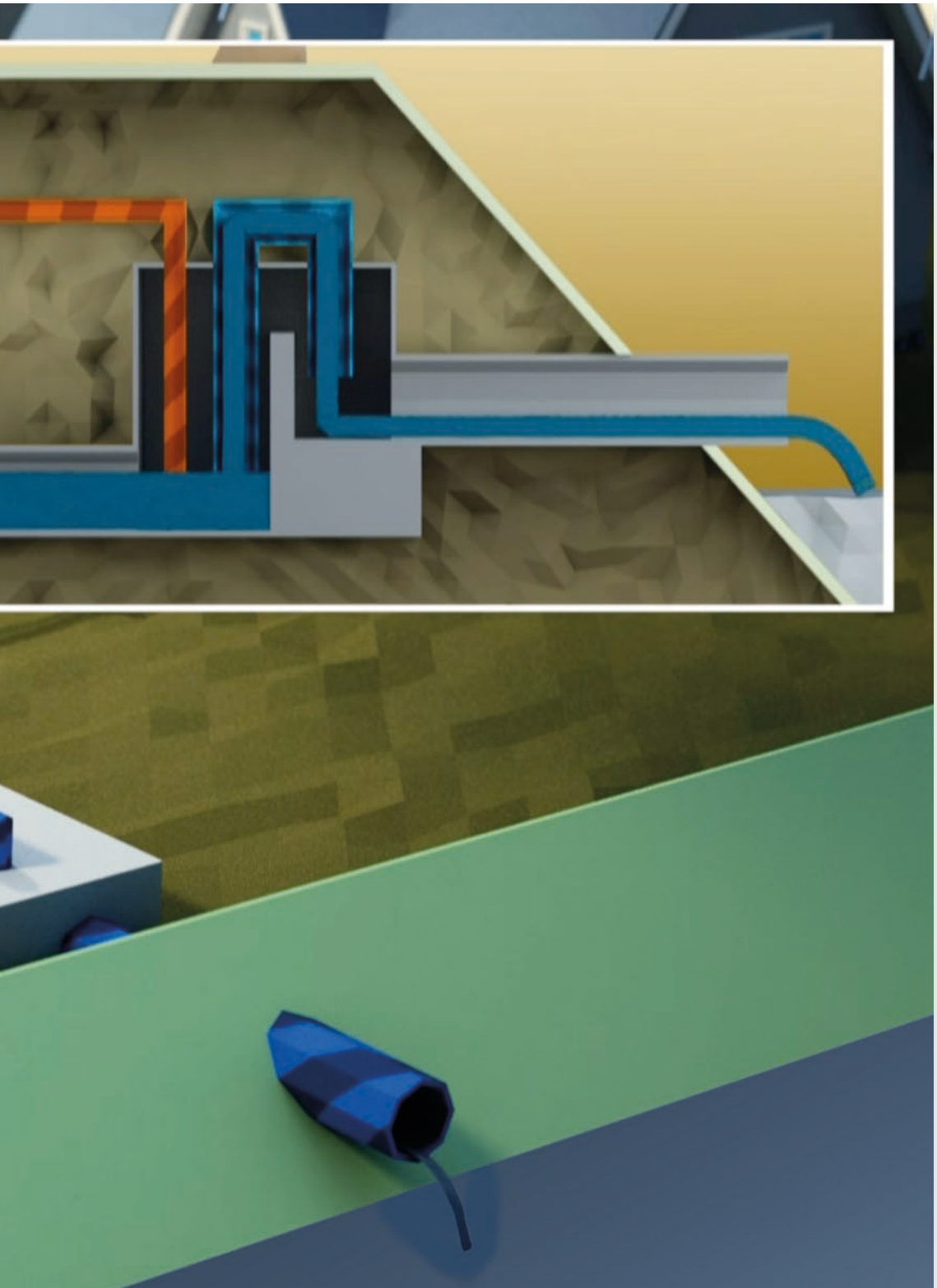
2017 12



stowa
Stichting
RIONED

Anders omgaan met VGS: goed voor rwzi, oppervlakte-water én portemonnee

Anders omgaan met VGS: goed voor rwzi, oppervlaktewater én portemonnee

Ten Geleide

Doorontwikkeling van het verbeterd gescheiden rioolstelsel, ofwel: VGS 2.0. zorgt voor schoner oppervlaktewater, minder water naar de rioolwaterzuivering en kostenbesparingen voor waterschappen zonder grote investeringen voor gemeenten en waterschappen. Besparing van kosten, een betere oppervlaktewaterkwaliteit en het tegengaan van wateroverlast zijn de grote uitdagingen in het huidige stedelijk waterbeheer. Met het slim benutten van de bestaande infrastructuur van de riolering en het watersysteem kan op veel plaatsen een effectieve en efficiënte slag geslagen worden. 7% van de vrijvervalrioolstelsels in Nederland is een verbeterd gescheiden rioolstelsel. Uit het hier gepresenteerde onderzoek blijkt dat de optimalisatie van de verbeterd gescheiden rioolstelsels, miljarden besparing op kan leveren.

Indien alle bestaande VGS-stelsels aangepast worden tot VGS 2.0 geeft dit eenzelfde afvoerreductie naar de rwzi als het afkoppelen van 300.000 huishoudens. De besparing voor het waterschap is even groot, maar kost slechts een fractie van de 2,5 miljard euro die nodig zou zijn voor het afkoppelen. Daarnaast is met VGS 2.0 in Nederland circa 3 miljoen euro per jaar op operationele zuiveringskosten te besparen. Dit loopt op tot 25 miljoen euro per jaar als afvalwater op de rwzi een nabehandeling krijgt voor microverontreinigingen.

Aangepaste benutting van de bestaande VGS- infrastructuur zorgt voor minder hemelwater naar de RWZI en een gelijkblijvende of betere oppervlaktewaterkwaliteit. Aanpassingen aan de infrastructuur zoals afkoppelen kan op veel plekken, waar een VGS ligt, worden vermeden terwijl tegelijkertijd eenzelfde of beter resultaat wordt behaald.

De bestaande infrastructuur is een gegeven dat niet kan worden genegeerd om huidige uitdagingen zoals wateroverlast en verslechterende waterkwaliteit kosteneffectief op te pakken. In deze studie is dat voor VGS stelsel aangetoond. De basis voor die effectiviteit is een goede analyse van het functioneren en de interacties van stedelijk oppervlaktewater, grondwater en riolering. Wij hopen dat dit rapport u daartoe inspireert.

Wij streven naar tekst en beeld die elkaar versterken. Daarom hebben we een animatie over VGS 2.0 gemaakt die u vindt op Youtube [https://www.youtube.com/watch?v=fV8ZguGoZJw].

Joost Buntsma, directeur STOWA
Hugo Gastkemper, directeur Stichting RIONED

maart 2017

Inhoud

Ten Geleide 5

Managementsamenvatting 8

Samenvatting 9

1 Inleiding 11
1.1 Aanleiding proeftuin 'Anders omgaan met VGS' 11
1.2 Verbeterd of verbeterde gescheiden stelsels? 11
1.3 Doel en gebruik rapport 12
1.4 Leeswijzer 12

2 Introductie VGS 13
2.1 Wat is een VGS? 13
2.2 Geschiedenis van VGS 14
2.2.1 Opkomst VGS 14
2.2.2 Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) 14
2.2.3 Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (CUWVO) 15
2.2.4 Brede opkomst en huidige stand van zaken 15
2.3 Uitvoeringsvarianten en positie in afvalwatersysteem 16

3 Houden de historische argumenten voor VGS nog stand? 19
3.1 Kwaliteit afstromend hemelwater 19
3.1.1 Hemelwater beleidsmatig 'schoon' - 'vies' - 'schoon' 19
3.1.2 Metingen aan de kwaliteit van afstromend hemelwater 19
3.1.3 Het belang van de 'first flush' 21
3.1.4 Conclusies kwaliteit afstromend hemelwater 22
3.2 Foutaansluitingen (en slordige lozingen) 22
3.2.1 Aantallen foutaansluitingen en slordige lozingen 22
3.2.2 Extra emissie door foutaansluitingen 23
3.2.3 Foutaansluitingen en 'nieuwe bedreigingen' 23
3.2.4 Foutaansluitingen: end-of-pipe-maatregel of op zoek naar de bron? 24
3.2.5 Conclusies foutaansluitingen 24
3.3 Kwaliteit ontvangend oppervlaktewater 24
3.4 Conclusies 26

4 Hydraulisch functioneren VGS 27
4.1 Kwantificering afvoer hemelwater vanuit VGS naar rwzi 27
4.1.1 Afvoer hemelwater vanuit standaard VGS 27
4.1.2 Afvoer hemelwater met aangepaste berging en pompovercapaciteit 29
4.2 Afvoer rioolvreemd water vanuit VGS naar rwzi 31
4.2.1 Grondwater in het hemelwaterstelsel 31
4.2.2 Oppervlaktewater in het hemelwaterstelsel 32
4.2.3 Hemelwater in het vuilwaterstelsel 34
4.3 Conclusies hydraulisch functioneren VGS 35

5 VGS in een bredere context 36
5.1 Effect (extra) emissie hemelwaterstelsel op lokale oppervlaktewaterkwaliteit 36
5.2 VGS in relatie tot gemengde overstorten 37
5.3 VGS in relatie tot rwzi-zuiveringsrendement en -effluentkwaliteit 38
5.4 VGS en de regelmacht bij calamiteiten 38
5.5 VGS en de rol bij wateroverschotten en -tekorten 38
5.6 VGS en investeringen in hydraulische capaciteit van gemalen, persleidingen en rwzi's 39
5.7 VGS en energieverbruik 39
5.8 VGS en zuurstofarm water in hemelwaterstelsels 40

6 VGS 2.0 41
6.1 Principe en infrastructuur VGS 2.0 41
6.2 Gemaalregeling: stelseldiagnose en watersysteemanalyse 42
6.3 Sturen op waterkwantiteit 43
6.4 Sturen op waterkwaliteit 44
6.5 Vinger aan de pols 47
6.6 Afvoer hemelwater vanuit VGS 2.0 47
6.7 Conclusies VGS 2.0 49

7 Conclusies en samen aan de slag 50
7.1 Conclusies 50
7.2 Samen aan de slag 50

Literatuur 52

Colofon 54

Managementsamenvatting

Ongeveer drie miljoen Nederlanders wonen in wijken met gescheiden rioolstelsels met een vuilwaterriool dat afvoert richting rwzi en een hemelwaterriool dat vaak direct loost in oppervlaktewater. De gedachte achter een gescheiden stelsel is dat hemelwater schoon genoeg is om direct te kunnen lozen in het lokale watersysteem. Het hemelwater komt daarmee direct terug in de natuurlijke waterkringloop.

In de praktijk is water uit hemelwaterstelsels soms toch flink verontreinigd. Dat heeft twee oorzaken. Door foutaansluitingen kan afvalwater in het hemelwaterstelsel terechtkomen dat ongezuiverd naar het oppervlaktewater gaat. Hierdoor verontreinigt het oppervlaktewater. Ook vuil op straten en daken draagt bij aan de vervuiling van afstromend hemelwater. Toch laat recent onderzoek zien dat water uit hemelwaterstelsels zonder foutaansluitingen vaak 'vrij schoon' is, zeker vergeleken met de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater.

VGS

Om de problemen met foutaansluitingen en vervuild hemelwater tegen te gaan, zijn in de afgelopen decennia veel verbeterd gescheiden stelsels (VGS) aangelegd. Het hemelwaterriool voert dan niet meer direct af naar het oppervlaktewater, maar heeft een afvoer richting rwzi, bijvoorbeeld via een pomp. Zo'n pomp stuurt het afvalwater van foutaansluitingen en het vervuilde hemelwater bij kleine buien richting rwzi. Pas bij grote buien loost het hemelwaterriool via een overstort in het oppervlaktewater.

Een VGS heeft wel een nadeel: het voert veel schoon hemelwater af richting rwzi. Een standaard VGS verpompt op jaarbasis circa 70% van het afstromende hemelwater naar de rwzi. In de praktijk is de VGS-afvoer richting rwzi soms nóg groter, bijvoorbeeld door grondwaterinfiltratie, aangesloten drainage of niet goed functionerende installaties voor warmtekoudeopslag (WKO). Ook de inloop van oppervlaktewater via de hemelwateroverstorten kan fors bijdragen aan deze afvoer. Hierdoor voeren VGS elk jaar miljoenen kubieke meters schoon water af naar de rwzi's in Nederland. Dit schaadt het zuiveringsproces.

VGS 2.0

Het nieuwe concept 'VGS 2.0' biedt een oplossing. Een VGS 2.0 heeft twee pompen in het hemelwaterstelsel: één voor de afvoer richting rwzi en één voor de afvoer naar het oppervlaktewater. Als het aangevoerde water vies is, gaat de pomp richting rwzi aan en als het aangevoerde water schoon genoeg is, gaat de pomp naar het oppervlaktewater aan. Om te bepalen wanneer het water vies of schoon is, kunnen waterkwaliteitssensoren nodig zijn, maar een eenvoudige sturing op basis van niveau of debiet werkt vaak ook. Het concept is zowel op bestaande VGS als op bestaande gescheiden stelsels (GS) toe te passen.

VGS 2.0 ondervangt de gevolgen van foutaansluitingen zonder grote hoeveelheden schoon water af te voeren richting rwzi. De reductie in afvoer naar de rwzi betekent dat gemalen, persleidingen én de rwzi kleiner kunnen worden gedimensioneerd. De verhoogde afvoer van relatief schoon hemelwater naar het oppervlaktewater heeft vaak geen consequenties voor de ecologische toestand van het ontvangende watersysteem.

Besparingen

Brede implementatie van VGS 2.0 geeft dezelfde afvoerreductie naar de rwzi als het afkoppelen van 300.000 huishoudens, maar kost slechts een fractie van de 2,5 miljard euro die nodig zou zijn voor het afkoppelen. Daarnaast is met VGS 2.0 in Nederland circa 3 miljoen euro per jaar op operationele zuiveringskosten te besparen. Dit loopt op tot 25 miljoen euro per jaar als afvalwater op de rwzi een nabehandeling krijgt voor microverontreinigingen (4e trap).

Optimalisatie van VGS vraagt om goede samenwerking tussen gemeente (als rioleringsbeheerder) en waterschap (als zuiverings- en waterkwaliteitsbeheerder). Dit rapport biedt een eenvoudig stappenplan om gezamenlijk op zoek te gaan naar de juiste oplossing voor elk VGS. Het beter benutten van bestaande infrastructuur biedt daarmee volop kansen om bestaande én nieuwe opgaven in de afvalwaterketen te adresseren.

Samenvatting

Verbeterd gescheiden stelsels (VGS) staan steeds meer in de belangstelling van de partners in de afvalwaterketen. Zij zien VGS als goede mogelijkheid om de keten te optimaliseren en daarmee kosten te besparen. Dit rapport kan gemeenten en waterschappen ondersteunen in een optimale(re) omgang met de huidige VGS. Daarbij is de centrale vraag: bestaat er ruimte, en zo ja welke, om anders of beter om te gaan met de bestaande infrastructuur? Moeten beheerders de huidige VGS handhaven, ombouwen naar een traditioneel gescheiden stelsel of is er een middenweg? Het rapport richt zich uitdrukkelijk niet op de meer algemene vraag of afvoer van hemelwater via een rioolbuis optimaal is of dat andere oplossingen beter zijn.

VGS zijn gescheiden stelsels die een deel van het water vanuit het hemelwaterstelsel richting rwzi kunnen afvoeren. (N.B. Normale gescheiden stelsels met alleen een randvoorziening bij de hemelwateruitlaten zijn géén VGS.) Vanaf de jaren 90 van de vorige eeuw kregen veel (nieuwbouw)gebieden in Nederland VGS. Het verbeterd gescheiden stelsel gold lange tijd als 'voorkeursstelsel' naar aanleiding van de onderzoeksresultaten van de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) en de aanbevelingen van de Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (CUWVO). Inmiddels bestaat circa 11% van de riolering in Nederland uit VGS, met een vervangingswaarde van ongeveer € 6 miljard.

Historische argumenten voor VGS
De brede opkomst van VGS is gebaseerd op drie argumenten:
1 afstromend hemelwater is vies en mag niet zomaar in oppervlaktewater terechtkomen;
2 foutaansluitingen en slordige lozingen vervuilen het oppervlaktewater overmatig;
3 de ecologische waterkwaliteit nabij lozingspunten van VGS is beter dan die nabij GS-lozingspunten.

Nieuwe inzichten
Recent onderzoek laat zien dat er in Nederland veel locaties zijn waar het afstromende hemelwater niet alleen beleidsmatig schoon is, maar ook in de praktijk schoon of in elk geval schoon genoeg is om direct in lokaal oppervlaktewater te lozen. Foutaansluitingen zorgen weliswaar voor fors meer emissie vanuit hemelwaterstelsels, maar of dit ook tot waterkwaliteitsproblemen leidt, is afhankelijk van de belastbaarheid van het oppervlaktewater. 'Nieuwe stoffen' kunnen in de toekomst (mede) bepalend worden in de omgang met foutaansluitingen. Ten slotte toont nader onderzoek dat de ecologische waterkwaliteit nabij lozingspunten vanuit VGS niet systematisch beter is dan nabij lozingspunten van een traditioneel GS.

Nadelen VGS
De veelgehoorde klacht dat VGS veel 'dun' water naar de rwzi afvoeren, is terecht. Een standaard VGS dat functioneert zoals bedoeld, voert op jaarbasis bijna 70% van de afstromende neerslag af richting rwzi. Dat komt neer op circa 3.300 m^3 per jaar per hectare aangesloten verhard oppervlak. Door de berging en/of de pompovercapaciteit te verkleinen, is deze hemelwaterafvoer met enkele tientallen procenten te reduceren. Behalve hemelwater voeren veel VGS ook grondwater (infiltratie, aangesloten drainage, warmtekoudeopslaginstallaties) en/of inlopend oppervlaktewater af. Hierdoor loopt het jaarlijks afgevoerde volume snel op met tientallen of zelfs honderden procenten van de nettoneerslag. Naar schatting is landelijk de afvoer van rioolvreemd water vanuit VGS richting rwzi's minstens even groot als de afvoer van hemelwater. Daarmee is de aanpak van rioolvreemd water een zinnige (eerste) maatregel om de afvoer vanuit VGS te verminderen. Ook de afvoer van hemelwater via het vuilwaterstelsel (door foutaansluitingen) kan in sommige gebieden een onverwacht grote bron zijn.

Optimalisatie VGS
De discussie rondom VGS spitst zich vaak toe op het spanningsveld tussen de afvoer van 'dun' water richting rwzi versus de emissie vanuit hemelwaterstelsels in het oppervlaktewater. Ter ondersteuning van de discussie zijn deze argumenten verder uitgewerkt. Veel 'dun' water door de afvalwaterketen betekent dat de (hydraulische) capaciteit hiervoor

beschikbaar moet zijn bij gemalen, persleidingen en rwzi's. Het verwijderen van het 'dunne' water levert in potentie grote besparingen op bij ver- en nieuwbouw. Veel 'dun' water leidt ook tot verminderde zuiveringsrendementen en meer geloosde vuilvracht via het effluent. De toelaatbaarheid van (extra) emissie vanuit VGS in oppervlaktewater is met een watersysteemanalyse in te schatten. Hiervoor is een eenvoudige systematiek ontwikkeld.

Welbeschouwd heeft het 'draaien aan de knop' van een VGS meer consequenties: gemengde overstortvolumes, de regelmacht bij calamiteiten, de beschikbare waterberging in de stad en het energieverbruik in de keten kunnen allemaal veranderen. Deze overwegingen zijn aanvullend mee te nemen in de discussie over VGS.

VGS 2.0

Een VGS 2.0 is een 'geoptimaliseerd' VGS dat schoon water lokaal kan lozen in het oppervlaktewater en vies water uit foutaansluitingen naar de rwzi kan sturen. Een VGS 2.0 heeft twee pompen in een hemelwatergemaal: één voor de afvoer richting rwzi en één voor de afvoer naar het oppervlaktewater. Als het aangevoerde water vies is, gaat de pomp richting rwzi aan en als het aangevoerde water schoon genoeg is, gaat de pomp naar het oppervlaktewater aan. Om te bepalen wanneer het water vies of schoon is, kunnen waterkwaliteitssensoren nodig zijn, maar een eenvoudige sturing op basis van niveau of debiet werkt vaak ook. Op basis van een stelseldiagnose en een watersysteemanalyse is de sturing te bepalen. Het concept is zowel op bestaande VGS als op bestaande gescheiden stelsels toe te passen.

Een VGS 2.0 biedt een oplossing voor foutaansluitingen en slordige lozingen zonder grote hoeveelheden schoon water af te voeren richting rwzi. Daarmee komt meer water lokaal beschikbaar om het lokale oppervlaktewater door te spoelen of aan te vullen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding proeftuin 'Anders omgaan met VGS'

Rioolstelsels gaan erg lang mee. Bij een goede grondslag is een levensduur van tachtig jaar geen uitzondering. Tijdens deze levensduur verandert er van alles in de maatschappij. Een opvallende verandering is de perceptie over de juiste omgang met hemelwater. Tot in de jaren 80 van de vorige eeuw werd hemelwater over het algemeen beschouwd als schoon en werden veel gescheiden rioolstelsels aangelegd. Vanaf de jaren 80 gold hemelwater als vies, waardoor er veel verbeterd gescheiden rioolstelsels (VGS) kwamen. Momenteel wordt hemelwater beleidsmatig weer aangemerkt als schoon.

Verbeteren GS

Het 'verbeteren' van traditioneel gescheiden stelsels (GS) is erop gericht de emissie vanuit hemelwaterstelsels naar het ontvangende oppervlaktewater te beperken. Door afvalwater (vanuit foutaansluitingen) en verontreinigd hemelwater (afstromend van 'vieze' oppervlakken) af te vangen, komt dit 'vieze' water niet ongezuiverd in het oppervlaktewater terecht. Maar de manier waarop veel hemelwaterstelsels zijn 'verbeterd', zorgt ervoor dat ook veel hemelwater en rioolvreemd water naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) gaat. Dit leidt nogal eens tot (capaciteits)problemen verderop in de waterketen bij gemalen, persleidingen en rwzi. Zuiveringsbeheerders vragen stelselbeheerders dan ook regelmatig de afvoer van hemelwater vanuit VGS naar de rwzi zo veel mogelijk te beperken.

Hoe VGS verbeteren?

