0,20	0,19	0,498
V	ug/l	1	12	1	1	0,8	0,8	1,6
Ag	ug/l	1	12	1	1	0,70	0,70	1,0
Zn	ug/l	3	12	5,2	16	15	16	27
Sr	ug/l	0	12	176	270	270	264	386
Te	ug/l	0,2	12	0,2	0,2	0,20	0,19	0,348
Tl	ug/l	0,5	12	0,5	0,5	0,35	0,35	0,5
MinOlie	ug/l	50	12	50	50	35	35	50
C10-C20	%	0	1	-	20	20	20	-
C20-C40	%	0	1	-	80	80	80	-
Naf	ng/l	10	12	10	10	11	11,3 (7,0)*	38
AcNe	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
Fle	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
Fen	ng/l	5	12	5	5	4	4,3	9
Ant	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5

Tabel B2.4 Analyseresultaten
locatie D (effluent bezinksloot -
influent vloeivelden)

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _D	90% percentiel
Flu	ng/l	5	12	5	5	4	4,4	11
Pyr	ng/l	5	12	5	5	4	4,3	9
BaA	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Chr	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BbF	ng/l	5	12	5	5	4	4,0	8
BkF	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BaP	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
DBahAnt	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BghiPe	ng/l	5	12	5	5	4	3,8	6
InP	ng/l	5	12	5	5	4	3,9	7
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	11	2	26	150	125	870

* zonder uitschieter van 50 ng/l naftaleen komt de SMCD op 7,0 ng/l

Tabel B2.5 Analyseresultaten
locatie E (effluent vloeivelden)

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _E	90% percentiel
BZV5	mg/l	1	12	1	1	1,0	1,2	2
CZV	mg/l	0	12	15	25,5	28	24	43
ZS	mg/l	5	12	5,0	5	5	4	8,7
NKj	mg/l	0,5	12	0,50	0,74	0,8	0,7	1,1
NH4	mg/l	0,1	12	0,10	0,1	0,10	0,07	0,2
NO2	mg/l	0,02	12	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
sNO2NO3	mg/l	0,05	12	0,05	0,06	0,20	0,29	0,7
NO3	mg/l	0,05	12	0,05	0,06	0,20	0,29	0,7
PO4	mg/l	0,01	12	0,01	0,035	0,05	0,05	0,12
P-tot	mg/l	0	12	0,04	0,12	0,16	0,11	0,38
Al	ug/l	50	12	50	50	36	38	50,7
Sb	ug/l	0,6	12	0,6	0,6	0,5	0,6	0,737
As	ug/l	0,3	12	1,3	3,3	3,7	2,8	7,4
Ba	ug/l	1	12	4,6	6,75	8	7	16,2
Be	ug/l	0,05	12	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Cd	ug/l	0,03	12	0,03	0,03	0,03	0,03	0,068
Ca	ug/l	0	12	62.300	76.000	76.167	80.511	95.800
Co	ug/l	0,2	12	0,2	0,2	0,17	0,16	0,25
Cr	ug/l	0,5	12	0,50	0,57	0,76	0,61	2,5
Fe	ug/l	0	12	223	440	834	406	2.140
K	ug/l	100	12	1.920	4.200	4.250	4.781	7.660
Cu	ug/l	0,5	12	1,3	4,55	4,9	4,8	9,98
Hg	ug/l	0,01	12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Pb	ug/l	0,3	12	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4
Mg	ug/l	100	12	5.540	6.850	7.025	7.147	9.240
Mn	ug/l	10	12	48,4	225	1.077	263	4.200
Mo	ug/l	1	12	1	1	1	1	1
Na	ug/l	0	12	30.600	42.500	43.083	43.704	56.100
Ni	ug/l	0,5	12	0,638	0,98	1,1	0,9	2,0
Sn	ug/l	0,2	12	0,2	0,2	0,15	0,16	0,249