Veel stelselbeheerders vragen zich af hoe om te gaan met deze verzoeken. Kan de pomp 'zomaar' uit of leidt dat tot een onacceptabele emissie uit het hemelwaterstelsel in het lokale oppervlaktewater? En is het verzoek eigenlijk wel terecht; gaat er inderdaad overmatig veel water vanuit het VGS richting rwzi? Zijn er nog andere overwegingen om de beslissing te onderbouwen om de pomp wel of niet uit te zetten? En is het aan- of uitzetten van een pomp de enige manier of zijn er wellicht andere manieren om verstandig met VGS om te gaan?

Deelonderzoeken proeftuin

Om gemeenten en waterschappen bij te staan in hun omgang met verbeterd gescheiden stelsels, hebben STOWA en Stichting RIONED de proeftuin 'Anders omgaan met VGS' opgezet. In de periode 2013 tot en met 2016 is het functioneren van enkele VGS en bijbehorende oppervlaktewatersystemen bestudeerd en is geprobeerd dit functioneren te verbeteren. Daarnaast is landelijk onderzoek gedaan naar de relatie tussen stelselkeuze en waterkwaliteit. De resultaten van deze deelonderzoeken zijn gebundeld in dit overkoepelende eindrapport. Achtergronden en details vindt u in de eindrapporten van de afzonderlijke deelonderzoeken:

- 'Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard' (*Schilperoort en Langeveld, 2017*).
- 'Anders omgaan met VGS: effecten waterkwaliteit' (*Fennema, 2017*).
- 'Ecologische effecten VGS: onderzoek naar verschillen tussen effecten van lozingen uit VGS en GS op macrofauna in het ontvangende oppervlaktewater' (*Hoijtink et al., 2017*).

1.2 Verbeterd of verbeterde gescheiden stelsels?

'Normale' gescheiden stelsels (GS) kunnen het water in het hemelwaterstelsel alleen afvoeren naar het lokale grond- en/of oppervlaktewater. VGS kunnen dit ook richting rwzi afvoeren, bijvoorbeeld met een pomp of via een doorlaat in een koppelput. In tegenstelling tot wat soms wordt gedacht, zijn GS met randvoorzieningen bij de hemelwateruitlaten géén verbeterd gescheiden stelsels. Een hemelwaterstelsel met bijvoorbeeld een lamellenfilter bij een uitlaat maar zonder afvoermogelijkheid richting de rwzi, is wellicht in letterlijke zin 'verbeterd', maar is geen verbeterd gescheiden stelsel in de context van dit rapport (noch volgens de meeste gangbare definities).

Bij gemengde rioolstelsels is wél sprake van een 'verbeterd gemengd stelsel' als de gemengde overstorten een randvoorziening hebben.

1.3 Doel en gebruik rapport

Het doel van dit rapport is gemeenten en waterschappen te ondersteunen in een optimale(re) omgang met de huidige VGS. Momenteel bestaat circa 11% van alle riolering in Nederland uit VGS. De centrale vraag is: bestaat er ruimte, en zo ja welke, om anders of beter om te gaan met deze bestaande infrastructuur?

Het rapport gaat nadrukkelijk niet over de beste omgang met hemelwater in Nederland. De vraag hoe de verwerking van hemelwater via een VGS zich verhoudt tot andere oplossingen zoals bovengrondse afvoer van hemelwater, komt dan ook niet aan de orde.

Argumenten VGS

Wel gaat het rapport in op de argumenten in de afweging tussen GS en VGS. Dat zijn historisch gezien de kwaliteit van het afstromende hemelwater, de bijdrage van foutaansluitingen en de invloed van deze lozingen op het ontvangende oppervlaktewater. Ook is er aandacht voor soms vergeten argumenten, zoals de regelmacht bij calamiteiten en waterberging in de stad. Daarmee biedt dit rapport handvatten aan beheerders die een keuze moeten maken tussen GS en VGS, bijvoorbeeld voor een nieuw te ontwikkelen gebied of bij de vraag of zij een bestaand stelsel wel of niet moeten ombouwen.

Hydraulisch functioneren

Het rapport gaat uitgebreid in op het hydraulisch functioneren van enkele onderzochte verbeterd gescheiden stelsels. VGS blijken soms forse hoeveelheden water richting rwzi af te voeren. Om bewustzijn te creëren over het functioneren van VGS in de praktijk, zijn de bijdragen van hemelwater en verschillende soorten rioolvreemd water aan deze afvoer gekwantificeerd. Daarnaast biedt het rapport inzicht in de effectiviteit van mogelijke maatregelen, zoals de pompovercapaciteit (poc) verkleinen en (de afvoer van) rioolvreemd water tegengaan. Daarmee dient dit rapport als inspiratie en ondersteuning bij de optimalisatie van VGS om de afvoer richting rwzi te reduceren.

VGS 2.0

Ten slotte introduceert het rapport een nieuw type verbeterd gescheiden stelsel: VGS 2.0. De ontwikkeling hiervan was bij aanvang van het project niet beoogd, maar is gaandeweg tot stand gekomen op basis van bevindingen binnen en buiten het project. Met enkele relatief eenvoudige aanpassingen verandert een bestaand VGS (of GS) in een VGS 2.0. Hierdoor vermindert de afvoer naar de rwzi fors, terwijl foutaansluitingen toch ondervangen blijven. VGS 2.0 combineert daarmee de voordelen van beide type stelsels. Met een uitgebreide beschrijving van het concept en enkele voorbeelden uit de praktijkcases in Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard biedt het rapport de basisinformatie voor een brede implementatie van VGS 2.0.

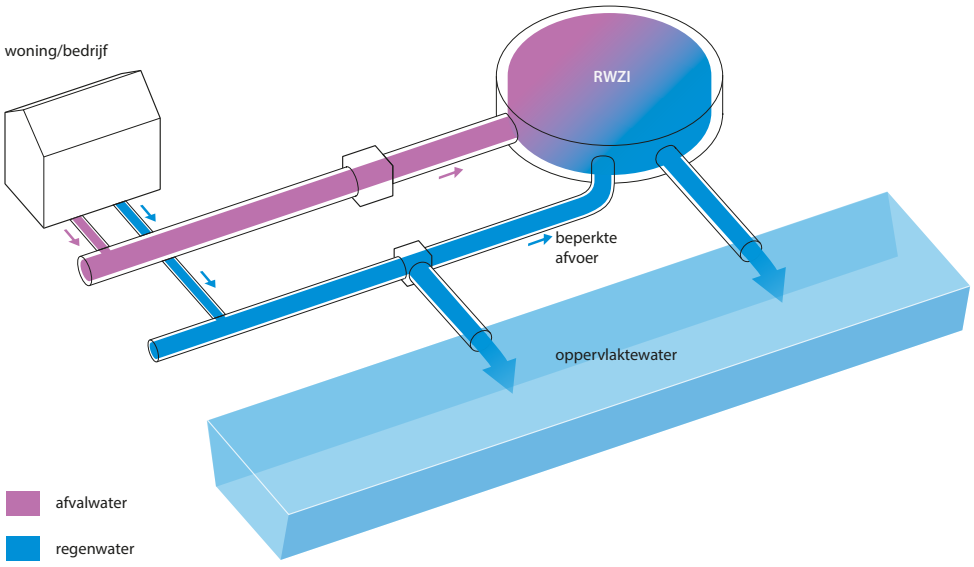
1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 introduceert verbeterd gescheiden stelsels. Wat zijn VGS, hoe zijn ze ontstaan en welke vormen zijn er?
Hoofdstuk 3 gaat in op de drie argumenten die in het verleden aan de basis hebben gestaan van de grootschalige toepassing van VGS in Nederland. Zouden we met de kennis van nu nog steeds dezelfde argumenten aanvoeren om grootschalig in te zetten op VGS?
Hoofdstuk 4 geeft op basis van modelberekeningen en praktijkmetingen een beeld van de hoeveelheden water die een VGS afvoert. Ook zijn de effecten van allerlei ‘standaard’ maatregelen doorgerekend, zoals het verkleinen van de pompovercapaciteit en/of de berging in het stelsel.
Hoofdstuk 5 behandelt kort overige aspecten die interessant zijn bij de optimalisatie van (V)GS, zoals het effect van VGS-lozingen op de lokale oppervlaktewaterkwaliteit, VGS en de relatie tot gemende overstorten en VGS en waterberging in de stad.
Hoofdstuk 6 gaat over VGS 2.0. Aan bod komen onder meer de gedachte achter VGS 2.0, de benodigde infrastructurele aanpassingen en het effect van implementatie ten opzichte van een ‘standaard’ VGS aan de hand van resultaten uit de praktijkproef Eindhoven.
Hoofdstuk 7 vat de belangrijkste conclusies samen en biedt een stappenplan voor gemeente en waterschap om samen met VGS aan de slag te gaan.

2 Introductie VGS

2.1 Wat is een VGS?

Verbeterd gescheiden stelsels (VGS) zijn in feite gescheiden rioolstelsels met een vuilwaterstelsel voor huishoudelijk en industrieel afvalwater en een hemelwaterstelsel voor het afstromende hemelwater. De 'verbetering' zit in het hemelwaterstelsel. In tegenstelling tot een traditioneel gescheiden stelsel voert een VGS het hemelwater niet direct af naar oppervlaktewater, maar kan het (een deel van) het aangeboden water richting rwzi afvoeren (zie figuur 2.1).

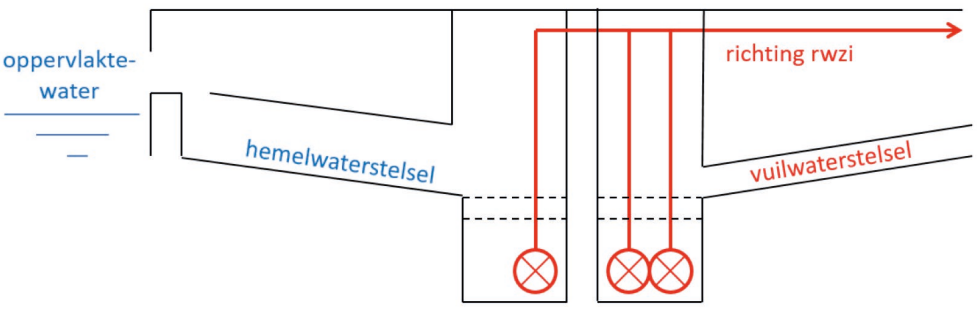


Figuur 2.1 Principeschema verbeterd gescheiden rioolstelsel (Bron: Riolering in Beeld, Benchmark Rioleringszorg 2013)

VGS kunnen hemelwater naar de rwzi afvoeren doordat:

1 het hemelwaterstelsel is geïsoleerd van het oppervlaktewater met een overstortmuur, en;
2 het hemelwaterstelsel een afvoervoorziening richting rwzi heeft, zoals een gemaal, een koppelleiding met terugslagklep, een (wervel)ventiel of een schuif.

De afvoervoorziening richting rwzi is vaak beperkt door een pomp met een maximale capaciteit, het maximale debiet door een wervelventiel of het aantal 'slagen' onder een schuif die de afvoer knijpt. Bij een grotere afvoer vult het hemelwaterstelsel zich eerst tot aan het drempelpeil om vervolgens via de overstort overtollig water te lozen in het oppervlaktewater (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2 VGS-schema met van het oppervlaktewater geïsoleerd hemelwaterstelsel en afvoermogelijkheid richting rwzi via een gemaal

In tegenstelling tot gemengde rioolstelsels is de term 'verbeterd' niet van toepassing op normaal gescheiden stelsels die een of meerdere randvoorzieningen hebben. Hoewel in letterlijke zin wellicht verbeterd, is een hemelwaterstelsel met bijvoorbeeld een lamellenfilter bij de uitlaat maar zonder afvoermogelijkheid richting rwzi in de context van dit rapport (en volgens de gangbare definitie) dus geen verbeterd gescheiden stelsel.

N.B. In de discussie rondom verbeterd gescheiden stelsels is de term 'VGS' vaak synoniem geworden voor alleen het hemelwaterstelsel van het VGS. VGS-optimalisatie vertaalt zich dan ook vaak in het optimaliseren van alleen (de afvoer vanuit) het hemelwaterstelsel. Maar ook het vuilwaterstelsel van een VGS kan ruimte bieden voor optimalisatie (zie paragraaf 4.2.3).

2.2 Geschiedenis van VGS

2.2.1 Opkomst VGS

Tot in de jaren 50 van de twintigste eeuw bestond de riolering in Nederland voornamelijk uit gemengde stelsels. Vanaf de jaren 60 kwamen er steeds meer gescheiden rioolstelsels vanwege de (vermeende) kleinere vuilemissie ten opzichte van het gemengde rioolstelsel en om de benodigde hydraulische capaciteit van de rwzi te beperken. Maar al vrij snel werd duidelijk dat afstromend hemelwater niet altijd schoon is en dat foutaansluitingen voor extra ongewenste emissie via hemelwaterriolen kunnen zorgen (*Koot, 1970*). Deze onvrede met het gescheiden stelsel leidde vanaf de jaren 70 tot de langzame introductie van het verbeterd gescheiden rioolstelsel (*Koot, 1970; 1977*). Het doel was de emissie te beperken. Het afvangen van afvalwater (vanuit foutaansluitingen) en verontreinigd hemelwater (afstromend van 'vieze' oppervlakken) moest voorkomen dat dit 'vieze' water ongezuiverd in het oppervlaktewater terechtkwam.

2.2.2 Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW)

In de jaren 80 coördineerde de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) een uitgebreid onderzoek naar de relatie tussen riolering en waterkwaliteit. Daarbij passeerden ook verbeterd gescheiden stelsels de revue:

- In het onderzoek van thema 5 ('Vuiluitworp van rioolstelsels', *Bakker et al., 1990*) zijn metingen verricht aan de emissie van een VGS in een woonwijk in Heerhugowaard. De conclusie van dit onderzoek was dat de vuilconcentratie in het geloosde water uit een verbeterd gescheiden rioolstelsel vergelijkbaar is met dat uit een gescheiden rioolstelsel. Wel is de vuilvracht bij een VGS aanzienlijk minder groot, omdat een VGS veel minder water loost (er gaat immers ook hemelwater richting rwzi).
- In thema 9 ('Globaal effectenonderzoek', *Willemsen et al., 1990*) zijn de effecten in het oppervlaktewater van lozingen vanuit rioolstelsels op de korte, middellange en lange termijn onderzocht. De vier onderzochte VGS, waarvan drie in woonwijken in Nieuwegein en een op een industrieterrein in Boxtel, waren de enige stelsels waarbij de effecten op de (ecologische) waterkwaliteit verwaarloosbaar waren. Hierbij plaatsten de onderzoekers wel de kanttekening dat het alle vier recent ontwikkelde gebieden waren. Langetermijneffecten zoals ophoping van vuil in de onderzochte watergangen waren dus nog niet te verwachten geweest. Bij gemengde en in mindere mate gescheiden rioolstelsels waren wel duidelijk effecten in het oppervlaktewater te onderscheiden.

Op basis van deze bevindingen beveelt de NWRW in haar eindrapport ('Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989', *Sluis et al., 1989*) aan om "locaties waar het vuilgehalte van het afstromende water hoog is om te bouwen naar een verbeterd gescheiden stelsel". De onderzoekers signaleerden dat "uitsluitend woonwijken met weinig verkeer in gebieden met een betrouwbare grondwaterkwaliteit" in aanmerking komen voor het traditioneel gescheiden stelsel en dat bovendien "het herstel van foutieve aansluitingen een belangrijke maatregel [vormt] om de vuiluitworp uit regenwaterstelsels terug te dringen". Tot slot concludeerden de onderzoekers dat "uit oogpunt van de waterkwaliteit de voorkeur uitgaat naar het verbeterd gescheiden stelsel, omdat het ontvangende water alleen bij deze locaties altijd aan [...] de basiskwaliteit voldeed" en dat toepassing van een VGS "ook op termijn een acceptabele situatie oplevert".

2.2.3 Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (CUWVO)

De CUWVO volgde de aanbeveling in het NWRW-eindrapport in 1992 op met de definitie van de basisinspanning in de uitgave 'Overstortingen uit rioolstelsels en regenwaterlozingen' (CUWVO, 1992). De basisinspanning was een theoretische referentiewaarde voor de vuilemissie vanuit rioolstelsels. Voor nieuw aan te leggen stelsels werd de basisinspanning gedefinieerd als de vuiluitworp van een verbeterd gescheiden rioolstelsel (met een berging van 4 mm en een pompovercapaciteit van 0,3 mm/h) en voor bestaande gescheiden stelsels als ombouw naar een verbeterd gescheiden rioolstelsel (CUWVO, 1992). Ombouw was overigens niet noodzakelijk voor gescheiden gerioleerde woongebieden met alleen licht verontreinigd verhard oppervlak, zonder foutaansluitingen en zonder problemen met de waterkwaliteit.

De commissie bracht wel een duidelijke nuancering aan in haar aanbevelingen:
"De NWRW-aanbevelingen leiden in veel gevallen tot de aanleg van een verbeterd gescheiden rioolstelsel. Aangezien dit type stelsel nog relatief nieuw is, zijn de ervaringen met het ontwerp en beheer van dit type stelsel nog beperkt. Nader onderzoek naar de ontwerpgrondslagen en de praktijkervaringen met verbeterd gescheiden rioolstelsels is gewenst."

Ook de CUWVO-aanbevelingen voor de ontwerpcriteria van berging en pompovercapaciteit waren voorzichtig:
"Voorlopig lijkt een voor regenwater beschikbare berging van 4 mm in combinatie met een p.o.c. van 0,3 mm/h redelijk. Dit geeft volgens de methode Ribbius-Kragt een overstortingsfrequentie van 35 keer per jaar [...]. Deze ontwerpcriteria sluiten goed aan bij de huidige eisen die door verschillende waterkwaliteitsbeheerders worden gesteld."

Veel waterschappen namen het CUWVO-rapport na 1992 over als basis voor het rioleringsbeleid naar gemeenten. Ondanks bovenstaande nuances werd het verbeterd gescheiden rioolstelsel met bovenstaande ontwerpcriteria de standaard en schreven waterschappen deze voor bij nieuwe gebieden. De nadere duiding van de basisinspanning met de CIW-rapportage 'Riooloverstorten, Deel 2: Eenduidige basisinspanning' (*CIW, 2001*) heeft dit beleid niet veranderd.

2.2.4 Brede opkomst en huidige stand van zaken

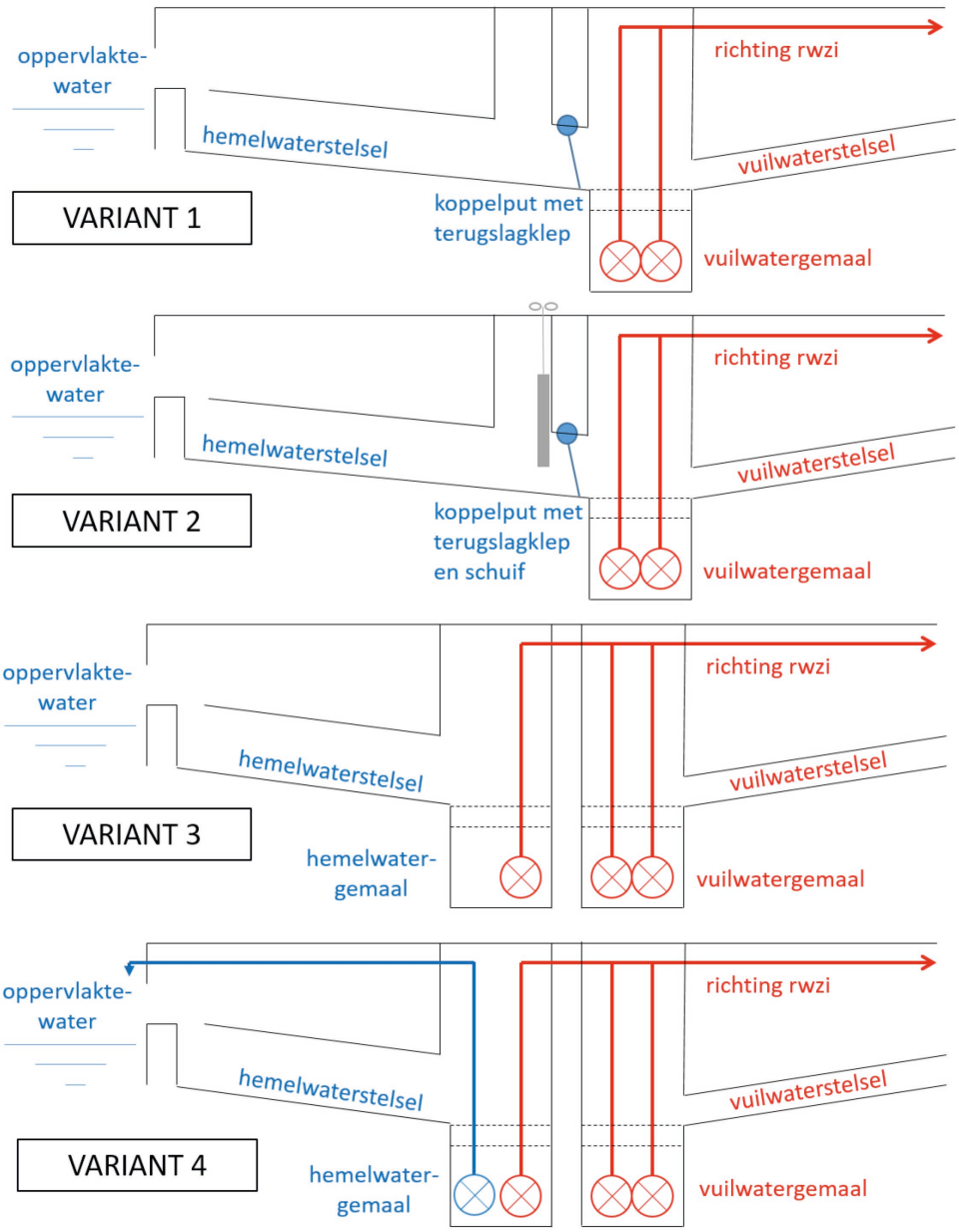
Het CUWVO-rapport betekent het begin van een brede opkomst van het VGS in Nederland. In 1985 was het aantal inwoners aangesloten op VGS nog verwaarloosbaar, maar in de loop van de jaren 90 steeg dit snel tot rond een miljoen inwoners (*RIONED, 2000*). In 2013 waren ruim 1,4 miljoen inwoners aangesloten op een verbeterd gescheiden stelsel (*RIONED, 2013*).

Momenteel ligt in Nederland ongeveer 10.700 km verbeterd gescheiden riolering: 5.000 km vuilwaterstelsel en 5.700 km hemelwaterstelsel. Dit komt overeen met circa 11% van de totale buislengte in Nederland (en 7% van de totale stelsellengte). De vervangingswaarde van deze VGS ligt op circa € 6 miljard (RIONED, 2013). Het totaal aangesloten verhard oppervlak op VGS wordt geschat op 13.000 ha (met 2,2 personen per huishouden en 200 m^2 verhard oppervlak per woning). Dit is waarschijnlijk een onderschatting van het werkelijke oppervlak, omdat relatief veel VGS zijn aangelegd op bedrijventerreinen waar de percelen over het algemeen groter zijn dan in woonwijken.

2.3 Uitvoeringsvarianten en positie in afvalwatersysteem

Het VGS kent veel uitvoeringsvarianten. Vooral de afvoermogelijkheid richting rwzi heeft in de praktijk verschillende vormen gekregen. Afhankelijk van de aanlegperiode, de beschikbaarheid van afdoende verhang, de ontwerper of de beheerder van het stelsel is voor een bepaalde uitvoeringsvariant gekozen. In figuur 2.3 ziet u vier veelvoorkomende varianten.

Figuur 2.3 Vier uitvoerings-varianten VGS, met van boven naar beneden een toename in stuurmacht over afvoer vanuit hemelwaterstelsel



Variant 1: VGS met koppelputten

De meest eenvoudige opzet van een VGS is met een of meerdere koppelputten tussen het hemelwater- en vuilwaterstelsel. Via een koppelput kan water uit het vaak hogergelegen hemelwaterstelsel naar het lagergelegen vuilwaterstelsel stromen. Ondanks het niveauverschil heeft de koppelput ook vaak een terugslagklep om te voorkomen dat afvalwater naar het hemelwaterstelsel terugstroomt. In de praktijk moeten beheerders deze kleppen regelmatig controleren op blokkades.

Deze VGS-opzet is de meest eenvoudige, want hierbij is de minste regelmacht uit te oefenen over de afvoer vanuit het hemelwaterstelsel. De afvoer wordt volledig bepaald door zaken die niet eenvoudig en snel beïnvloedbaar zijn: de afmetingen van de verbindingsbuizen in de koppelputten (die vaak een grotere capaciteit hebben dan 0,3 mm/h), de vulling van het achtergelegen vuilwaterstelsel en het functioneren van de terugslagkleppen.

Variant 2: VGS met koppelputten en debietbegrenzing
Veel VGS met koppelputten hebben een vorm van debietbegrenzing in de koppelputten. Dit kan bijvoorbeeld een wervelventiel zijn, maar ook een schuif die deels is dichtgedraaid. Deze debietbegrenzing wordt soms achteraf toegepast om de daadwerkelijke afvoer richting rwzi meer in lijn te brengen met de beoogde 0,3 mm/h, of om de afvoer ten opzichte van het ontwerpcriterium te reduceren naar bijvoorbeeld 0,1 mm/h. De ervaring leert dat ook deze debietbegrenzers gevoelig kunnen zijn voor vervuiling en regelmatig gecontroleerd moeten worden.

Met de toevoeging van debietbegrenzing in koppelputten verandert de regelmacht over de afvoer van het hemelwaterstelsel feitelijk niet. De afvoer van hemelwater wordt nog steeds grotendeels bepaald door de geometrie van de infrastructuur en is niet op korte termijn (bijvoorbeeld tijdens een bui) aan te passen.

Variant 3: VGS met gemaal richting rwzi
Een veelgebruikt alternatief voor koppelputten is een gemaal dat water vanuit het hemelwaterstelsel richting rwzi afvoert. Zo'n gemaal ligt vaak direct naast het vuilwatergemaal en voert dan af op dezelfde persleiding als de pompen van het vuilwaterstelsel. Net als bij koppelputten is de beoogde afvoercapaciteit van het gemaal 0,3 mm/h, maar deze blijkt in de praktijk nogal eens hoger te liggen. Dat kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van de 'voorliefde' voor robuustheid, waardoor een grotere pomp is geïnstalleerd.

Met deze opzet neemt de regelmacht over de afvoer vanuit het hemelwaterstelsel toe ten opzichte van variant 1. Door de pomp te bedienen, is actief in te grijpen in de afvoer. De mate waarin deze stuurmacht in de praktijk ook daadwerkelijk wordt ingezet, verschilt van stelsel tot stelsel. De meeste gemalen sturen alleen lokaal op in- en uitslagpeil. Soms is daaraan een regeling toegevoegd om af te schakelen als het waterniveau in het hemelwaterstelsel het drempelpeil bereikt. Enkele VGS hebben een regeling die ook rekening houdt met de toestand in het ontvangende rioolstelsel. Als bijvoorbeeld het ontvangende (gemengde) stelsel dreigt over te storten, wordt de pomp in het hemelwaterstelsel afgeschakeld.

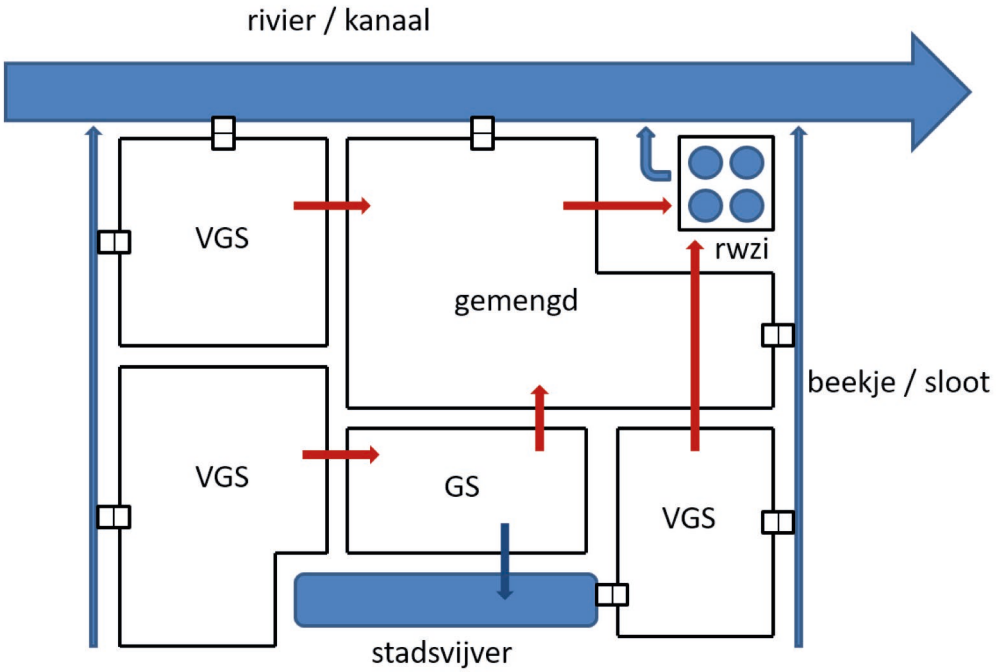
Variant 4: VGS met gemaal richting rwzi én oppervlaktewater
Op enkele locaties in Nederland hebben VGS-gemalen pompen richting rwzi én oppervlaktewater. Hierdoor is de onderdrempelberging in het hemelwaterstelsel ook te ledigen naar het oppervlaktewater. Voor deze variant is geen extra pomp nodig; met een regelklep in de afgaande persleiding van de bestaande pomp en een extra stuk persleiding naar het oppervlaktewater is dezelfde variant te realiseren. Wel blijkt een regelklep in de praktijk ook weer gevoelig voor verstopping.

Deze VGS-opzet geeft de maximale regelmacht over de afvoer vanuit het hemelwaterstelsel; het water is actief richting zowel rwzi als oppervlaktewater af te voeren. Wel vraagt het om een geavanceerde aansturing van de pompen die regelt wanneer welke pomp operationeel is. Dat kan relatief eenvoudig op alleen waterniveau (bijvoorbeeld: pomp richting oppervlaktewater aan bij waterstanden boven het inslagpeil van de pomp richting rwzi), maar ook door een extern signaal te gebruiken dat de weersomstandigheden aangeeft (bijvoorbeeld: pomp richting oppervlaktewater aan bij zware neerslag).

Configuratie afvalwaterketen
De uitvoeringsvorm van een VGS hangt in de praktijk nauw samen met de configuratie van het gehele afvalwatersysteem. In figuur 2.4 ziet u enkele kenmerkende afvoerroutes vanuit een VGS. Een VGS kan rechtstreeks (of via een transportleiding) afvoeren naar de rwzi, maar ook via een benedenstroomsgelegen gemengd of gescheiden rioolstelsel. De overstort van een VGS kan lozen in zeer klein tot zeer groot oppervlaktewater. De positie van het VGS in het afvalwatersysteem is mede bepalend voor de mogelijkheden om het stelsel te optimaliseren.

In figuur 2.4 is er een duidelijke scheiding tussen bemalingsgebieden met verschillende stelseltypen. Maar in de praktijk zijn stelsels regelmatig vervlochten via al dan niet 'tijdelijke' verbindingen, waardoor het functioneren kan afwijken van het veronderstelde gedrag.

Figuur 2.4 Afvoermogelijkheden VGS in een afvalwatersysteem



3 Houden de historische argumenten voor VGS nog stand?

De opkomst en brede implementatie van VGS in Nederland zijn feitelijk gebaseerd op drie argumenten:

1 Afstromend hemelwater is soms vies en mag niet zomaar in oppervlaktewater terechtkomen.
2 Foutaansluitingen op en slordige lozingen in hemelwaterstelsels vervuilen het oppervlaktewater overmatig.
3 De (ecologische) waterkwaliteit in gebieden met VGS is beter dan in gebieden met traditioneel gescheiden stelsels.

In het afgelopen decennium is in Nederland veel aanvullend onderzoek gedaan naar de kwaliteit van afstromend hemelwater, naar foutaansluitingen en naar de relatie tussen waterkwaliteit en stelselkeuze. De resultaten van deze onderzoeken werpen soms nieuw licht op de validiteit van bovenstaande argumenten. Dit hoofdstuk bespreekt deze onderzoeksresultaten in grote lijnen en gaat in op de vraag of de oorspronkelijke argumenten voor aanleg van VGS nog steeds gelden.

3.1 Kwaliteit afstromend hemelwater

3.1.1 Hemelwater beleidsmatig 'schoon' - 'vies' - 'schoon'

De kwaliteit van afstromend hemelwater heeft al decennialang veel aandacht van rioleringsen waterkwaliteitsbeheerders, onderzoekers en beleidmakers. In de beleidsopinie is de juiste omgang met hemelwater in die periode heen en weer gegaan. Tot in de jaren 80 van de vorige eeuw werd hemelwater over het algemeen beschouwd als schoon en mocht het zonder meer worden geloosd in oppervlaktewater. Met het in de jaren 80 uitgevoerde NWRW-onderzoek (*Sluis et al., 1989*) en de daaropvolgende aanbevelingen van de CUWVO *(CUWVO, 1992*) is een omslag in denken gekomen. Hemelwater gold niet langer als schoon en moest in veel gevallen voor behandeling naar de rwzi. Dit kreeg gestalte door (het voorschrijven van) de aanleg van VGS.

Ruim tien jaar later bestempelde de 'Beleidsbrief regenwater en riolering' *(Ministerie van VROM, 2003*) hemelwater feitelijk toch weer als schoon. In de brief stelt het ministerie dat "regenwater [...] waar mogelijk ter plekke in de bodem geïnfiltreerd [wordt] of in het oppervlaktewater gebracht". Bij de eventuele inzameling van regenwater moet dit gescheiden blijven van afvalwater om "relatief vuile en relatief schone stromen niet [te] vermengen". Dat het regenwater wel schoon genoeg moet blijven om lokaal in het milieu te kunnen brengen, wordt onderkend ('pijler 1 - aanpak bij de bron: het voorkomen van verontreiniging van regenwater door luchtverontreiniging en afspoeling'). Maar tegelijkertijd waarschuwt het ministerie voor "overdreven aandacht voor verontreiniging van lokaal geloosd regenwater". Als voorbeeld staat in de brief dat "de emissie van metalen uit dakgoten en loodslabben te snel als een probleem [wordt] gezien" en dat "de veelal grotere nadelen van het transport en de lozing van datzelfde regenwater [...] via de rwzi vaak over het hoofd [worden] gezien". Het ministerie concludeert dat "voor de meeste stedelijke situaties [...] afzonderlijke lozing van regenwater in de bodem of het oppervlaktewater te verkiezen [is] boven afvoer naar en lozing via de rwzi".

De notie dat hemelwater schoon is, is inmiddels ook in veel lokale beleidsstukken terug te vinden. Het 'Plan Gemeentelijke Watertaken Utrecht 2016-2019' (*Gemeente Utrecht, 2015*) formuleert het bijvoorbeeld als volgt:
"We zorgen ervoor dat we zo min mogelijk schoon hemelwater, oppervlaktewater en grondwater via het rioolstelsel afvoeren naar de rioolwaterzuiveringsinrichting. Dit zogenaamde rioolvreemde water is zo schoon, dat zuivering eigenlijk onnodig is. We nemen echter alleen maatregelen als de kosten in verhouding staan tot de baten."

3.1.2 Metingen aan de kwaliteit van afstromend hemelwater

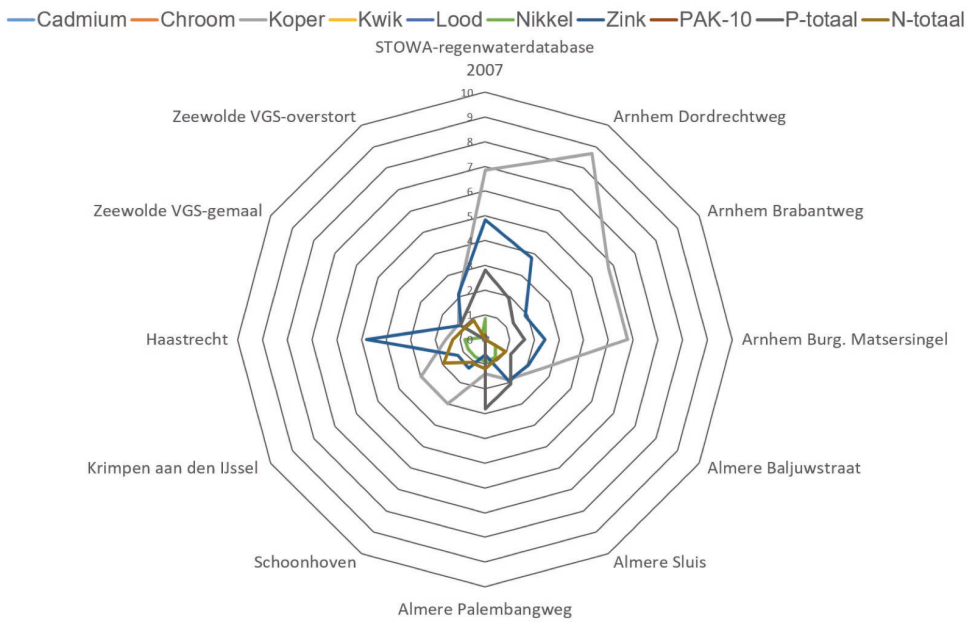
De kennis over de kwaliteit van afstromend hemelwater is de afgelopen jaren vergroot dankzij omvangrijke meetprojecten. Deze paragraaf beschrijft de belangrijkste bevindingen, in de afzonderlijke eindrapporten vindt u een uitgebreide beschrijving van de resultaten.

Het gaat hier om resultaten van de volgende onderzoeken:

- In het Regenwaterproject Almere (*STOWA, 2016*) is in de periode 2013 tot 2016 de kwaliteit van het afstromende hemelwater van drie gebieden in beeld gebracht door een jaar lang elke bui volumeproportioneel te bemonsteren. Twee van de drie stroomgebieden betroffen woonwijken met verkeersarme straten, het derde gebied was het centrumgebied van Almere Centrum met een relatief drukke ontsluitingsweg. Vóór de meetperiode is geprobeerd zo veel mogelijk foutaansluitingen op de onderzochte hemelwaterstelsels te verwijderen, zodat deze de resultaten niet hebben kunnen beïnvloeden.
- Voor het Regenwaterproject Zeewolde (*Waterschap Zuiderzeeland, 2016*) is in 2015 en 2016 de kwaliteit van afstromend hemelwater van een groot bedrijventerrein met veel transportondernemingen in beeld gebracht. Het bedrijventerrein heeft een VGS. In het onderzoek is de kwaliteit gemeten van zowel het hemelwater dat het hemelwatergemaal heeft afgevoerd als het hemelwater dat via de overstort in oppervlaktewater is geloosd. Ook in dit project is gewerkt met volumeproportionele bemonstering door automatische monsternamekasten gedurende een heel jaar.
- Ook in de Krimpenerwaard (in Schoonhoven, Haastrecht en Krimpen aan den IJssel, zie *Liefting et al., 2015*) en in Arnhem (drie locaties in de stad, zie *Langeveld et al., 2012*) zijn de afgelopen jaren grootschalige meetprojecten uitgevoerd aan de kwaliteit van (hemel) water uit hemelwaterstelsels, die al dan niet uitgerust zijn met randvoorzieningen zoals lamellenafscheiders.

Figuur 3.1 geeft een indruk van de onderzoeksresultaten uit bovenstaande onderzoeksprojecten. De figuur geeft per onderzoekslocatie (de spaken van het 'spinnenweb') en voor een selectie van tien parameters (zeven zware metalen, PAK-10 en de nutriënten P-totaal (fosfor) en N-totaal (stikstof)) de gemiddeld gemeten vuilconcentratie aan. De vuilconcentraties zijn niet als absolute waarde gepresenteerd, maar als veelvoud van het MTR-totaal (Maximaal Toelaatbaar Risico, uit de 4e Nota Waterhuishouding, *Ministerie van V&W*, 1998). In de binnenste ring van het web liggen alle metingen tussen 0 en 1 maal het MTR, in de volgende ring waarden tussen 1 en 2 maal het MTR, et cetera. Hoewel niet meer actueel, is voor de vergelijking toch gekozen voor het MTR omdat deze waarde beter aansluit bij de beschikbare metingen. Voor zware metalen zijn bijvoorbeeld in de huidige KRW-normering alleen normen voor de opgeloste fractie voorhanden (JG-MKE opgelost), terwijl in meetprojecten vaak de totale concentratie in het water (dus opgeloste plus gebonden fractie) is gemeten.

Figuur 3.1 Verontreiniging in hemelwater (tien parameters), gemeten bij verschillende meetprojecten in Nederland, uitgedrukt als veelvoud van het MTR-totaal



Meetresultaten

Figuur 3.1 laat zien dat het aantal MTR-overschrijdingen beperkt is. Eigenlijk alleen voor koper en zink (en in mindere mate P-totaal en N-totaal) liggen voor enkele locaties de gemeten concentraties hoger dan het MTR (buiten de MTR=1-cirkel en dus goed zichtbaar in de figuur). Voor de andere parameters (net als sommige parameters die niet in de figuur staan) liggen de gemeten concentraties lager (en dus binnen de MTR=1-cirkel, waardoor

deze nauwelijks zichtbaar zijn in de figuur). Op basis van de resultaten van deze meetprojecten is daarmee voorzichtig te concluderen dat afstromend hemelwater niet alleen beleidsmatig schoon is, maar ook vaak in de praktijk.

Vergelijking met oppervlaktewater
In het Regenwaterproject Almere is de kwaliteit van het afstromende hemelwater ook vergeleken met de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater. Daaruit blijkt dat voor enkele stoffen (bijvoorbeeld P-totaal en arseen) de gemiddelde vuilconcentratie in het afstromende hemelwater lager ligt dan in het oppervlaktewater. Het hemelwater is dus strikt genomen niet schoon (vergeleken met de norm), maar wel schoon genoeg om als waardevolle bron van schoon water te dienen. Daarmee is het bijvoorbeeld in te zetten om het watersysteem door te spoelen of aan te vullen.

Niet altijd schoon (genoeg)
N.B. Bovenstaande meetresultaten betekenen niet dat afstromend hemelwater altijd en overal in Nederland schoon of schoon genoeg is. De meetwaarden in de STOWA-regenwaterdatabase (*STOWA, 2007*) tonen aan dat afstromend hemelwater wel degelijk hoge vuilconcentraties kan bevatten, hoewel niet altijd duidelijk wordt of dat te wijten is aan het afstromende hemelwater of aan andere oorzaken, zoals foutaansluitingen of de aard van het gebied.

De meetresultaten tonen wel aan dat er in Nederland locaties zijn waar het afstromende hemelwater niet alleen beleidsmatig schoon is, maar ook in de praktijk schoon of in elk geval schoon genoeg is om in principe direct te kunnen lozen in lokaal oppervlaktewater. In deze afweging speelt ook de belastbaarheid van het oppervlaktewater een rol (zie paragraaf 5.1).

3.1.3 Het belang van de 'first flush'
In de discussie over de kwaliteit van afstromend hemelwater worden vaak de rol en het belang van de 'first flush' genoemd. Met 'first flush' wordt dan vaak bedoeld de plotselinge en kortdurende toename van de vuilconcentratie in het afstromende hemelwater aan het begin van een bui. Zo'n concentratiepiek is vaak aangetoond in metingen; ook in de meetresultaten van de praktijkproeven binnen het project 'Anders omgaan met VGS' zijn veel voorbeelden te vinden (zie bijvoorbeeld figuur 6.5 in paragraaf 6.4). Deze toename in vuilgehalte wordt toegeschreven aan twee fenomenen: (1) het afstromende hemelwater voert op verhard oppervlak verzameld vuil mee en (2) bezonken materiaal in het hemelwaterstelsel woelt weer op door de toenemende stroomsnelheden in de overgang van droogweerafvoer (dwa) naar hemelwaterafvoer (hwa). Overigens nemen stroomsnelheden ook toe als het stelsel bijna leeg is aan het einde van de overgang van hwa naar dwa. Hierbij kan een vergelijkbaar effect optreden als aan het begin van de bui: een kortdurende piek in vuilconcentraties ('final flush', ook zichtbaar in figuur 6.5).