parameter	eenheid	detectie- limiet	n	10% percentiel	mediaan	rekenkundig gemiddelde	SMC _E	90% percentiel
V	ug/l	1	12	1	1	0,7	0,7	1,0
Ag	ug/l	1	12	1	1	0,70	0,70	1,0
Zn	ug/l	3	12	3,0	6,5	6	8	11
Sr	ug/l	0	12	263	315	310	315	375
Te	ug/l	0,2	12	0,2	0,2	0,23	0,23	0,465
Tl	ug/l	0,5	12	0,5	0,5	0,35	0,35	0,5
MinOlie	ug/l	50	12	50	50	35	35	50
C10-C20	%	0	1	-	25	25	25	-
C20-C40	%	0	1	-	75	75	75	-
Naf	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
AcNe	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
Fle	ng/l	10	12	10	10	7	7,0	10
Fen	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Ant	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Flu	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Pyr	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BaA	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
Chr	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BbF	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BkF	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BaP	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
DBahAnt	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
BghiPe	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
InP	ng/l	5	12	5	5	4	3,5	5
<i>E. coli</i>	kve/100ml	1	11	1	34	208	99	1.620

Bijlage 3 Analyseresultaten effluent rwzi Zeewolde

Tabel B3.1 Analyseresultaten
effluent rwzi Zeewolde
op basis van effluent-
bemonstering 1 september
2015 - 1 september 2016

parameter	eenheid	n	rekenkundig gemiddelde	standaarddeviatie	SMC _{rwzi}
BZV5	mg/l	40	3,5	1,0	3,5
CZV	mg/l	40	45	6,2	45
ZS	mg/l	40	6,9	2,4	7,1
NKj	mg/l	40	4,0	2,0	4,3
NH4	mg/l	40	1,6	1,8	1,9
NO2	mg/l	40	0,1	0,1	0,1
sNO2NO3	mg/l	40	1,6	1,3	1,6
NO3	mg/l	40	1,5	1,3	1,5
PO4	mg/l	40	0,1	0,1	0,1
P-tot	mg/l	40	0,4	0,1	0,4
Al	ug/l	5	75	51	74
Sb	ug/l	5	3,8	0,6	3,8
As	ug/l	5	0,8	0,1	0,82
Ba	ug/l	5	18	2,7	18
Be	ug/l	5	0,04	0,0	0,04
Cd	ug/l	5	0,02	0,01	0,02
Ca	ug/l	5	49.200	3.899	49.438
Co	ug/l	5	0,56	0,31	0,55
Cr	ug/l	5	1,92	0,51	1,91
Fe	ug/l	5	644	168	639
K	ug/l	5	21.800	2.864	21.679
Cu	ug/l	5	15	5,9	14,8
Hg	ug/l	5	0,01	0,01	0,01
Pb	ug/l	5	2,16	0,42	2,2
Mg	ug/l	5	4.740	518	4.762
Mn	ug/l	5	144	33	146
Mo	ug/l	5	1,4	0,3	1,4
Na	ug/l	5	87.400	12.012	87.001
Ni	ug/l	5	2,3	0,6	2,2
Sn	ug/l	5	0,6	0,2	0,59
V	ug/l	5	0,70	0,0	0,70
Ag	ug/l	5	0,70	0,0	0,70
Zn	ug/l	5	122	13	122
Sr	ug/l	5	156	26	158
Te	ug/l	5	0,18	0,10	0,18
Tl	ug/l	5	0,35	0,0	0,35
MinOlie	ug/l	5	432 (65)*	821 (32)*	416 (52)*
C10-C20	%	5	-	-	-
C20-C40	%	5	-	-	-
Naf	ng/l	5	7,0	0,0	7,0
AcNe	ng/l	5	7,0	0,0	7,0
Fle	ng/l	5	7,0	0,0	7,0

parameter	eenheid	n	rekenkundig gemiddelde	standaarddeviatie	SMC _{rwzi}
Fen	ng/l	5	5,3	2,5	5,4
Ant	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
Flu	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
Pyr	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
BaA	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
Chr	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
BbF	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
BkF	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
BaP	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
DBahAnt	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
BghiPe	ng/l	5	3,5	0,0	3,5
InP	ng/l	5	3,5	0,0	3,5

* monster van 21 juli 2016 extreem hoge waarde voor minerale olie (1.900 µg/l tegen normaal onder 100 µg/l).
 Waarden tussen haakjes voor statistieken zonder deze outlier.