Van oorsprong heeft 'first flush' een betekenis in de context van de verdeling van de geloosde vuilvracht tijdens een bui (*Bertrand-Krajewski et al., 1998*). In deze betekenis is sprake van een 'first flush' als het eerste deel van het afgevoerde volume water relatief veel vuilvracht afvoert (bijvoorbeeld: 60% van de vracht in de eerste 20% van het volume). Dit gaat niet noodzakelijkerwijs samen met een piek in vuilconcentratie. Immers, een concentratiepiek is vaak van korte duur en treedt meestal op als het debiet in het hemelwaterstelsel nog aan het toenemen is. Hierdoor kan de afgevoerde vuilvracht (debiet maal concentratie) tijdens een concentratiepiek relatief klein zijn ten opzichte van de afgevoerde vuilvracht tijdens de gehele bui. Ten slotte is het van belang te beseffen dat een 'first flush' vaak wordt gemeten bij een gemaal, terwijl de interesse uitgaat naar de waterkwaliteit bij de overstort. Afhankelijk van de situatie kan de waterkwaliteit op beide locaties onderling fors afwijken.

Om het nut te bepalen van het afvangen van een 'first flush' (door bijvoorbeeld een gemaalregeling in een VGS), is het belangrijk te definiëren wat met 'first flush' wordt bedoeld en met welk doel de regeling in het leven wordt geroepen (afvangen van concentratiepieken versus afvangen van (een deel van) de vracht?).

3.1.4 Conclusies kwaliteit afstromend hemelwater

Afstromend hemelwater is beleidsmatig schoon genoeg en infiltreert bij voorkeur lokaal in de bodem of voert af naar oppervlaktewater. Of hemelwater in de praktijk ook daadwerkelijk schoon is, is alleen vast te stellen door lokaal onderzoek te doen. Gelet op vele recente onderzoeksresultaten lijkt het gerechtvaardigd ervan uit te gaan dat het hemelwater van de meeste oppervlakken “schoon is, tenzij …” in plaats van het nog veel toegepaste adagium dat hemelwater “vies is, tenzij …”. Daarmee vervalt voor veel gebieden het oorspronkelijke argument dat een VGS nodig is om het ‘vieze’ afstromende hemelwater naar de rwzi te transporteren. Uiteraard verdient het de voorkeur om de lokale situatie in beeld te brengen (boven het toepassen van een algemeen geldend adagium).

3.2 Foutaansluitingen (en slordige lozingen)

3.2.1 Aantallen foutaansluitingen en slordige lozingen

Foutaansluitingen zijn een veelvoorkomend probleem in gebieden met (verbeterd) gescheiden riolering. Ze ontstaan door fouten tijdens de aanleg van het stelsel (type ‘omgedraaide huisaansluiting’) én door een in de tijd groeiend aantal foutieve aanpassingen aan de binnenhuisriolering bij verbouwingen op particulier terrein (type ‘wasmachine in de bijkeuken of garage op regenpijp’). Afhankelijk van het type foutaansluiting komt afvalwater in de hemelwaterriolering en/of afstromend hemelwater in de vuilwaterriolering.

Slordige lozingen in hemelwaterstelsels zijn niet het gevolg van fouten in de infrastructuur, maar zijn te wijten aan menselijk gedrag. Voorbeelden zijn het lozen van verfresten in de straatkolk, het wassen van een auto op straat en het schoonspoelen van een gft-afvalbak op straat. Vaak beseffen bewoners van gebieden met gescheiden riolering niet dat dergelijke lozingen het oppervlaktewater kunnen verontreinigen.

Schattingen

Schattingen van het aantal foutaansluitingen in de Nederlandse riolering lopen uiteen. De nationale Emissieregistratie gaat uit van 2% foutaansluitingen. Sommige studies (bijvoorbeeld *Schilperoort et al., 2011; Moons, 2014*) rapporteren hogere percentages van wel 10% - 15% foutaansluitingen. Maar deze studies zijn vaak niet uitgevoerd in willekeurige gebieden, maar in gebieden met bijvoorbeeld een waterkwaliteitsprobleem dat aanleiding gaf tot het onderzoek naar foutaansluitingen. Hierdoor zijn de gevonden percentages waarschijnlijk relatief hoog ten opzichte van het Nederlands gemiddelde. Dit rapport toont de gevoeligheid voor foutaansluitingen voor een range van 2% tot 4% foutaansluitingen. Schattingen van de omvang van slordige lozingen zijn niet beschikbaar; de gevolgen van dit type lozingen zijn daarom niet meegenomen in tabel 3.1.

Een percentage foutaansluitingen tussen de 2% en 4% vertaalt zich in aantallen foutief aangesloten inwoners per type gescheiden stelsel (zie tabel 3.1). Van de 3 miljoen inwoners aangesloten op een traditioneel gescheiden stelsel komt het afvalwater van 60.000 tot 120.000 personen ongezuiverd in het oppervlaktewater terecht. Het afvalwater van 28.000 tot 56.000 personen aangesloten op een VGS komt ook foutief in het hemelwaterstelsel. Maar dankzij het VGS gaat het grootste deel daarvan alsnog naar de rwzi. Zonder aandacht voor foutaansluitingen betekent ombouw van deze VGS naar normaal gescheiden stelsels dat er meer (ongezuiverd) afvalwater in het oppervlaktewater terechtkomt.

Tabel 3.1 Aantal (foutief) aangesloten inwoners per type gescheiden stelsel in Nederland
*** Bron: RIONED, 2013**

	Gescheiden stelsel	**Verbeterd gescheiden stelsel**
Aangesloten inwoners	3 miljoen*	1,4 miljoen*
2% - 4%	60.000 - 120.000	28.000 - 56.000

Overigens zijn foutaansluitingen geen uniek Nederlands probleem. Ook andere Europese en Noord-Amerikaanse landen hebben te maken met foutief aangesloten huisaansluitingen en de gevolgen daarvan, zoals soms ernstige vervuiling van het ontvangende oppervlaktewater.

3.2.2 Extra emissie door foutaansluitingen

Voor het Regenwaterproject Almere (*STOWA, 2016*) is de extra hoeveelheid emissie vanuit de onderzochte hemelwaterstelsels door eventuele foutaansluitingen ingeschat (zie tabel 3.2). Op basis van metingen is de jaarlijkse emissie berekend vanuit stelsels zonder foutaansluitingen, dus de emissie door alleen het afstromende hemelwater (zie paragraaf 3.1). Voor bijvoorbeeld parameter N-totaal is dat 12,5 kg per hectare per jaar. Daarnaast is de vuilvracht in het afvalwater van een huishouden ingeschat. Een huishouden van gemiddeld 2,2 personen 'produceert' op jaarbasis 9,9 kg N-totaal. Als dat huishouden foutief op het hemelwaterstelsel is aangesloten, neemt de emissie van het stelsel toe van 12,5 kg naar 12,5 + 9,9 = 22,4 kg N-totaal. Dat is een toename van circa 80%. Met een gemiddelde van 50 woningen per hectare komt één foutief aangesloten woning per hectare overeen met 2% foutaansluitingen en twee foutief aangesloten woningen per hectare met 4% foutaansluitingen.

In tabel 3.2 ziet u dat de emissie van een hemelwaterstelsel door 2% - 4% foutaansluitingen met een factor 1,5 tot 4 toeneemt voor zuurstofvragende stoffen en nutriënten. Deze parameters zijn dus erg gevoelig voor het aantal foutaansluitingen. Voor stoffen die relatief weinig in afvalwater zitten, zoals koper en zink, is de extra emissie beperkt en de gevoeligheid daarmee klein.

Of de extra emissie door foutaansluitingen ook daadwerkelijk tot (lokale) waterkwaliteitsproblemen leidt, is sterk afhankelijk van het ontvangende oppervlaktewater. Hierop gaat paragraaf 5.1 verder in.

Tabel 3.2 Extra emissie door 2% tot 4% foutaansluitingen als percentage van de emissie door afstromend hemelwater

Parameter	Afstromend hemelwater* (geen foutaansluitingen)	Vuilvracht afvalwater**	Extra emissie door 2&-4% foutaansluitingen
	[per hectare per jaar]	[per huishouden per jaar]	[per hectare per jaar]
BZV	35 kg	40 kg	114% - 228%
CZV	175 kg	114 kg	65% - 130%
N-totaal	12,5 kg	9,9 kg	79% - 158%
P-totaal	1,2 kg	1,7 kg	142% - 284%
Koper	50 g	9 g	18% - 36%
Zink	500 g	18 g	4% - 8%

* Op basis van metingen Regenwaterproject Almere (STOWA, 2016).

** Een huishouden = 2,2 i.e. (Kujawa-Roeleveld & Zeeman, 2006, STOWA, 2005, Emissieregistratie, 2014 en Koot, 1977).

\# Uitgaande van 200 m2 verhard oppervlak per huishouden en dus 50 woningen per hectare. Eén foutief aangesloten woning/huishouden komt dan overeen met 2% foutaansluitingen, twee woningen met 4%, et cetera.

3.2.3 Foutaansluitingen en 'nieuwe bedreigingen'

Het inschatten van de effecten van foutaansluitingen gaat vaak langs de lijnen van de 'klassieke' parameters, zoals zuurstofvragende stoffen (BZV, CZV), nutriënten (N-totaal, P-totaal) en hygiënische betrouwbaarheid. Vaak blijkt dan dat alleen kleine en/of gevoelige oppervlaktewateren problemen kunnen ervaren door foutaansluitingen, bijvoorbeeld eutrofiëring in een vijver of een meertje dat niet aan de zwemwaterkwaliteit voldoet. De emissie van zuurstofvragende stoffen en nutriënten door foutaansluitingen valt vaak in het niet vergeleken met die van rwzi-effluent en/of gemengde riooloverstorten. Hierdoor worden foutaansluitingen zelden aangewezen als voornaamste oorzaak achter systeembrede waterkwaliteitsproblemen.

Met een toenemende kennis over 'nieuwe stoffen' in afvalwater gaat dit wellicht veranderen. Denk aan hormoonverstorende stoffen, medicijnresten, röntgencontrastvloeistof, antibioticaresistente bacteriën en chemicaliën gerelateerd aan drugscriminaliteit. Als zou blijken dat het lozen van deze stoffen in oppervlaktewater zelfs in kleine hoeveelheden ongewenst is, zal de diffuse bijdrage vanuit foutaansluitingen hoger op de agenda komen te staan. Uit recent onderzoek blijkt bovendien dat voor de lozing van (antibioticaresistente) bacteriën foutaansluitingen niet langer gelden als het 'kleine broertje' van rwzi's en gemengde overstorten; uit de drie bronnen komen vergelijkbare aantallen resistente bacteriën.

Dit betekent dat maatregelen bij rwzi's en/of gemengde overstorten mogelijk niet volstaan om deze lozing terug te dringen en dus ook het aantal foutaansluitingen omlaag moet.

3.2.4 Foutaansluitingen: end-of-pipe-maatregel of op zoek naar de bron?

De aanleg van een verbeterd gescheiden stelsel is een end-of-pipe-maatregel voor foutaansluitingen. Het probleem van de afvalwaterlozing wordt immers niet bij de bron aangepakt, maar pas nadat het afvalwater het einde van het stelsel heeft bereikt. Een bronaanpak van het probleem (foutaansluitingen opsporen en verhelpen) is lange tijd erg lastig gebleken en weinig toegepast. Maar in de afgelopen tien jaar zijn meerdere technieken ontwikkeld om foutaansluitingen nauwkeurig te lokaliseren. De publicatie 'Vaststellen en opsporen van foutaansluitingen' (RIONED, 2010) geeft een overzicht van deze technieken. Sinds deze publicatie zijn enkele technieken verder doorontwikkeld. Hierdoor is de prijs per meter riool (of per aansluiting) omlaag gegaan en is een bredere toepassing van deze technieken haalbaar.

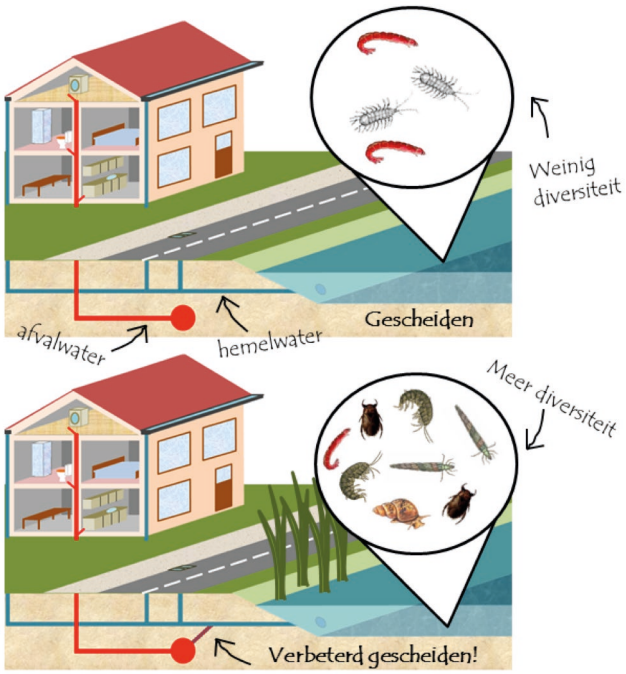
3.2.5 Conclusies foutaansluitingen

Foutaansluitingen zorgen voor veel extra emissie van hemelwaterstelsels. Voor klein en/of gevoelig ontvangend oppervlaktewater (zoals veel stedelijk water) betekent dit vaak ook een forse toename in de totale emissie in het watersysteem. Hierdoor kunnen waterkwaliteitsproblemen ontstaan. Voor grotere watersystemen is de extra emissie door foutaansluitingen vaak 'in de marge' en daarmee veel minder bepalend voor de lokale waterkwaliteit.

Met het oog op foutaansluitingen (en eventuele slordige lozingen) kan het handhaven van en/of ombouwen naar een VGS dus een zinnige keuze zijn voor gebieden met klein en/of gevoelig oppervlaktewater. Het VGS biedt immers een oplossing voor een (potentieel) waterkwaliteitsprobleem. In gebieden met groot ontvangend oppervlaktewater ligt deze keuze minder voor de hand, hoewel 'nieuwe stoffen' in de toekomst (mede) bepalend kunnen worden in de omgang met foutaansluitingen.

3.3 Kwaliteit ontvangend oppervlaktewater

De NWRW concludeerde in haar eindrapportage (*Sluis et al., 1989*) dat "uit oogpunt van de waterkwaliteit de voorkeur uitgaat naar het verbeterd gescheiden stelsel, omdat het ontvangende water alleen bij deze locaties altijd aan [...] de basiskwaliteit voldeed". Deze conclusie kwam voort uit het onderzoek in thema 9 ('Globaal effectenonderzoek', *Willemsen et al., 1990*) waarin vier verbeterd gescheiden rioolstelsels en hun ontvangende wateren zijn onderzocht.



Figuur 3.2 Illustratie vraagstelling onderzoek naar waterkwaliteit: betere biodiversiteit in oppervlaktewateren onder invloed van VGS? (Bron: *Hoijtink et al., 2017)*

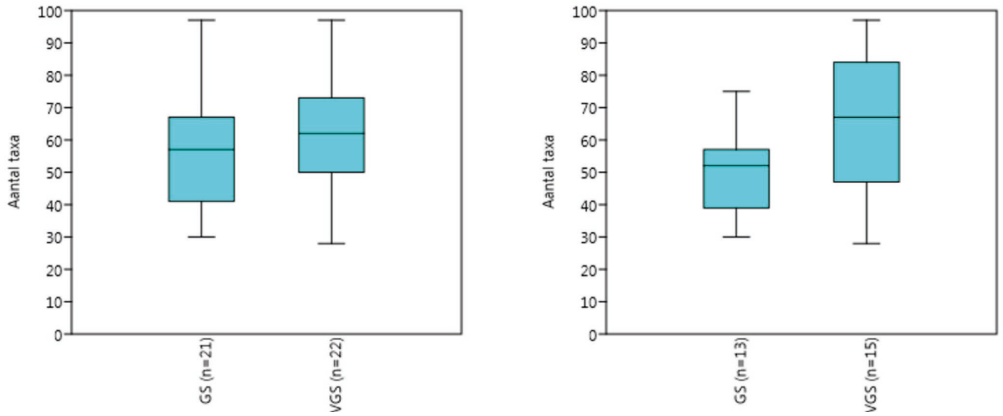
In het kader van de STOWA-RIONEDproeftuin 'Anders omgaan met VGS' is besloten opnieuw onderzoek te doen naar de relatie tussen gescheiden stelseltype en de (ecologische) waterkwaliteit. De reden hiervoor is de beperkte omvang van de steekproef in het NWRW-onderzoek, slechts vier VGS-locaties zijn destijds onderzocht. De vraag is of de conclusie van de NWRW – dat de (ecologische) waterkwaliteit in gebieden met VGS beter is dan in gebieden met traditioneel gescheiden stelsels – overeind blijft bij een veel grotere steekproef.

Opzet deelonderzoek

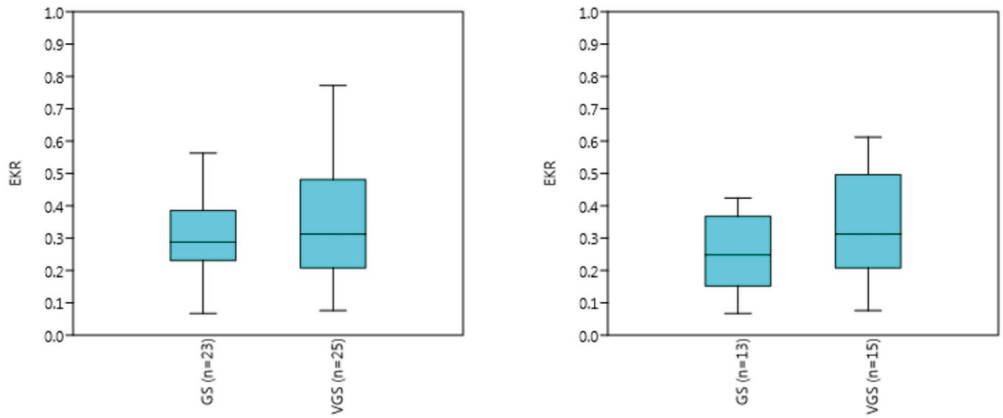
De focus in dit proeftuindeelonderzoek ligt op de hydrobiologische waterkwaliteit. De hypothese is: door een kleinere vuiluitworp is de biologische diversiteit in oppervlaktewateren bij lozingspunten van VGS hoger dan bij GS (zie figuur 3.2). Voor het onderzoek zijn 48 onderzoekslocaties geselecteerd in oppervlaktewater: 23 locaties nabij GS-lozingspunten en 25 locaties nabij VGS-lozingspunten. Op alle locaties is tussen eind april en begin juli 2014 een macrofaunamonster genomen. De samenstelling van de macrofaunagemeenschap is op verschillende manieren gekarakteriseerd. De karakteristieken zijn: het aantal taxa (soorten/genera/families), de Belgische Biotische Index (BBI; indicatie voor de mate van verontreiniging), de Shannon-index voor diversiteit, de ecologische kwaliteitsratio (EKR) en scores op de (deel) maatlatten voor de betreffende KRW-watertypen. Per karakteristiek is onderzocht of sprake is van significante verschillen tussen de GS- en VGS-locaties. Daarnaast is met een multivariate analyse onderzocht welke omgevingsfactoren aantoonbaar verklarend zijn voor (een deel van) de variatie in de macrofaunasamenstelling tussen de onderzoeklocaties.

Resultaten

Analyse laat zien dat de variatie tussen GS- en VGS-locaties verschilt per karakteristiek. Het gemiddelde aantal taxa in zoete wateren bij VGS blijkt significant hoger te liggen dan bij GS (zie figuur 3.3). Dit ondersteunt de NWRW-conclusie. Maar voor andere onderzochte karakteristieken zoals de soortendiversiteit (de Shannon-index) en de ecologische kwaliteit (op basis van EKR-scores op de KRW-maatlatten, zie figuur 3.4), zijn de verschillen tussen de locaties bij GS en VGS voor zoete wateren niet significant. Dit spreekt de NWRW-conclusie juist weer tegen. Belangrijker nog is de conclusie van de multivariate analyse dat de factor 'type stelsel' (GS of VGS) niet significant verklarend is voor de gevonden variatie tussen locaties. Factoren als 'waterdiepte' en 'typering van het talud' blijken belangrijker. Ook het zoutgehalte in het oppervlaktewater blijkt een onderscheidende rol te hebben in de meetgegevens.



Figuur 3.3 Verdeling 'aantal taxa' bij GS en VGS: complete dataset exclusief typen M30 en M31 (links) en alleen in zoete watertypen (exclusief typen M1b, M30 en M31, rechts) (Bron: *Hoijtink et al., 2017)*



Figuur 3.4 Verdeling 'EKR-scores' bij GS en VGS: complete dataset (links) en alleen in zoete watertypen (exclusief typen M1b, M30 en M31, rechts) (Bron: *Hoijtink et al., 2017)*

Conclusie
De conclusie van het deelonderzoek luidt daarmee dat de conclusie van het NWRW-onderzoek uit de jaren 80 nauwelijks overeind blijft na onderzoek op grotere schaal. De waterkwaliteit van oppervlaktewater nabij VGS blijkt nauwelijks beter dan de waterkwaliteit van oppervlaktewater nabij GS. Daarnaast heeft het onderzoek aangetoond dat andere factoren dan het stelseltype doorgaans belangrijker zijn voor de gevonden waterkwaliteit.

Een uitgebreide beschrijving van het onderzoek, de analyses en de conclusies vindt u in het eindrapport van het deelonderzoek (*Hoijtink et al., 2017*).

3.4 Conclusies

De resultaten van recent onderzoek naar de oorspronkelijke argumenten vóór de brede implementatie van VGS leiden soms tot aangepaste inzichten ten opzichte van 25 jaar geleden.

Afstromend hemelwater blijkt niet alleen beleidsmatig schoon te zijn, maar vaak ook in de praktijk. Het adagium dat hemelwater van de meeste oppervlakken “schoon is, tenzij …” lijkt daarmee beter op zijn plaats dan de veronderstelling dat hemelwater “vies is, tenzij …”. Daarmee vervalt voor veel gebieden het oorspronkelijke argument dat een VGS nodig is om het ‘vieze’ afstromende hemelwater naar de rwzi te transporteren.

Foutaansluitingen (en slordige lozingen) blijven een terecht aandachtspunt in de omgang met (verbeterd) gescheiden stelsels. Immers, foutaansluitingen veroorzaken een forse toename in de emissie van hemelwaterstelsels. Of dit ook daadwerkelijk tot een waterkwaliteitsprobleem leidt, is afhankelijk van het ontvangende oppervlaktewater. Met het oog op foutaansluitingen kan het handhaven van en/of ombouwen naar een verbeterd gescheiden stelsel een zinnige keuze zijn voor gebieden met klein en/of gevoelig oppervlaktewater. Op termijn kunnen ‘nieuwe stoffen’ (mede) bepalend worden in de omgang met foutaansluitingen.

In tegenstelling tot de conclusie van het NWRW-onderzoek uit de jaren 80 blijkt de kwaliteit van ontvangend oppervlaktewater nauwelijks afhankelijk van het type stelsel (GS of VGS) dat erin loost. Andere factoren als ‘waterdiepte’, ‘typering talud’ en ‘zoutgehalte’ zijn doorgaans veel bepalender voor de gevonden waterkwaliteit.

4 Hydraulisch functioneren VGS

Veel riolerings- en zuiveringsbeheerders ervaren dat verbeterd gescheiden rioolstelsels onnodig veel hemelwater naar de rwzi afvoeren. Daarom kijken zij in optimalisatiestudies soms uitdrukkelijk naar de mogelijkheid om de hydraulische belasting op de afvalwaterketen terug te brengen. Concrete maatregelen zijn bijvoorbeeld de pompovercapaciteit (poc) terugbrengen van 0,3 mm/h naar 0,1 mm/h of het hemelwatergemaal zelfs helemaal uitschakelen. Maar vaak is de verwachte uitkomst van deze maatregelen minder concreet. Hoeveel water voert het VGS eigenlijk af naar de rwzi en welk deel daarvan is met de maatregelen te voorkomen?

Dit hoofdstuk kwantificeert in paragraaf 4.1 de afvoer van hemelwater vanuit een 'standaard' VGS richting rwzi. Daarnaast komt de gevoeligheid van deze afvoer voor de grootte van de berging en de poc aan de orde. Daarmee is het effect van maatregelen concreet uit te drukken in m^3 water die niet naar de zuivering gaat.

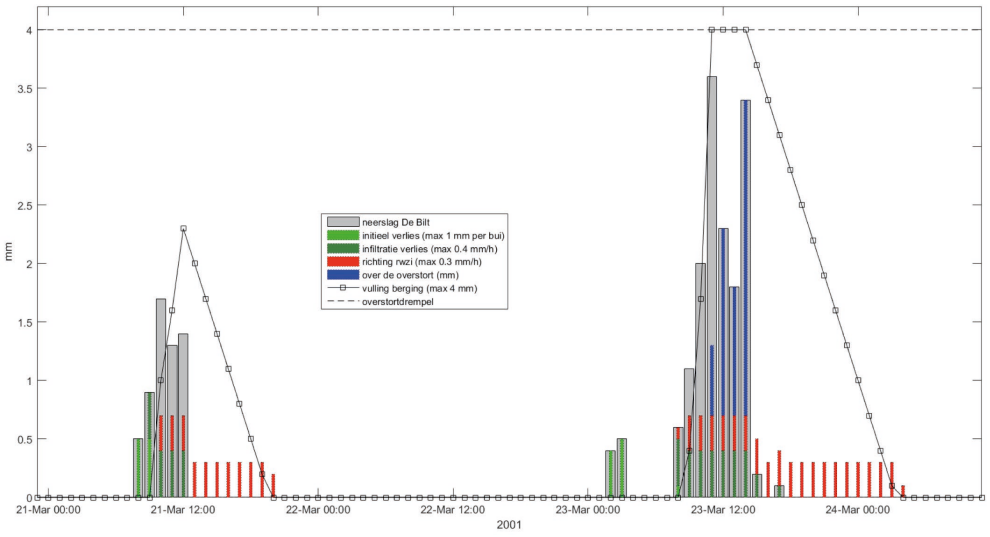
Naast hemelwater blijken andere bronnen van 'schoon' water een belangrijke rol te kunnen spelen in het volume dat jaarlijks vanuit VGS naar de zuivering gaat. In paragraaf 4.2 ziet u enkele voorbeelden uit de praktijkproeven van de afvoer van grond- en oppervlaktewater via VGS. Voor deze bronnen is inzichtelijk gemaakt hoeveel invloed rioolvreemd water kan hebben op het jaarlijks afgevoerde volume.

4.1 Kwantificering afvoer hemelwater vanuit VGS naar rwzi

4.1.1 Afvoer hemelwater vanuit standaard VGS

Een VGS kenmerkt zich door de afvoerroute vanuit het hemelwaterstelsel richting rwzi. De hoeveelheid hemelwater die het stelsel op deze manier daadwerkelijk afvoert, is afhankelijk van de karakteristieken van het stelsel (hoeveel berging?) en de afvoerroute (hoeveel capaciteit?). Om de jaarlijkse afvoer van hemelwater te kunnen kwantificeren, is in eerste instantie uitgegaan van een hemelwaterstelsel conform de ontwerprichtlijnen van de CUWVO (*CUWVO, 1992*). Dit is een stelsel met een onderdrempelberging van 4 mm (betrokken op het aangesloten verharde oppervlak) en een afvoercapaciteit van 0,3 mm/h (idem).

De berekening is uitgevoerd met een enkelvoudig bakmodel. Als invoer is de gemeten neerslag per uur gebruikt van KNMI-station De Bilt in de periode 2001 tot en met 2010. Het model berekent per uur waaraan de gevallen neerslag wordt toegerekend: inloopverlies, vulling van de berging, afvoer richting rwzi en/of afvoer via de overstort. Inloopverliezen zijn opgedeeld in een initieel verlies van maximaal 1 mm per bui en een constant infiltratieverlies van 0,4 mm/h. Een nieuwe bui begint na 6 uur zonder neerslag. In figuur 4.1 ziet u twee voorbeelden van typerend hydraulisch gedrag van het hemelwaterstelsel.



Figuur 4.1 Voorbeeld modelberekeningen

Eerste bui
Tijdens de eerste bui op 21 maart 2001 rond 12.00 uur registreert het station 5,8 mm neerslag. Van deze neerslag (brede, grijze staven op de achtergrond in figuur 4.1) wordt 1 mm toegerekend aan initieel verlies (smalle, lichtgroene staven op de voorgrond) en nog eens 1,6 mm aan infiltratieverlies tijdens de bui (smalle, donkergroene staven). De rest – in totaal 3,2 mm nettoneerslag – vult het stelsel voor iets meer dan 50% en leidt daarmee dus niet tot een overstorting. Vervolgens loopt de berging in ruim 10 uur leeg via de afvoer naar de rwzi (smalle, rode staven).

Tweede bui
Op 23 maart valt vroeg in de ochtend 0,9 mm neerslag. Deze neerslag wordt volledig toegerekend aan initieel verlies. Enkele uren later valt er nog 15,1 mm neerslag. Omdat de droge periode minder dan 6 uur heeft geduurd, wordt deze neerslag tot dezelfde bui gerekend en wordt nog maar 0,1 mm initieel verlies toegekend. Het infiltratieverlies tijdens de bui komt op 3,1 mm, waarmee de nettoneerslag van deze bui 11,9 mm bedraagt. Tijdens deze bui raakt het stelsel wél volledig vol, waarna ongeveer de helft van het afstromende hemelwater (6 mm) via de overstort afvoert (smalle, blauwe staven). De andere helft gaat richting rwzi.

Jaarbalans
De 10-jarige neerslagreeks is op deze manier doorgerekend, in tabel 4.1 ziet u een jaarbalans. In de periode 2001-2010 is gemiddeld per jaar 855 mm neerslag gevallen in De Bilt. Van die neerslag komt ruim 360 mm (ruim 40%) niet tot afstroming. Daarmee bedraagt de gemiddelde jaarlijkse nettoneerslag iets minder dan 500 mm. Van de nettoneerslag gaat uiteindelijk circa 330 mm (68%) naar de rwzi, de overige 160 mm (32%) verdwijnt via de overstort.

Tabel 4.1 Jaarbalans met verdeling over afvoerroutes standaard VGS (berging 4 mm, poc 0,3 mm/h), gebaseerd op KNMI-neerslag 2001-2010

	Standaard VGS	
Route	[mm/jaar]	[% nettoneerslag]
Neerslag	855	
Initieel verlies	132	
Infiltratieverlies	234	
Nettoneerslag	488	100%
Richting rwzi	331	68%
Via de overstort	158	32%

Deze rekenresultaten bevestigen dat een standaard VGS – ondanks de aanwezigheid van een gescheiden rioolsysteem – op jaarbasis alsnog ongeveer twee derde van de nettoneerslag richting de rwzi afvoert. De waterschijf van circa 330 mm (zie tabel 4.1) komt overeen met een volume hemelwater van circa 3.300 m^3 per hectare aangesloten verhard oppervlak.

Definities inloopverliezen en buien
De keuze voor de grootte van de inloopverliezen is (uiteraard) bepalend voor de hoeveelheid water die niet tot afstroming komt (zie tabel 4.2). Minder initieel en infiltratieverlies leidt tot een grotere nettoneerslag en vice versa. Maar hoewel de absolute hoeveelheden veranderen, leiden aanpassingen aan de inloopverliezen alleen tot marginale veranderingen in de verdeling van de nettoneerslag over de beide afvoerroutes (naar rwzi of via de overstort). In alle drie de gepresenteerde scenario's in tabel 4.2 gaat (afgerond) 68% van de nettoneerslag naar de rwzi. Een soortgelijk resultaat geeft aanpassing van de definitie van een bui. Als een nieuwe bui begint na 24 uur zonder neerslag (in plaats van na 6 uur) geeft dat in het model 32 mm extra nettoneerslag, maar een identieke verdeling over de twee afvoerroutes.

	1 mm initieel 0,4 mm/h infiltratie		0,5 mm initieel 0,2 mm/h infiltratie		1,5 mm initieel 0,6 mm/h infiltratie	
Route	[mm/jaar]	[%netto-neerslag]	[mm/jaar]	[% netto-neerslag]	[mm/jaar]	[% netto-neerslag]
Neerslag	855		855		855	
Initieel verlies	132		73		184	
Infiltratieverlies	234		153		282	
Nettoneerslag	488	100%	628	100%	389	100%
Richting rwzi	331	68%	424	68%	264	68%
Via de overstort	158	32%	204	32%	125	32%

Tabel 4.2 Gevoeligheid jaarbalans en verdeling over afvoerroutes voor definitie inloopverliezen

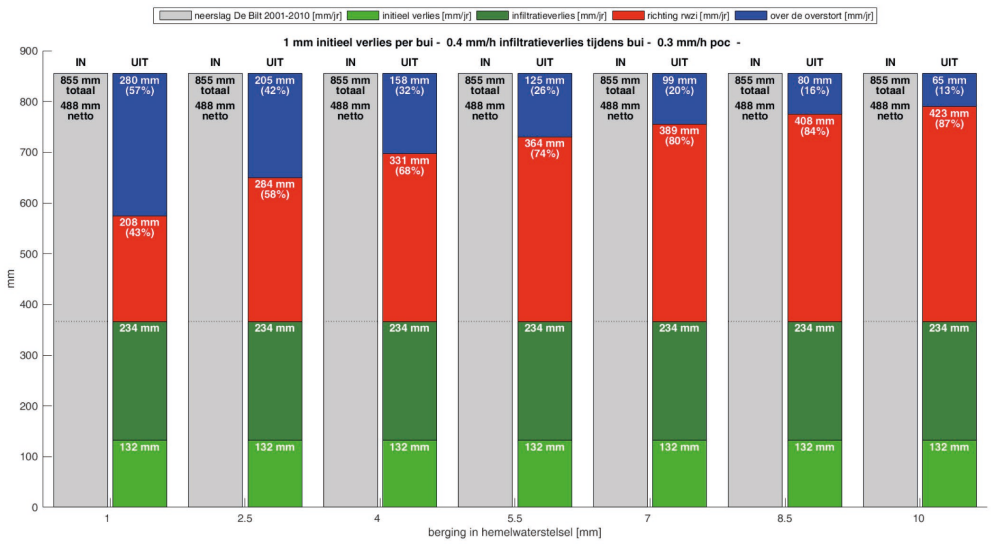
4.1.2 Afvoer hemelwater met aangepaste berging en pompovercapaciteit

Veel verbeterd gescheiden stelsels zijn niet of niet volledig vormgegeven conform de CUWVO-richtlijnen. Dit kan bewust zijn gebeurd, maar soms ook onbedoeld als bijvoorbeeld het juiste formaat pomp niet voorhanden was en het eerstvolgende formaat 'van de plank' is gehaald. Ook blijken doorlaten in koppelputten vaak een hogere capaciteit te hebben dan 0,3 mm/h. Daarmee kan de pompovercapaciteit van het stelsel (fors) groter zijn dan beoogd. Ook zijn sommige stelsels achteraf aangepast, bijvoorbeeld na een optimalisatiestudie. Veeltoegepaste maatregelen zijn het terugtoeren van een pompinstallatie of het gedeeltelijk dichtzetten van koppelputten door schuiven.

Ook voor deze niet-standaard VGS is de jaarlijkse afvoer van hemelwater richting rwzi ingeschat. In de figuren 4.2, 4.3 en 4.4 ziet u de toerekening van de totale neerslag (grijze staven links) aan inloopverliezen (groene staven rechts), afvoer richting rwzi (rode staven rechts) en afvoer via de overstort (blauwe staven rechts).

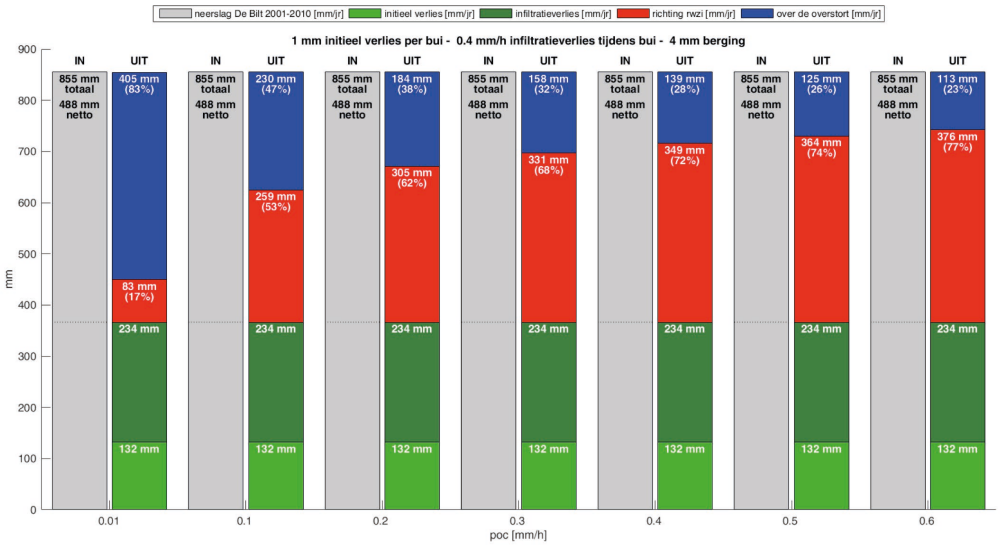
Aanpassing onderdrempelberging

Figuur 4.2 laat de gevoeligheid van de verdeling over de afvoerroutes zien als de onderdrempelberging van het hemelwaterstelsel verandert. De berging in het stelsel verandert als bijvoorbeeld het drempelpeil van de overstorten wordt aangepast. Als de berging van 4 mm (= standaard VGS) naar bijvoorbeeld 10 mm wordt vergroot, neemt de afvoer richting rwzi toe van 331 mm naar 423 mm, ofwel van 68% naar 87% van de nettoneerslag. Dit is conform de verwachting. Bij een grotere berging vangt het stelsel per bui meer hemelwater op, dat uiteindelijk naar de rwzi gaat. Bij een afname van de berging tot bijvoorbeeld 1 mm neemt ook de afvoer richting rwzi af, van 331 mm naar 208 mm (van 68% naar 43% van de nettoneerslag). Dit betekent dat maatregelen die zijn gericht op een kleinere onderdrempelberging (zoals het verlagen van overstortdrempels) tot enkele tientallen procenten van de nettoneerslag kunnen schelen in de jaarlijkse afvoer.



Figuur 4.2 Gevoeligheid jaarbalans en verdeling over afvoerroutes voor grootte onderdrempelberging

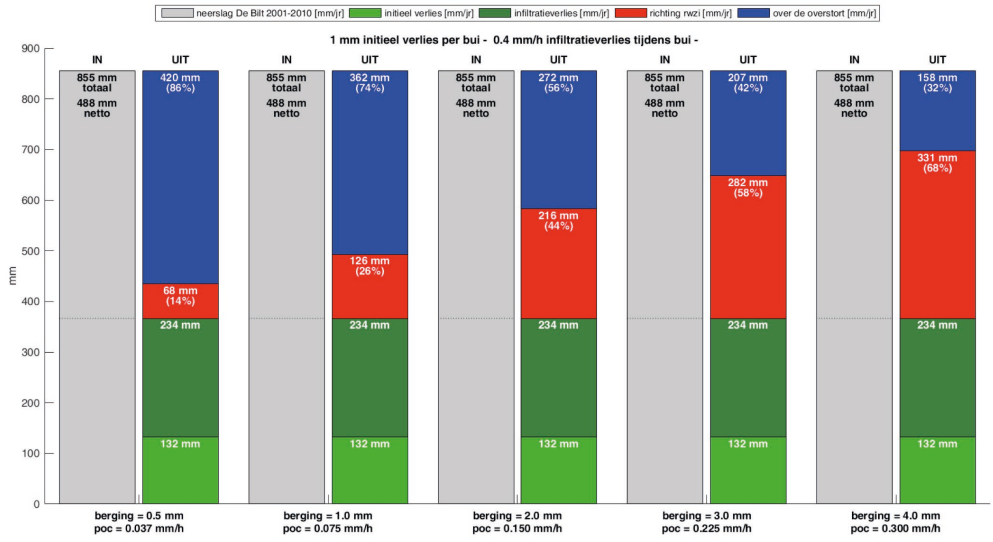
Figuur 4.3 Gevoeligheid jaarbalans en verdeling over afvoerroutes voor grootte pompovercapaciteit



Aanpassing pompovercapaciteit

In figuur 4.3 ziet u hetzelfde als in figuur 4.2 maar dan voor variatie in pompovercapaciteit. Hetzelfde fenomeen als voor de berging is zichtbaar. Bij een grotere pompovercapaciteit, bijvoorbeeld 0,6 mm/h in plaats van 0,3 mm/h, neemt de jaarlijkse afvoer naar de rwzi toe, van 68% naar 77% van de nettoneerslag. Ook dit ligt weer in de lijn der verwachting. Een grotere afvoercapaciteit leidt logischerwijs tot een groter afgevoerd volume, omdat het stelsel meer water kan afvoeren voordat het water kan overstorten. Omgekeerd geldt dat een kleinere pomp leidt tot een kleiner afgevoerd volume naar de rwzi. Wel valt op dat het afgevoerde volume niet bijzonder gevoelig is voor een kleinere pomp. Met een driemaal kleinere pomp (van 0,3 mm/h naar 0,1 mm/h) reduceert het volume met 'slechts' 15%. Pas met een écht kleine pomp (0,01 mm/h, dus dertigmaal kleiner dan in een standaard VGS) is het volume dat naar de rwzi gaat gereduceerd tot 17% van de nettoneerslag. Bij een ongewijzigde berging van 4 mm zorgt zo'n kleine pomp wel voor een onacceptabel lange ledigingstijd (tot 400 uur, ofwel ruim twee weken), waardoor het stelsel bijna continu vol blijft staan.

Figuur 4.4 Gevoeligheid jaarbalans en verdeling over afvoerroutes voor grootte berging en pompovercapaciteit, bij gelijkblijvende ledigingstijd van 13,3 uur



Combinatie van maatregelen

Figuur 4.4 geeft de combinatie van de maatregelen uit figuur 4.2 en 4.3 weer. De figuur toont de gevoeligheid van de jaarbalans als de onderdrempelberging en de pompovercapaciteit in verhouding worden verkleind. Hiermee wordt bedoeld dat de ledigingstijd van het stelsel niet verandert ten opzichte van een standaard VGS (4 mm/0,3 mm/h = ruim 13 uur). De combinatie van een kleinere berging (van 4 mm naar bijvoorbeeld 0,5 mm) en een kleinere pomp (van 0,3 mm/h naar 0,037 mm/h) vermindert het naar de rwzi verpompte volume fors, van 68% naar 14% van de nettoneerslag.

Conclusie

Het gecombineerd verkleinen van berging en poc kan dus een effectieve maatregel zijn om de afvoer van hemelwater vanuit een VGS richting rwzi (fors) te reduceren. Maar de berging is alléén te verkleinen door de overstortdrempels te verlagen of zelfs geheel te verwijderen als het drempelpeil (ruim) boven de buitenwaterstand blijft. In gebieden waar dat niet het geval is, kan een veel kleinere pomp nog steeds een zinnige maatregel zijn, maar dan in combinatie met een extra pomp om het hemelwaterstelsel naar het oppervlaktewater te ledigen. Hoofdstuk 6 werkt deze mogelijkheid (VGS 2.0) verder uit.

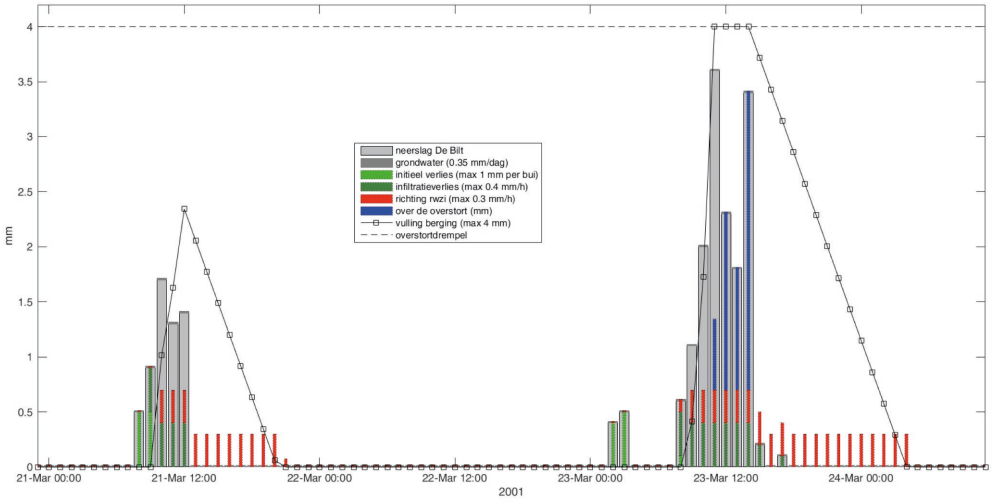
4.2 Afvoer rioolvreemd water vanuit VGS naar rwzi

Naast hemelwater blijken andere bronnen van 'schoon' water een belangrijke rol te kunnen spelen in het jaarlijks volume dat een VGS naar de zuivering afvoert. Deze paragraaf toont enkele voorbeelden uit de praktijkproeven van de afvoer van grond- en oppervlaktewater. Voor deze bronnen is inzichtelijk gemaakt hoeveel invloed rioolvreemd water kan hebben op het jaarlijks afgevoerde volume.