Bijlage 4 Analyseresultaten Hoge Vaart

Tabel B4.1 Analyseresultaten Hoge Vaart op basis van bemonstering januari 2012 - mei 2016, locatie 'brug Adelaarsweg'

parameter	eenheid	detectielimiet	n	rekenkundig gemiddelde	
BZV5	mg/l		1 / 2	6	1,7
CZV	mg/l		-	-	-
ZS	mg/l		5	53	7,1
NKj	mg/l		0,5	106	1,8
NH4	mg/l		0,1	106	0,54
NO2	mg/l		0,02	106	0,05
sNO2NO3	mg/l		0,05	106	1,75
NO3	mg/l		0,05	106	1,7
PO4	mg/l		0,01	106	0,03
P-tot	mg/l		0,04	106	0,10
Al	ug/l		50	101	87
Sb	ug/l		0,6 / 1,0	101	0,8
As	ug/l		1	101	1,7
Ba	ug/l		1	101	39
Be	ug/l		0,05	101	0,05
Cd	ug/l		0,05	100	0,04
Ca	ug/l		0	101	178.213
Co	ug/l		0,2	101	0,24
Cr	ug/l		0,5 / 1,0	101	0,83
Fe	ug/l		0,1	101	261
K	ug/l		0	101	9.000
Cu	ug/l		0,5	100	1,77
Hg	ug/l		0,01	101	0,01
Pb	ug/l		0,3 / 0,5	101	0,40
Mg	ug/l		100	101	27.686
Mn	ug/l		10	101	335
Mo	ug/l		1	101	1,0
Na	ug/l		0	101	118.000
Ni	ug/l		1	100	2,13
Sn	ug/l		0,2	98	0,2
V	ug/l		1	101	1,09
Ag	ug/l		1	101	1,01
Zn	ug/l		3	100	4,97
Sr	ug/l		0,2	101	743
Te	ug/l		0,2	101	0,61
Tl	ug/l		0,5	101	0,5
MinOlie	ug/l		-	-	-
C10-C20	%		-	-	-
C20-C40	%		-	-	-
Naf	ng/l		10	53	10,9
AcNe	ng/l		10	53	12,1
Fle	ng/l		10	53	10,6

parameter	eenheid	detectielimiet	n	rekenkundig gemiddelde	
Fen	ng/l		5	53	5,8
Ant	ng/l		5	53	5,0
Flu	ng/l		5	53	5,5
Pyr	ng/l		5	53	5,1
BaA	ng/l		5	53	5,0
Chr	ng/l		5	53	5,0
BbF	ng/l		5	53	5,0
BkF	ng/l		5	53	5,0
BaP	ng/l		5	53	5,0
DBahAnt	ng/l		5	53	5,0
BghiPe	ng/l		5	53	5,0
InP	ng/l		5	53	5,0
<i>E. coli</i>	kve/100ml		-	-	-

STOWA en Stichting RIONED in het kort

Stichting RIONED is de koepelorganisatie voor de riolering en het stedelijk waterbeheer in Nederland. In RIONED participeren alle partijen die bij de rioleringszorg betrokken zijn: overheden (gemeenten, waterschappen, rijk en provincies), bedrijven (leveranciers, adviesbureaus, inspectiebedrijven en aannemers) en onderwijsinstellingen. De belangrijkste taak van Stichting RIONED is het beschikbaar stellen van kennis aan de vakwereld. Dit doet RIONED door onderzoek, het bundelen van bestaande kennis en het op vele manieren informeren en bij elkaar brengen van professionals.

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

© 2017 Stichting RIONED en STOWA

Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van deze publicatie.

auteurs

Dr.ir. Rémy Schilperoort, Partners4UrbanWater

omslagfoto

Dr.ir. Rémy Schilperoort, Partners4UrbanWater

vormgeving

Jeroen Brugman, gaw ontwerp+communicatie b.v., Wageningen

druk

Drukkerij Modern, Bennekom

rapportnummer

2017-49

isbn/ean

978 90 5773 776 3



Deze publicatie geeft de resultaten van het onderzoek naar de optimale inzet van het helofytenveld naast de rwzi Zeewolde. Het blijkt effectiever het helofytenfilter ten behoeve van de waterkwaliteit in te zetten voor nabehandeling van effluent van de rwzi dan voor behandeling van het relatief schone hemelwater. Daarnaast bleken, anders dan verwacht, de gemeten vuilconcentraties in het afstromende hemelwater van het industriegebied Trekkersveld van vergelijkbare grootte te zijn als de gemeten concentraties in de woonwijken van Almere.