4.2.1 Grondwater in het hemelwaterstelsel

Praktijkproef Heerhugowaard

In de praktijkproef Heerhugowaard is geconstateerd dat het hemelwaterstelsel ook tijdens droge perioden continu "een beetje water" afvoert naar het vuilwaterstelsel. Het vermoeden is dat deze afvoer uit grondwater bestaat dat in het hemelwaterstelsel lekt. Mogelijk is ook een enkele drainageleiding op het hemelwaterstelsel aangesloten. Analyseresultaten van een steekmonster versterken het vermoeden dat het (grotendeels) grondwater betreft.



Figuur 4.5 Modelberekeningen (als in figuur 4.1), aangevuld met 0,35 mm/dag grondwater-afvoer

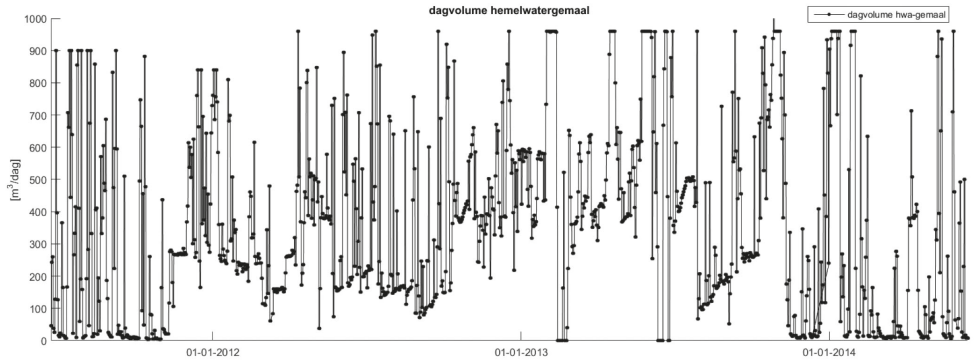
Vanaf maaiveld is tijdens droog weer de grondwaterafvoer op de bodem van het nagenoeg lege hemelwaterstelsel nauwelijks waar te nemen. Kwantificering van de afvoer laat zien dat het om circa 30 - 40 liter (l) per minuut gaat. Betrokken op het aangesloten verharde oppervlak (circa 15 ha) komt de afvoer overeen met een grondwaterbelasting van circa 0,012 - 0,016 mm/h, ofwel 0,3 - 0,4 mm/d. Vergeleken met de hemelwaterafvoer tijdens neerslag valt de afvoer van grondwater in het niet (zie figuur 4.5). In de figuur is voor dezelfde periode als in figuur 4.1 een grondwaterafvoer toegevoegd van 0,014 mm/h, ofwel 0,35 mm/dag (de zeer kleine donkergrijze schijfjes boven op de lichtgrijze neerslag). Hoewel op korte termijn dus van weinig belang, is de grondwaterafvoer op jaarbasis wel degelijk belangrijk. Een continue afvoer van 0,3 - 0,4 mm/dag vertaalt zich naar 110 - 150 mm grondwater per jaar dat – door de aanwezigheid van een VGS – nagenoeg geheel naar de rwzi gaat. Dat betekent een extra afvoer richting zuivering van ongeveer 25% van de netto-neerslag.

Praktijkproef Eindhoven

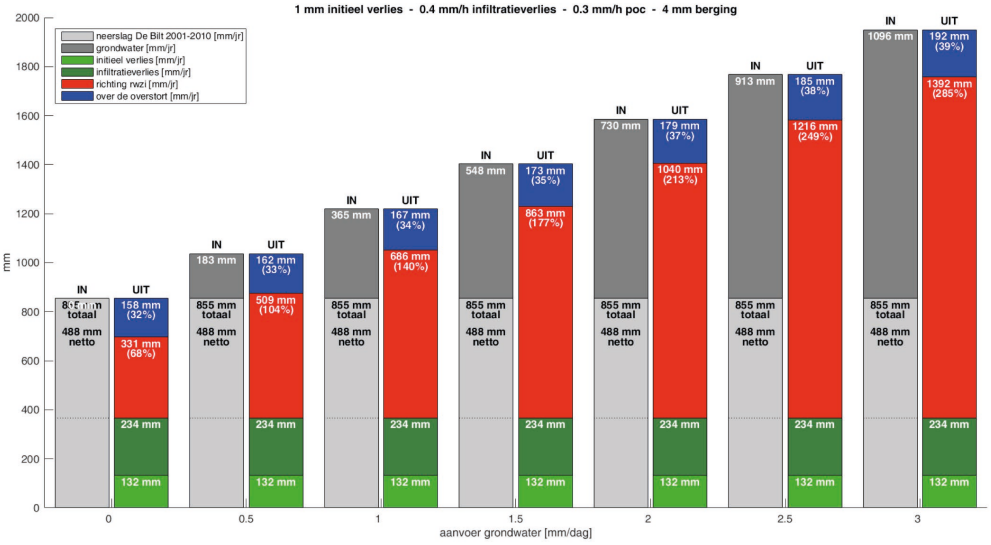
Hoewel in een andere vorm is ook in de praktijkproef Eindhoven geconstateerd dat grondwater een belangrijke rol kan spelen in de hydraulische belasting van een hemelwaterstelsel. Bij aanvang van de proef in de herfst van 2013 bleek al geruime tijd sprake van een forse waterafvoer tijdens droge perioden (zie figuur 4.6). Opvallend is dat deze verhoogde dwa eind 2011 vrij plotseling was ontstaan. Na onderzoek is een niet goed functionerende installatie voor warmtekoudeopslag (WKO-installatie) als oorzaak aangewezen.

Dagelijks kwam tussen 200 en 400 m^3 grondwater in het hemelwaterstelsel terecht. Betrokken op het aangesloten verharde oppervlak betekende dat een extra belasting van 1,7 - 3,4 mm grondwater per dag (= 600 - 1.200 mm per jaar, ofwel 125% - 250% van de nettoneerslag) dat – door de aanwezigheid van een VGS – nagenoeg geheel naar de rwzi ging. Na reparatie van de WKO-installatie eind 2013 is het probleem verholpen.

Figuur 4.6 Dagvolume hemelwatergemaal praktijkproef Eindhoven medio 2011 tot medio 2014



Figuur 4.7 Jaarbalans en verdeling over afvoerroutes standaard VGS bij verschillende groottes grondwateraanvoer

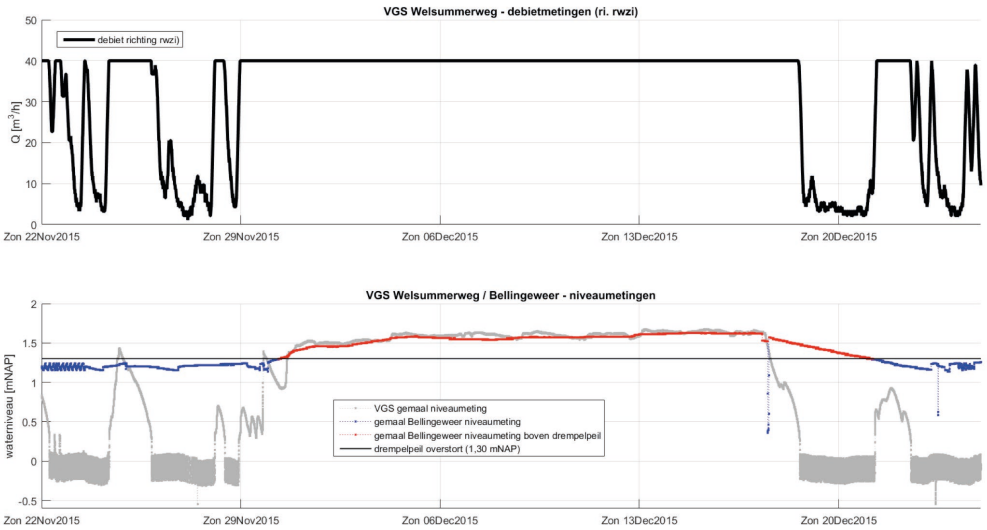


Bijdrage grondwater per jaar

Figuur 4.7 presenteert de relatieve bijdrage van grondwater aan de jaarbalans van een standaard VGS en de consequenties voor de verdeling over de afvoerroutes. Geheel links in de figuur staan de jaarbalans en de verdeling over de afvoerroutes zonder grondwater, zoals eerder in tabel 4.1. De andere staafgrafiekduo's tonen het extra aanbod van grondwater (donkergrijze staven) boven op die van de jaarlijkse neerslag (lichtgrijze staven) in stappen van 0,5 mm/d. Uit figuur 4.7 blijkt nogmaals dat bijna al het grondwater uiteindelijk naar de rwzi gaat. Bij een jaaraanbod van bijvoorbeeld 548 mm (= 1,5 mm/dag) neemt de afvoer richting rwzi toe met 532 mm en verdwijnt slechts 16 mm grondwater via de overstort. De afvoer naar de rwzi bedraagt in dit geval 177% van de jaarlijkse nettoneerslag. Hieruit blijkt dat de eventuele grondwaterafvoer via het hemelwaterstelsel van een VGS erg bepalend kan zijn voor het volume dat naar de zuivering gaat.

4.2.2 Oppervlaktewater in het hemelwaterstelsel

Behalve grondwater kan ook oppervlaktewater een belangrijke rol spelen in het hydraulisch functioneren van een VGS. Oppervlaktewater kan via de hemelwateroverstorten in het hemelwaterstelsel komen als het niveau van het ontvangende oppervlaktewater boven het drempelpeil komt of via een lek in de overstortmuur. Dit heet ook wel een 'negatieve overstorting'.

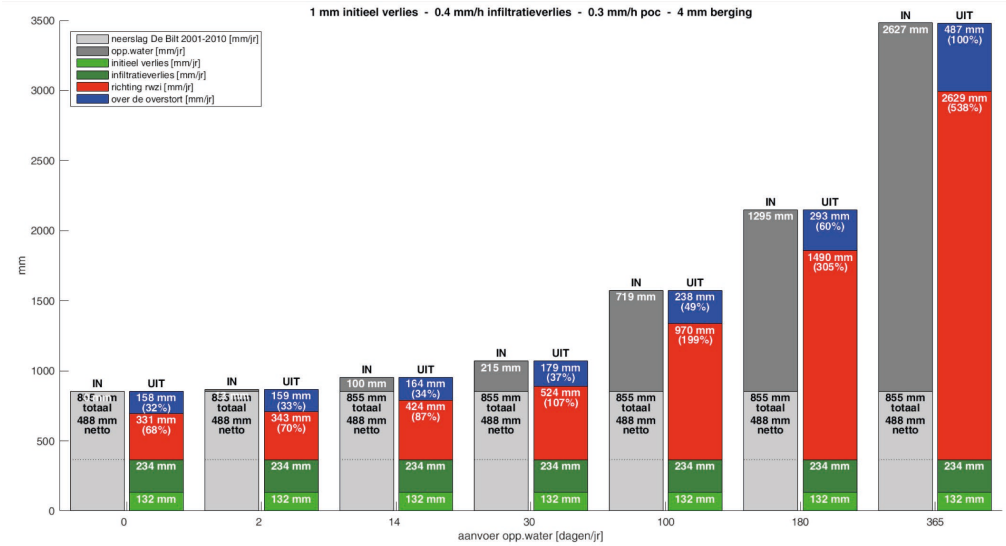


Figuur 4.8 Debiet- en niveaumetingen praktijkproef Dalfsen november/december 2015

Praktijkproef Dalfsen

In figuur 4.8 ziet u een voorbeeld uit de praktijkproef Dalfsen. De bovenste grafiek toont het verpompte debiet vanuit het hemelwaterstelsel richting rwzi, de onderste grafiek de niveaumetingen in het hemelwaterstelsel (grijs) en in het buitenwater (blauw, boven het drempelpeil rood). Het onderzochte VGS in Dalfsen heeft een overstort vanuit het hemelwaterstelsel naar het Bellingeweer, een klein oppervlaktewater dat onder invloed staat van de nabijgelegen rivier de Overijsselse Vecht. Bij aanvang van de proef medio december 2015 bleek de waterstand in de Vecht en in het Bellingeweer zodanig gestegen dat deze boven het drempelpeil van de overstort stond. Hierdoor was het hemelwaterstelsel volgestroomd en de VGS-pomp aangeslagen. Deze situatie heeft een kleine drie weken geduurd, totdat een terugslagklep in de overstortleiding was geplaatst en het stelsel (nog bij hoge buitenwaterstand) kon worden leeggepompt. In deze periode heeft de VGS-pomp volcontinu water naar de rwzi afgevoerd.

Bij de inloop van oppervlaktewater kan het debiet van het intredende water snel groter zijn dan de geïnstalleerde pompcapaciteit. Dat is het geval in het voorbeeld uit Dalfsen. Zodra het oppervlaktewater instroomt, vult het stelsel zich volledig, ondanks de continue werking van het gemaal. Daarmee is de inloopduur bepalend geworden om het effect op de volumebalans in te schatten. Het volume ingetreden oppervlaktewater is bij benadering te bepalen door de inloopduur te vermenigvuldigen met de afvoercapaciteit. Figuur 4.9 toont voor een VGS met een standaard afvoercapaciteit van 0,3 mm/h de gevolgen van de inloop van oppervlaktewater van variërende duur. Geheel links in de figuur staan weer de jaarbalans en de verdeling over de afvoerroutes zonder inloop van oppervlaktewater, zoals eerder in tabel 4.1 en figuur 4.7.



Figuur 4.9 Jaarbalans en verdeling over afvoerroutes standaard VGS bij verschillende duur inloop oppervlaktewater

Bij een kortdurende inloop (bijvoorbeeld maar twee dagen, als de inloop snel wordt gedetecteerd en verholpen) treedt 'slechts' 13 mm oppervlaktewater binnen. Hierdoor neemt de afvoer richting rwzi toe van 68% naar 70% van de nettoneerslag. In het voorbeeld uit Dalfsen is in twintig dagen tijd ongeveer 150 mm oppervlaktewater naar de rwzi afgevoerd. Hierdoor neemt de afvoer richting rwzi toe van 68% naar 94% van de nettoneerslag. Als oppervlaktewater het gehele jaar blijft inlopen (bijvoorbeeld door een forse lekkage in de overstortmuur), neemt de afvoer richting rwzi logischerwijs enorm toe, tot meer dan 500% van de nettoneerslag.

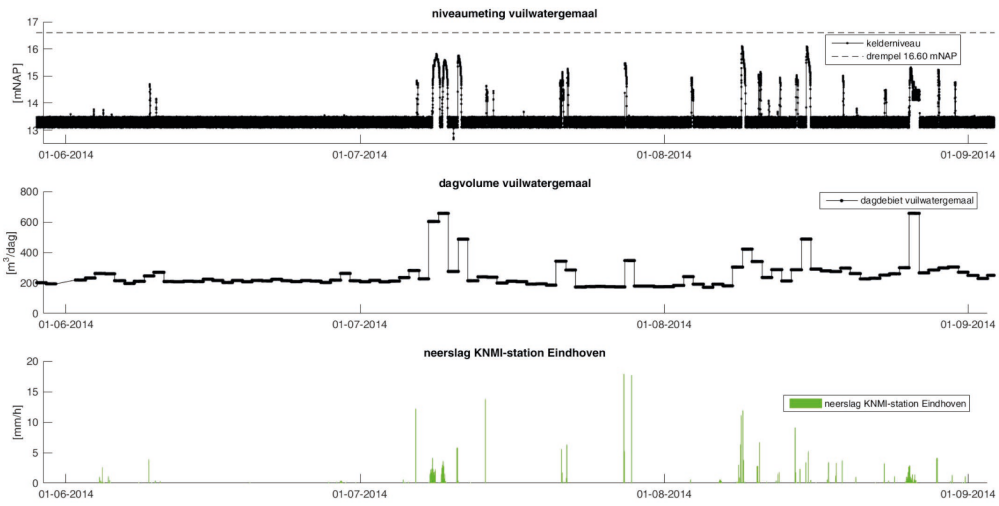
4.2.3 Hemelwater in het vuilwaterstelsel

Vuilwaterstelsels van verbeterd gescheiden stelsels kunnen ook te maken hebben met rioolvreemd water. Dit kan infiltrerend grondwater zijn, maar ook hemelwater dat door foutaansluitingen in het stelsel komt. Feitelijk gaat daarmee een deel van de (netto)neerslag in een gebied via het vuilwaterstelsel naar de rwzi. Maatregelen die zijn gericht op het hemelwaterstelsel, hebben dan ook geen invloed op deze (soms onverwacht grote) hemelwaterafvoer richting rwzi.

Praktijkproef Eindhoven

Een voorbeeld komt uit de praktijkproef Eindhoven. Het onderzochte vuilwaterstelsel in deze proef voert af via een eigen vuilwatergemaal met niveau- en debietmetingen. Hiermee is de afvoer van het gemaal inzichtelijk te maken (zie figuur 4.10). De bovenste grafiek toont voor de periode juni tot en met augustus 2014 het waterniveau in de gemaalkelder, de middelste grafiek het volume dat per dag is verpompt en de onderste grafiek de neerslag per uur zoals gemeten bij het KNMI-station in Eindhoven.

De normale afvoer van het vuilwatergemaal (bij droog weer) bedraagt circa 200 m^3/dag. Zowel de niveaumeting als de dagvolumes vertonen een sterkte reactie op neerslag. Bij elke bui van betekenis stijgt het waterniveau in de gemaalkelder tot (ruim) boven het inslagpeil en neemt het verpompte dagvolume toe. In de getoonde periode bedraagt het maximum dagvolume circa 700 m^3/dag, ofwel ruim een verdrievoudiging van de normale afvoer.



Figuur 4.10 Functioneren vuilwatergemaal praktijkproef Eindhoven juni-september 2014

In 2014 heeft dit vuilwatergemaal in totaal circa 97.000 m^3 verpompt. Hiervan was 73.000 m^3 (75%) normale afvoer en 24.000 m^3 (25%) extra afvoer tijdens neerslag. Dit volume hemelwater komt overeen met circa 41% van de nettoneerslag in het gebied. Daarmee blijkt een fors deel van de neerslag niet via het hemelwaterstelsel maar via het vuilwaterstelsel naar de rwzi te gaan. Eventuele maatregelen aan het hemelwaterstelsel van dit VGS kunnen dan ook maar beperkt effect hebben. Zelfs als het hemelwatergemaal volledig wordt uitgeschakeld, blijft het vuilwatergemaal 41% van de nettoneerslag naar de rwzi afvoeren.

4.3 Conclusies hydraulisch functioneren VGS

Verbeterd gescheiden stelsels kunnen veel 'schoon' water richting rwzi afvoeren. Een standaard VGS dat geheel conform de theorie werkt, transporteert ruim twee derde van de jaarlijkse nettoneerslag (circa 3.300 m^3 per hectare verhard oppervlak) naar de zuivering. Op landelijke schaal betekent dit – met circa 13.000 ha aangesloten op VGS – dat jaarlijks ongeveer 43 miljoen m^3 hemelwater vanuit VGS naar de rwzi's gaat.

Daarnaast blijkt dat voor veel VGS de praktijk anders is dan de theorie. Door rioolvreemd water kan de jaarlijkse afvoer richting rwzi nog tientallen tot honderden procenten van de nettoneerslag toenemen. Op basis van de ervaringen met VGS in de praktijkproeven en elders wordt geschat dat de hoeveelheid grond- en oppervlaktewater die vanuit VGS naar de rwzi's gaat op jaarbasis minstens even groot is als de hoeveelheid afgevoerd hemelwater.

Daarmee komt de totale jaarlijkse afvoer van 'schoon' water vanuit VGS naar rwzi's op minimaal 90 miljoen m^3. Dat is circa 5% van het jaarlijkse volume influent van de Nederlandse rwzi's. De veelgehoorde klacht dat VGS een grote bron van 'dun' water bij de rwzi kunnen zijn, lijkt dan ook terecht.

5 VGS in een bredere context

Bij het optimaliseren van VGS gaat de discussie vaak over de emissie vanuit het hemelwaterstelsel (zie hoofdstuk 3) versus de overmatige afvoer van schoon water (zie hoofdstuk 4). Maar er zijn meer aspecten die een rol kunnen spelen in de keuze om wel of niet 'anders om te gaan' met VGS. Een eventuele aanpassing aan (de infrastructuur van) een VGS kan soms onverwachte consequenties hebben die, afhankelijk van de lokale situatie, de moeite waard kunnen zijn om mee te nemen in de discussie. Dit hoofdstuk geeft een korte toelichting op deze overwegingen.

5.1 Effect (extra) emissie hemelwaterstelsel op lokale oppervlaktewaterkwaliteit

Als een VGS minder hemelwater en rioolvreemd water naar de rwzi gaat afvoeren, komt per definitie meer water in het oppervlaktewater terecht. Omdat dit water altijd een concentratie (vuil)stoffen bevat, belanden dus ook meer vuilstoffen vanuit het hemelwaterstelsel in het oppervlaktewater. Of dit toelaatbaar is, hangt af van het verwachte effect hiervan op de lokale oppervlaktewaterkwaliteit. Een grotere emissie kan in klein en kwetsbaar water (zoals veel stedelijk oppervlaktewater) de waterkwaliteit fors verslechteren, terwijl eenzelfde toename nauwelijks of zelfs geen enkele invloed kan hebben op groot en robuust oppervlaktewater (*RIONED, 2009; STOWA, 2014; 2015b*). De kwaliteit en de eigenschappen (draagkracht) van het ontvangende water spelen hierin dus een belangrijke rol. Als andere bronnen (zoals watervogels, bomen en hondenpoep) het ontvangende oppervlaktewater zwaar belasten, kan een toename van de VGS-afvoer (en emissie) ook een positief effect hebben. Vaak is het afstromende hemelwater immers de schoonst beschikbare bron om het stedelijk watersysteem aan te vullen of door te spoelen.

In de STOWA-RIONEDproeftuin 'Anders omgaan met VGS' is een eenvoudige methode ontwikkeld om laagdrempelig een watersysteem te analyseren, gericht op de effecten van maatregelen in het VGS. Deze paragraaf beschrijft de systematiek in het kort, een volledige omschrijving vindt u in het deelrapport 'Anders omgaan met VGS: effecten waterkwaliteit' *(Fennema, 2017)*.

Uitgangspunten watersysteemanalyse
Uitgangspunt van de systematiek is dat de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater niet mag verslechteren door veranderingen in het waterketenbeheer. Bij de uitwerking is er vanuit gegaan dat de nutriëntenbelasting de belangrijkste druk vormt voor de waterkwaliteit. Bovendien is voor de nutriëntenbelasting een hanteerbare methode beschikbaar (ecologische sleutelfactor 1 (ESF 1), zie *STOWA, 2014*).

De systematiek onderscheidt grofweg drie herkenbare ecologische toestanden:
1 helder water met een hoge ecologische waarde;
2 helder water met een dominantie van algemene planten;
3 niet-helder water met een dominantie van kroos en/of algen.

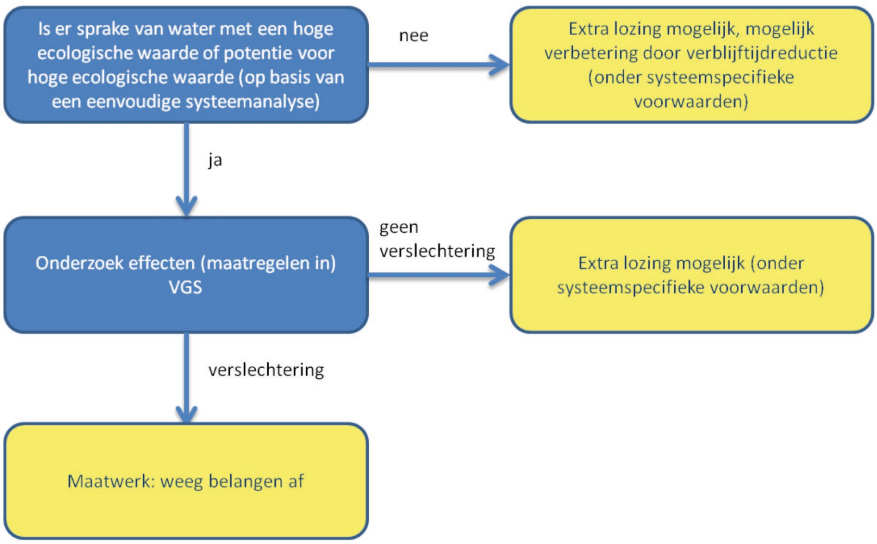
Vier stappen
Aan de hand van vier stappen bepaalt u in welke toestand het oppervlaktewater verkeert en wat nodig is om het water in een andere toestand te brengen.

Stap 1
Met ten minste één veldbezoek, een analyse van bestaande gegevens en gesprekken met gebiedskenners bepaalt u in welke toestand het ontvangende oppervlaktewatersysteem verkeert.

Stap 2
Met een eenvoudige systeemanalyse maakt u een overzicht van de belangrijkste waterstromen, stelt u een eenvoudige waterbalans op, bepaalt u grofweg de belasting en kritische belasting, en schetst u een beeld van het lichtklimaat (ESF 2) en de waterbodem (ESF 3). Afhankelijk van de lokale situatie kunnen andere sleutelfactoren ook een rol spelen, zoals organische belasting (ESF 7).

Stap 3
De uitkomsten van stap 1 en 2 legt u naast elkaar, waarna u bepaalt of het beeld dat uit beide stappen ontstaat overeenkomt. Vervolgens bepaalt u zowel de huidige ecologische toestand als de potentie.

Stap 4:
U volgt het schema in figuur 5.1 om in te schatten hoe gevoelig de oppervlaktewaterkwaliteit is voor een extra lozing vanuit het VGS. Voor wateren zonder hoge ecologische waarde (met bijvoorbeeld kroos en/of algen) of potentie daarvoor is de kwaliteit waarschijnlijk ongevoelig voor de extra VGS-lozing. Mogelijk verbetert de situatie door een kortere verblijftijd. Als de oppervlaktewaterkwaliteit wél goed is (of de potentie hiervoor groot is), gaat het type systeem een rol spelen. Bij een transportgestuurd systeem (verblijftijd < 3 dagen, bijvoorbeeld stromende beken) heeft de extra lozing naar verwachting geen negatief effect. Bij een procesgestuurd systeem (verblijftijd > 3 dagen, bijvoorbeeld stagnante sloten) is nader onderzoek nodig of een grotere geloosde vracht de oppervlaktewaterkwaliteit verslechtert. Hierbij kan de geloosde vracht maximaal een factor 3 groter zijn, als de hemelwaterafvoer toeneemt van 33% van de nettoneerslag (huidige afvoer van een standaard VGS) tot bijna 100%.



Figuur 5.1 Schema afweging belang extra hemelwaterlozing vanuit VGS voor kwaliteit oppervlaktewater (Bron: *Fennema, 2017)*

5.2 VGS in relatie tot gemengde overstorten

De hemelwaterstelsels van VGS voeren vaak niet direct af naar een rwzi, maar lozen het (hemel)water eerst in een tussenliggend gemengd stelsel. Bij zware neerslag kan een gemengde overstort in werking treden, terwijl het VGS-hemelwaterstelsel water blijft afvoeren naar het gemengde stelsel. Daarmee zorgt de afvoer vanuit het VGS dat er meer water via de gemengde overstort in het oppervlaktewater terechtkomt.

Door de waterkwaliteit van beide waterstromen te vergelijken (zie tabel 5.1), wordt duidelijk dat deze situatie ongewenst is. De tabel laat zien dat (gemiddeld genomen) hemelwater uit een hemelwateruitlaat schoner is dan water uit een gemengde overstort. Met andere woorden, door relatief schoon hemelwater uit een VGS aan het gemengde stelsel te blijven toevoegen, neemt de emissie vanuit de gehele afvalwaterketen feitelijk toe. Om dit te voorkomen, moet de afvoer vanuit hemelwaterstelsels van VGS 'slimmer' worden; het afpompen moet stoppen zodra een gemengd stelsel dreigt over te storten. Hiervoor moet het hemelwaterstelsel een 'gecontroleerde' afvoer hebben, zoals een gemaal of een op afstand bestuurbare schuif.

	CZV	N_{totaal}	P_{totaal}	Cu	Pb	Zn
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Water via hemelwateruitlaten	61	2,8 (Nkj)	0,4	26	33	194
Overstort gemengd systeem	250	13	3,1	92	102	431
Effluent rwzi	39	8,3	1,3	5,5	2,0	43

Tabel 5.1 Concentraties voor verschillende vuilparameters in afstromend hemelwater *(STOWA, 2007, voor woonwijken)*, effluent rwzi *(CBS Statline, 2009)* en overstort uit gemengd systeem *(RIONED, 2009)*

5.3 VGS in relatie tot rwzi-zuiveringsrendement en -effluentkwaliteit

Menig VGS draagt bij aan de aanvoer van hemelwater en rioolvreemd water naar de rwzi's (zie hoofdstuk 4). Enkele eerdere studies (*STOWA, 2008; 2015a*) hebben de effecten van dit 'dunne' water op het zuiveringsrendement, de effluentkwaliteit en de totale emissie van de afvalwaterketen in beeld gebracht:

1 Een grote hydraulische belasting van de rwzi tijdens hemelwaterafvoer (hwa) kan ammoniumpieken in het rwzi-effluent veroorzaken. Deze ongewenste ammoniumpieken zijn te beperken door in gebieden met gemengde riolering af te koppelen en de afvoer vanuit VGS te verminderen.
2 Elke m^3 effluent bevat een concentratie vuilstoffen die in het ontvangende oppervlaktewater terechtkomt. Door het aanbod van hemelwater en rioolvreemd water te reduceren, vermindert de hoeveelheid effluent en daarmee de geloosde vuilvracht. Overigens is deze afname in vuilvracht niet per definitie evenredig met de afname in volume. Dit komt door een mogelijk (positief of negatief) effect op het zuiveringsrendement.
3 Afstromend hemelwater bevat over het algemeen minder stikstof en fosfaat dan rwzi-effluent (zie tabel 5.1). Met andere woorden, door hemelwater op weg naar een rwzi te mengen met afvalwater en het vervolgens weer te reinigen in een rioolwaterzuivering, neemt de facto de concentratie nutriënten in het geloosde water toe en daarmee ook de totale emissie van nutriënten in het oppervlaktewater. Overigens geldt het omgekeerde voor stoffen die veel met afstromend hemelwater meevoeren (zoals zware metalen): zuivering op een rwzi leidt over het algemeen tot lagere concentraties in het effluent dan in het afstromende hemelwater.

Alle drie de effecten pleiten ervoor de aanvoer van schoon hemelwater en rioolvreemd water vanuit (onder andere) VGS richting rwzi's zo veel mogelijk te reduceren.

5.4 VGS en de regelmacht bij calamiteiten

Bij een calamiteit in een gebied met gescheiden riolering kan een vloeistof uit bijvoorbeeld een gekantelde tankauto of een ontspoorde treinwagon – al dan niet samen met bluswater – in de hemelwaterriolering terechtkomen. Hoe deze vloeistof het best is te verwerken, hangt af van de stof en de locatie. Vanwege toxiciteit zal afvoer naar (niet-isoleerbaar) oppervlaktewater soms ongewenst zijn, om diezelfde reden kan afvoer richting rwzi voor bepaalde stoffen ook ongewenst zijn. Vluchtige stoffen moeten vanwege explosiegevaar snel uit het hemelwaterstelsel worden verwijderd.

In tegenstelling tot traditioneel gescheiden stelsels is in veel VGS een bepaalde regelmacht in het hemelwaterstelsel aanwezig. Bijvoorbeeld een bedienbare schuif of een of meerdere pompen. Hierdoor is de afvoer uit het hemelwaterstelsel ook tijdens een calamiteit te controleren en de gewenste afvoerroute te kiezen. Uiteraard geldt dat naarmate de regelmacht in het stelsel toeneemt (zie paragraaf 2.3) de afvoermogelijkheden ook toenemen. Mede naar aanleiding van enkele recente treinongelukken is een onderzoek gestart naar de toepasbaarheid en toegevoegde waarde van beter toegeruste en/of regelbare riolering (zoals VGS) in spoorzones.

5.5 VGS en de rol bij wateroverschotten en -tekorten

Waterberging is zelden een thema in de afweging tussen een traditioneel gescheiden en een verbeterd gescheiden stelsel. Toch is er op dit vlak een duidelijk verschil tussen beide type stelsels: een standaard VGS heeft bij droog weer in het hemelwaterstelsel een onderdrempelberging beschikbaar van 4 mm. Daarnaast kan een VGS nog eens 7,2 mm per dag (24 h x 0,3 mm/h afvoercapaciteit) uit een gebied afvoeren richting rwzi. Hiermee kan een VGS een (soms significante) bijdrage leveren aan waterberging in stedelijk gebied. In sommige gebieden met een stedelijke wateropgave kan ombouw van bestaande gescheiden stelsels naar VGS een relatief eenvoudig te realiseren en daardoor ook kosteneffectieve maatregel zijn.

Omgekeerd kan het 'anders omgaan met VGS' een rol spelen bij watertekorten in oppervlaktewater in droge perioden. Door ervoor te zorgen dat een stelsel afstromend hemelwater niet meer op grote schaal richting rwzi afvoert maar lokaal loost, kan een VGS helpen om bij droogte watersystemen aan te vullen.

5.6 VGS en investeringen in hydraulische capaciteit van gemalen, persleidingen en rwzi's

De directe aanleiding voor veel optimalisatiestudies naar het functioneren van VGS is een mogelijke besparing bij de nieuwbouw, verbouw of uitbreiding van gemalen, persleidingen en rwzi's. Door de afvalwaterketen minder hemelwater en rioolvreemd water te laten verwerken, zijn de hydraulische capaciteiten van verschillende onderdelen bij nieuwbouw te beperken of is met gelijkblijvende capaciteiten tóch een nieuwbouwwijk te realiseren. Dit vertaalt zich vaak direct in forse besparingen op investeringskosten (ook wel capital expenditure of CAPEX genoemd) en op exploitatiekosten (operational expenditure of OPEX).

Anders omgaan met VGS is financieel te onderbouwen door mogelijke besparingen inzichtelijk te maken en de meerwaarde 'op geld te zetten'. Hiervoor zijn eerdere studies *(STOWA, 2008 en 2015a)* te gebruiken. In deze studies zijn berekeningen uitgevoerd voor een virtuele en 'gemiddelde' Nederlandse rioolwaterzuivering met een capaciteit van 100.000 i.e., gevoed door voor Nederland 'gemiddeld' influent bestaande uit afvalwater, afstromend hemelwater en rioolvreemd water. Voor deze rwzi zijn de gevolgen ingeschat voor de CAPEX en OPEX als het stelsel geen hemelwater en rioolvreemd water meer naar de rwzi afvoert (zie tabel 5.2). Als de rwzi geen hemelwater meer ontvangt, is een grote besparing mogelijk: 12 miljoen euro bij de bouw en circa 1 miljoen euro aan jaarlijks terugkerende kosten. Daarbovenop is nog een relatief kleine besparing mogelijk als ook het rioolvreemde water tijdens droog weer niet meer naar de zuivering gaat. Een uitgebreide onderbouwing van deze getallen vindt u in STOWA, 2008 en 2015a.

Tabel 5.2 Investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX) voor een standaard rwzi van 100.000 i.e. met en zonder aanvoer van hemel- en rioolvreemd water

Standaard rwzi 100.000 i.e.	CAPEX	OPEX	kosten per i.e.	kosten per m^3
Samenstelling influent	[x 1 miljoen EUR]	[x 1 miljoen EUR /jr]	[EUR/i.e.]	[EUR/m^3]
Afvalwater, hemelwater én rioolvreemd water	29	5,0	50	0,38
Afvalwater en rioolvreemd water	17	3,9	39	0,45
Afvalwater	15	3,7	37	0,85

Forse besparing

Op termijn gaan Nederlandse rwzi's het effluent mogelijk nabehandelen om er microverontreinigingen uit te verwijderen (4e trap). De kosten voor dit type zuiverende voorzieningen liggen relatief hoog ten opzichte van de huidige rwzi-kosten. De kosten bedragen nu circa 0,35 euro/m^3/jaar (STOWA, 2015a); de kosten voor bijvoorbeeld aanvullende granulaire actief koolfiltratie bedragen circa 0,26 euro/m^3/jaar extra (*STOWA, 2015c*). Als alle VGS in Nederland 90 miljoen m^3 hemel- en rioolvreemd water minder naar de rwzi's afvoeren (zie paragraaf 4.3), geeft dat een besparing van 0,26 euro/m^3/jaar x 90 miljoen m^3 = 23 miljoen euro per jaar.

Inspanning en samenwerking

Belangrijk bij de (financiële) afweging van het 'anders omgaan met VGS' is het feit dat de te leveren inspanning bij de gemeenten ligt als beheerders van de stelsels waar maatregelen nodig zijn. Terwijl de grootste opbrengsten ten bate komen van de waterschappen, omdat zij niet of minder hoeven investeren in een gemaal, persleiding en/of rioolwaterzuivering. Dit vraagt om een goede samenwerking tussen beide partijen.

5.7 VGS en energieverbruik

Het kost gemiddeld circa 0,1 kWh/m^3 om hemelwater en rioolvreemd water door de riolering en het transportsysteem naar de rwzi te transporteren *(STOWA, 2010)*. Deze energie zit voornamelijk in het op- en doorpompen van water bij gemalen. Het kost nog eens circa 0,15 kWh/m^3 om het water op de rwzi te verwerken en behandelen (*STOWA, 2015a*). Hierbij is beluchtingsenergie buiten beschouwing gelaten, omdat hemel- en rioolvreemd water nauwelijks bijdragen aan de voor de beluchting bepalende influentvrachten.

De jaarlijkse afvoer van 'schoon' water vanuit VGS naar rwzi's (hemel- en rioolvreemd water, zie hoofdstuk 4) wordt geschat op gemiddeld circa 6.600 m^3 per hectare aangesloten verhard oppervlak. Door dit schone water niet meer naar de rwzi te transporteren, is een energie-

besparing mogelijk van 0,25 kWh/m^3 x 6.600 m^3/ha/jaar = 1.625 kWh/ha/jaar. Met circa 13.000 ha aangesloten op VGS bedraagt de jaarlijkse potentiële energiebesparing op landelijke schaal ruim 21 miljoen kWh, ofwel 21 GWh. Dat is een marginale energiebesparing (~ 1%) ten opzichte van het totale jaarlijkse energiegebruik van waterschappen (circa 2.800 GWh). Bovendien is bij de ombouw naar VGS 2.0 (zie hoofdstuk 6) energie nodig om water naar het lokale oppervlaktewater te pompen, wat nog in mindering komt op de besparing.

5.8 VGS en zuurstofarm water in hemelwaterstelsels

Een deel van de hemelwaterstelsels van traditioneel gescheiden stelsels in Nederland is ook tijdens droogweer (deels) verdronken. Zuurstofvragende stoffen in bijvoorbeeld bezonken slib of afvalwater uit foutaansluitingen kunnen het zuurstof in het vaak stilstaande water grotendeels consumeren. Dit leidt ertoe dat het hemelwaterstelsel (deels) gevuld is met zuurstofarm water. Bij (zware) neerslag kan de inhoud van het stelsel in korte tijd in het oppervlaktewater geloosd worden. Als het in het stelsel geborgen volume relatief groot is ten opzichte van het volume van het ontvangende water, kan dit tot acute zuurstofproblemen in het oppervlaktewater leiden. Een voorbeeld van dit fenomeen is beschreven in *Kuipers et al., 2013*. Door het ledigen van het hemelwaterstelsel na elke bui kennen verbeterd gescheiden stelsels deze problematiek niet.

6 VGS 2.0

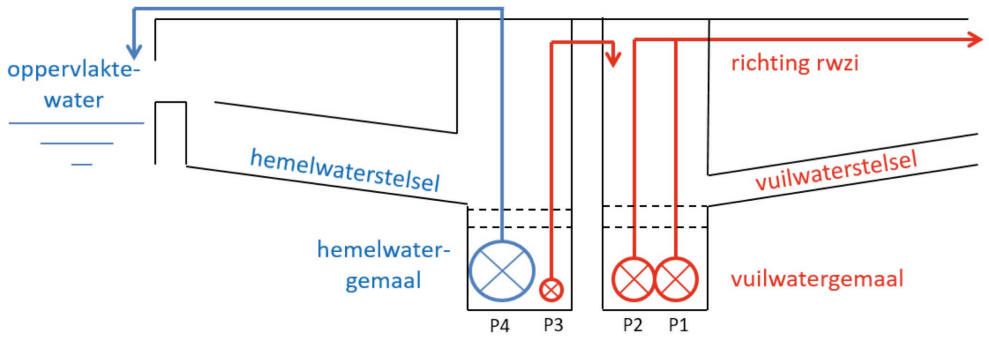
Bij het optimaliseren van de huidige VGS is sprake van een spanningsveld:

- Een VGS voert veel hemelwater en (soms ook) rioolvreemd water af richting rwzi. De berekeningen en voorbeelden in hoofdstuk 4 laten zien dat deze afvoer op jaarbasis vele miljoenen m^3 bedraagt. Hoofdstuk 5 toont dat het deels of geheel reduceren van deze afvoer veel voordelen heeft: het water is lokaal goed te benutten in het oppervlaktewater, het reduceert het volume via gemengde overstorten, de rwzi gaat beter presteren en minder lozen, de verwerking in de afvalwaterketen kost minder energie en er zijn besparingen mogelijk op investeringen in rwzi's, gemalen en persleidingen. Dit pleit voor de grootschalige ombouw van VGS naar traditioneel gescheiden stelsels.
- Maar er zijn ook valide argumenten om (het principe van) VGS te behouden of zelfs breder toe te passen. Paragraaf 3.2 noemt slordig lozingsgedrag en toont het belang van foutaansluitingen; de emissie vanuit hemelwaterstelsels is erg gevoelig voor foutief aangesloten huisaansluitingen. Bovendien kan met een toenemende kennis over 'nieuwe stoffen' een nieuwe noodzaak ontstaan om ook het afvalwater van alle foutief op de riolering aangesloten Nederlanders naar een rwzi te transporteren. Hoofdstuk 5 noemt nog twee VGS-voordelen: meer regelmacht bij calamiteiten en een bijdrage aan de waterberging in de stad.

Dit spanningsveld laat zien dat zowel de huidige gescheiden stelsels als de huidige VGS geen optimale oplossing bieden voor de omgang met de verschillende waterstromen in de waterketen. Op zoek naar een oplossing die beter aansluit bij de praktijk, is in het kader van de STOWA-RIONEDproeftuin 'Anders omgaan met VGS' een nieuw concept ontwikkeld dat de voordelen van een gescheiden stelsel combineert met die van een VGS: VGS 2.0. Dit hoofdstuk introduceert dit concept, laat zien welke infrastructurele aanpassingen nodig zijn en beschrijft het effect aan de hand van resultaten van de praktijkproef in Eindhoven.

6.1 Principe en infrastructuur VGS 2.0

Een VGS 2.0 is een 'geoptimaliseerd' verbeterd gescheiden stelsel dat schoon water lokaal loost in het oppervlaktewater en vies water uit foutaansluitingen naar de rwzi stuurt. Een VGS 2.0 kent een normaal vuilwaterstelsel met vuilwatergemaal richting rwzi en een hemelwaterstelsel met een hemelwatergemaal met twee afvoerroutes: één richting vuilwaterstelsel en één naar oppervlaktewater (zie figuur 6.1). Koppelputten of eventuele andere verbindingen tussen beide stelsels zijn dichtgezet of niet aanwezig.



Figuur 6.1 Principeschema VGS 2.0

Het VGS 2.0 heeft een ruimere stuurmacht dan een standaard VGS om zo actiever de waterstromen te kunnen beïnvloeden. Concreet betekent dit vaak dat het hemelwatergemaal van een VGS 2.0 twee aparte pompen heeft: één pomp die het vieze water afvoert naar de kelder van het naastgelegen vuilwatergemaal (P3 in figuur 6.1) en één pomp die het schone water afvoert naar het dichtstbijzijnde oppervlaktewater (P4 in de figuur). Op deze manier is water in het hemelwaterstelsel dus niet alleen richting rwzi te verpompen, maar ook actief naar het oppervlaktewater (en dus niet meer alleen passief als het water over de overstort gaat). Een sturingsalgoritme bepaalt wanneer welke pomp operationeel is.

Feitelijk lijkt VGS 2.0 daarmee op 'variant 4' uit figuur 2.3 (in paragraaf 2.3), die al op enkele locaties in Nederland is toegepast, maar wel met belangrijke verschillen:

- De pomp in het hemelwatergemaal richting rwzi (P3) voert af naar de kelder van het vuilwatergemaal en niet direct in de persleiding van de vuilwaterpompen P1 en P2. De reden hiervoor is onafhankelijkheid. In de praktijkproef Eindhoven is gebleken dat het functioneren van het vuilwatergemaal van invloed kan zijn op het functioneren van het hemelwatergemaal. Bij grote buien, als P1 en P2 langdurig en continu operationeel zijn om (foutief aangesloten) hemelwater via het vuilwaterstelsel af te voeren, krijgt P3 geen kans om vies water in het hemelwaterstelsel af te voeren richting rwzi. Een onafhankelijke afvoer van P3 voorkomt dit.
- Zeker bij nieuwe stelsels is de aanvoer van water vanuit (huishoudelijke) foutaansluitingen doorgaans beperkt. Een pompcapaciteit richting rwzi (P3) van 0,01 mm/h (ofwel 0,1 m^3/h/ha) volstaat in principe om de hoeveelheid water tot 10% foutaansluitingen te kunnen verwerken. Hierdoor kan de capaciteit van P3 een factor 30 kleiner zijn dan de ontwerprichtlijn van 0,3 mm/h. Een gemaalregeling kan de daadwerkelijke afvoer nog verder beperken (zie paragraaf 6.2). Als andere bronnen dan huishoudelijke foutaansluitingen ook vies water in het hemelwaterstelsel lozen, moet de pompcapaciteit hierop uiteraard aangepast worden.
- De capaciteit van de pomp naar het oppervlaktewater (P4) is bij voorkeur juist beduidend groter dan de ontwerprichtlijn van 0,3 mm/h. Met een grote pomp kan het hemelwaterstelsel na afloop van een bui snel leeglopen, waarna een sturingsalgoritme (dat bijvoorbeeld onderscheid maakt tussen dwa en hwa) weer actief kan worden. Met een capaciteit van bijvoorbeeld 0,6 mm/h (ofwel 6 m^3/h per hectare verhard oppervlak) halveert de ledigingstijd van een stelsel met 4 mm berging tot circa 6,5 uur.

Belangrijk onderdeel van VGS 2.0 is het sturingsregime dat bepaalt wanneer welke pomp in het hemelwatergemaal actief is (P3 óf P4). Dit sturingsregime komt in paragraaf 6.2 aan de orde.

Toekomstbestendig

Door het hemelwaterstelsel uit te rusten met veel stuurmacht, is de omgang met het hemelwater en overig water in het stelsel flexibel en daardoor toekomstbestendig. Als het systeem niet optimaal functioneert (bijvoorbeeld door voortschrijdend inzicht, een toegenomen aantal foutaansluitingen of een beleidswijziging), is het functioneren van het hemelwaterstelsel eenvoudig te verbeteren door het sturingsalgoritme aan te passen. Kostbare aanpassingen aan de infrastructuur zijn dan vaak niet nodig.

Toepasbaarheid

Het VGS 2.0-concept is zowel op bestaande VGS als op bestaande gescheiden stelsels (GS) toe te passen. Voor dit laatste type stelsel kan VGS 2.0 een end-of-pipe-oplossing zijn voor een probleem met foutaansluitingen. Daarmee biedt het een alternatief voor het opsporen en verhelpen van de foutaansluitingen. De mate van inspanning (en dus kosten) om bestaande VGS en GS naar VGS 2.0 om te bouwen, hangt sterk af van de huidige inrichting van de stelsels. In het deelrapport 'Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard' (Schilperoort en Langeveld, 2017) staan voorbeelden (met kostenopgaaf).

6.2 Gemaalregeling: stelseldiagnose en watersysteemanalyse

Het hemelwatergemaal van een VGS 2.0 heeft een pomp richting rwzi én een pomp naar oppervlaktewater. Een gemaalregeling moet ervoor zorgen dat de juiste pomp op het juiste moment actief is. Met andere woorden, de regeling moet ervoor zorgen dat het schone water daadwerkelijk naar het oppervlaktewater gaat en het vieze water naar de rwzi.

Een VGS 2.0-gemaal kent geen standaard gemaalregeling, maar een regeling die is aangepast aan de lokale situatie. De (variatie in) waterkwaliteit van het water in een hemelwaterstelsel kan tenslotte voor elk stelsel anders zijn. Ook de belastbaarheid van het oppervlaktewater varieert van locatie tot locatie, waardoor de definitie van 'schoon' en 'vies' geen vast gegeven is. Om een goede regeling te kunnen ontwerpen, moet de lokale situatie dus in beeld worden gebracht. Dit kan met een stelseldiagnose en een watersysteemanalyse.

Stelseldiagnose
Een stelseldiagnose moet het hydraulisch functioneren van een hemelwaterstelsel in beeld brengen. Ook moet de studie inzicht geven in de bijbehorende waterkwaliteit. Op basis van bijvoorbeeld debiet- of niveaumetingen bij een gemaal is in te schatten of sprake is van dwa en zo ja, waar deze vandaan komt. Denk aan foutaansluitingen, grondwaterinfiltratie, bronnering, een WKO-installatie en inlopend oppervlaktewater. De metingen geven ook inzicht in het stelselgedrag tijdens hwa. Informatie over de waterkwaliteit van de verschillende waterstromen is te krijgen door monstername en/of (tijdelijk) gebruik van continue waterkwaliteitssensoren. De resultaten van de stelseldiagnose geven inzicht in welke vorm van gemaalsturing mogelijk of nodig is: sturing op waterkwantiteit (zie paragraaf 6.3) of sturing op waterkwaliteit (zie paragraaf 6.4). Voorbeelden van deze stelseldiagnoses vindt u in het deelrapport 'Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard' (*Schilperoort en Langeveld, 2017*).

Watersysteemanalyse
Een watersysteemanalyse moet antwoord geven op de vraag welke emissie vanuit het hemelwaterstelsel in het lokale watersysteem toelaatbaar is. Paragraaf 5.1 beschrijft een eenvoudige systematiek voor een watersysteemanalyse, die voor de proeftuin is ontwikkeld. Een uitgebreide beschrijving en de toepassing van die methode in enkele cases vindt u in het deelrapport 'Anders omgaan met VGS: effecten waterkwaliteit' (*Fennema, 2017*). Vaak zal de waterkwaliteitsbeheerder een watersysteemanalyse uitvoeren (in samenwerking met de gemeente).

Sturingsalgoritme
De resultaten uit de stelseldiagnose en de watersysteemanalyse vormen de basis voor een sturingsalgoritme van het VGS 2.0-gemaal. De interpretatie van de resultaten en de doorvertaling daarvan naar het gewenste sturingsregime vinden bij voorkeur plaats in samenspraak tussen gemeente (als stelselbeheerder) en waterschap (als zuiverings- en waterkwaliteitsbeheerder).

6.3 Sturen op waterkwantiteit
Voor een VGS 2.0-gemaal heeft sturen op waterkwantiteit (ook wel sturing op hydraulica genoemd) de voorkeur, omdat dit het eenvoudigst is. De informatie over waterkwantiteit die het sturingsalgoritme nodig heeft om te besluiten welke pomp actief moet zijn (P3 of P4, zie figuur 6.1), is vaak al voorhanden in een bestaand gemaal of is eenvoudig te realiseren in een nieuw gemaal. Voorbeelden zijn de draaiuren van een pomp, het waterniveau in de gemaalkelder of het debiet in de afgaande persleiding. Sturen op waterkwantiteit is bovendien een vrij betrouwbare sturingsvorm, omdat waterkwantiteitsmetingen over het algemeen robuust en onderhoudsarm zijn en zo een betrouwbaar inputsignaal vormen.

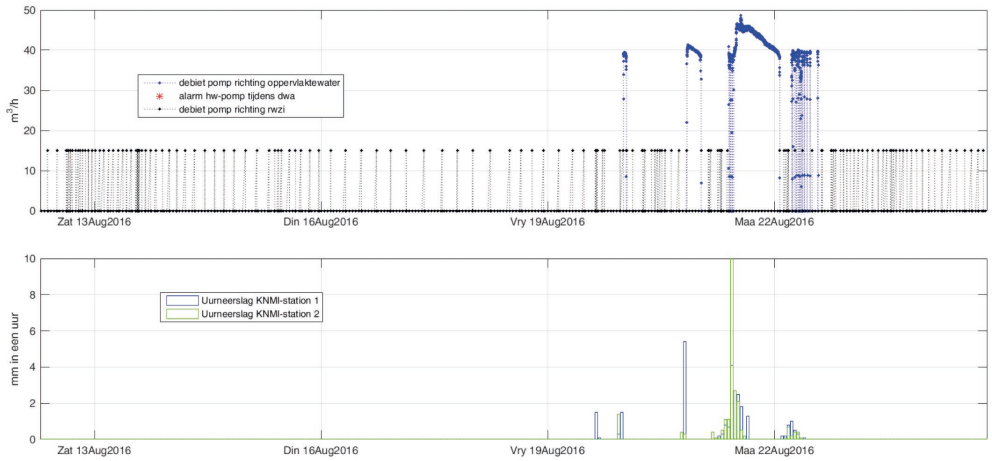
Een belangrijke voorwaarde voor sturing op hydraulica is dat de waterkwantiteit een goede voorspeller is van de waterkwaliteit. Met andere woorden, uit de stelseldiagnose moet blijken dat elke te onderscheiden hydraulische conditie (zoals dwa, hwa, dagafvoer, nachtafvoer) bijna altijd gepaard gaat met een bepaalde waterkwaliteit. Hierdoor is de waterkwantiteit als 'surrogaatparameter' voor waterkwaliteit te gebruiken en is het niet nodig om de waterkwaliteit direct te meten.

Sturing op waterkwantiteit is bijvoorbeeld mogelijk als naast hemelwater 'alleen maar' afvalwater vanuit huishoudelijke foutaansluitingen in het stelsel komt. Uit de stelseldiagnose en systeemanalyse volgt dan waarschijnlijk dat de dwa naar de rwzi moet en de hwa lokaal naar het oppervlaktewater. De gemaalsturing kan dan bijvoorbeeld op basis van waterniveau in de gemaalkelder onderscheid maken tussen dwa en hwa: onder een drempelpeil richting rwzi (P3 actief) en boven dat drempelpeil naar oppervlaktewater (P4 actief).

Voorbeeld
In figuur 6.2 ziet u een voorbeeld van sturen op waterkwantiteit door een VGS 2.0-gemaal (De Haan et al., 2017). De bovenste grafiek toont in zwart het debiet van de pomp richting rwzi en in blauw het debiet van de pomp naar oppervlaktewater. De onderste grafiek toont de gemeten neerslag van twee KNMI-stations in de buurt. In de stelseldiagnose is vastgesteld dat het hemelwaterstelsel (industrieel) afvalwater ontvangt (vermoedelijk vanuit foutaan-

sluitingen) dat naar de rwzi moet. Ook is vastgesteld dat deze lozingen maximaal 3 m^3 per periode van 3 uur bedragen. De gemaalregeling is hierop ingericht. De pomp richting rwzi mag maximaal 3 m^3 per 3 uur verwerken, het overige aangevoerde water gaat naar het oppervlaktewater. De figuur toont dat de gemaalregeling werkt zoals beoogd; tijdens droog weer gaat het water naar de rwzi en bij neerslag naar het oppervlaktewater.

Figuur 6.2 Voorbeeld sturing op waterkwantiteit: dwa gaat naar rwzi, hwa naar oppervlaktewater



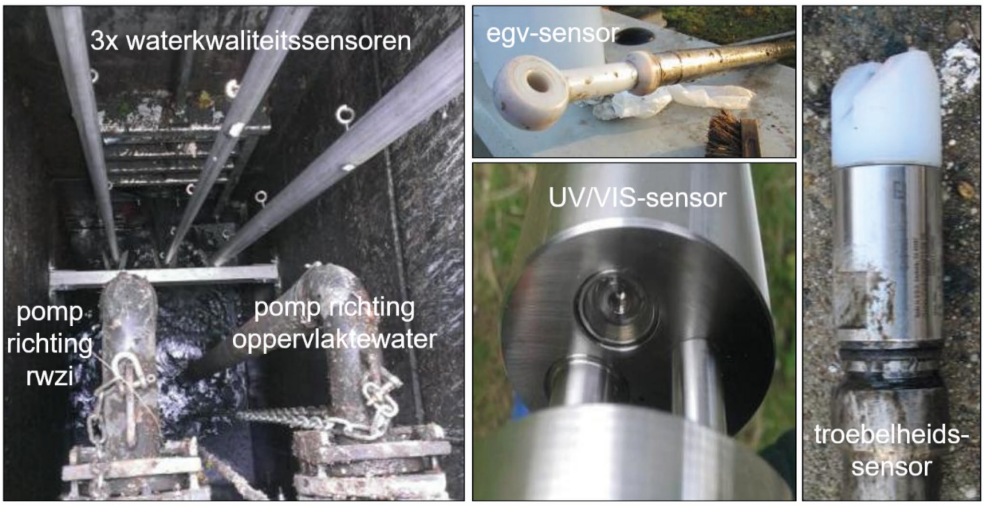
Uit de stelseldiagnose kan ook blijken dat de waterkwantiteit en -kwaliteit in het onderzochte stelsel niet hand in hand gaan. Dat kan het geval zijn als de dwa meerdere bronnen heeft. Een combinatie van bijvoorbeeld foutaansluitingen en (variabele) lozingen vanuit een bronnering of WKO-installatie kan leiden tot een onvoorspelbare kwaliteitsvariatie tijdens dwa. Het sturen op waterkwantiteit is dan niet langer mogelijk, omdat kwantiteit dan geen goede voorspeller meer is van de waterkwaliteit. In deze gevallen komt sturen op waterkwaliteit in beeld (zie paragraaf 6.4).

6.4 Sturen op waterkwaliteit

Een VGS 2.0-gemaal sturen op waterkwaliteit kan met waterkwaliteitssensoren. Deze sensoren worden in het hemelwatergemaal geïnstalleerd om de kwaliteit van het aangevoerde water te bepalen. Als de sensor laat zien dat het water schoon is, gaat de afvoer naar het oppervlaktewater (P4 actief). Is het water vies, dan voert het stelsel af richting rwzi (P3 actief).

Bij het gebruik van waterkwaliteitssensoren is de voornaamste vraag welke parameter de sensoren moeten meten. Op basis van welke parameter wordt beoordeeld of het water schoon of vies is? Daarbij moet rekening worden gehouden met het feit dat niet voor alle ‘interessante’ parameters sensoren beschikbaar zijn die de vuilconcentratie hoogfrequent in beeld kunnen brengen. Zo is voor veel watersystemen de emissie van nutriënten (stikstof en fosfaat) relevant, maar is er vooralsnog geen sensor die deze stoffen hoogfrequent kan meten, die onderhoudsarm is en over een langere periode de condities in een hemelwaterriool ‘overleeft’.

In de praktijkproeven in Eindhoven, Heerhugowaard en Dalfsen zijn sensoren voor elektrisch geleidend vermogen, sensoren voor turbiditeit en UV/VIS-sensoren toegepast (zie figuur 6.3). In het kader vindt u meer informatie over deze drie typen sensoren, een uitgebreidere omschrijving en meer meetresultaten vindt u in het deelrapport ‘Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard’ (*Schilperoort en Langeveld, 2017*).



Figuur 6.3 Waterkwaliteits-sensoren toegepast in VGS 2.0-hemelwatergemaal

Sensor voor elektrisch geleidend vermogen

Een sensor voor elektrisch geleidend vermogen (egv, ook wel geleidbaarheid genoemd) meet niet direct een vuilparameter, maar de aanwezigheid van ionen in het water. Een egv-sensor is soms te gebruiken om verdunningsprocessen in beeld te brengen en daarmee onderscheid te maken tussen dwa en hwa (zie figuur 6.4). In het voorbeeld uit de praktijkproef Heerhugowaard heeft instromend hemelwater tijdens een bui een beduidend lagere geleidbaarheid dan de dwa. Daarmee is egv in dit geval te gebruiken als stuurparameter. Bij waarden onder de 300 µS/cm bestaat de aanvoer uit hemelwater en mag dit naar het oppervlaktewater (P4 actief), bij waarden boven deze drempel bestaat de aanvoer ook deels uit dwa en moet dit richting rwzi (P3 actief). N.B. De egv-sensor wordt hier alleen gebruikt om onderscheid te maken tussen dwa en hwa. De sensor maakt geen inschatting van de waterkwaliteit tijdens beide afvoerregimes (schoon of vies?), dat is in een eerder stadium tijdens de stelseldiagnose al gebeurd (zie paragraaf 6.2) aan de hand van monstername.

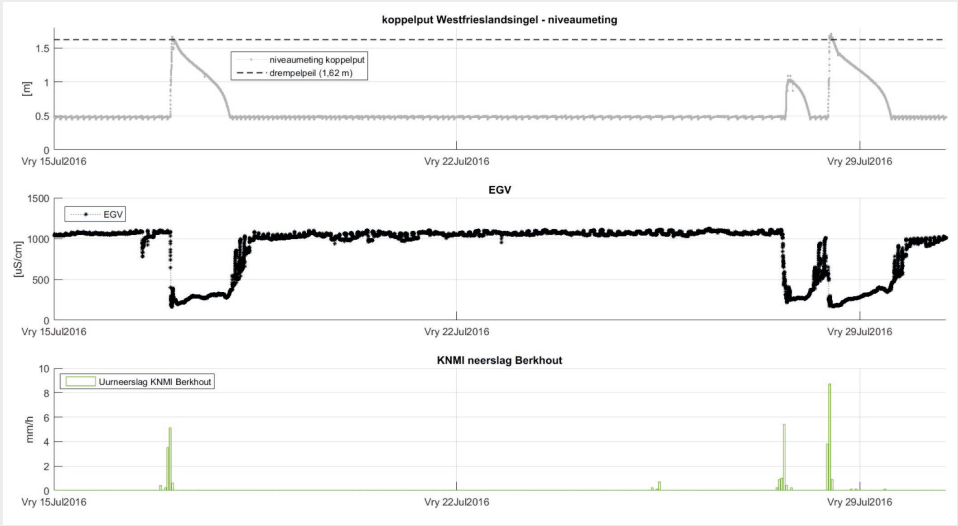
Sensor voor turbiditeit

Een sensor voor turbiditeit meet de troebelheid van het water. Ook troebelheid is geen directe vuilparameter, maar het is wel een goede indicatie voor het gehalte niet-opgeloste (= zwevende) stoffen in het water. Het totaal aan zwevende stoffen in het water is interessant, omdat veel vuil aan zwevende deeltjes gehecht kan zijn. Zware metalen en PAK's hebben bijvoorbeeld de neiging te hechten aan zwevend materiaal. Overigens kan ook de lozing van troebel water vanuit foutaansluitingen (met bijvoorbeeld melkachtige materialen) een forse en langdurige toename in troebelheid veroorzaken.
Variatie in troebelheid treedt vooral op in overgangssituaties in hemelwaterstelsels. Als de stroming in het hemelwaterstelsel snel toeneemt bij het begin van een bui en hierdoor eerder bezonken materiaal weer wordt meegevoerd, is dat te zien aan een toename van de troebelheid (zie figuur 6.5). Dit fenomeen heet ook wel 'first flush' (zie ook paragraaf 3.1.3). Ook als het stelsel bijna leeg is gepompt na een bui, kan de stroomsnelheid in het stelsel snel toenemen. Hierdoor treedt een vergelijkbaar effect op als bij het begin van de bui, een 'piek' in troebelheid ('final flush', zie ook figuur 6.5). Als in de stelseldiagnose is vastgesteld dat de 'first flush' en 'final flush' naar de rwzi moeten, is troebelheid als stuurparameter te gebruiken.

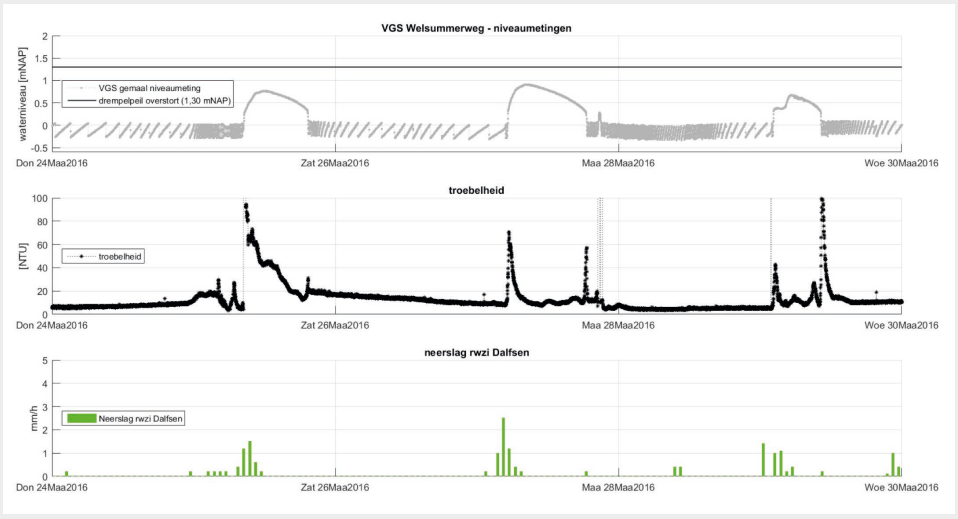
UV/VIS-sensor

Een UV/VIS-sensor is een optische sensor die de relatie tussen de absorptie van licht in water en concentraties van vuilstoffen in datzelfde water gebruikt. Met dit type sensor zijn de parameters zwevende stof, chemisch zuurstofverbruik (CZV), de opgeloste fractie van CZV en stikstofoxiden (NOx) hoogfrequent te meten. Voor nauwkeuriger resultaten moet de sensor lokaal worden gekalibreerd. Dit kan door een serie steekmonsters te nemen en uit de analyseresultaten een kalibratiecurve af te leiden. De sensor wordt automatisch gereinigd met perslucht om de optische lenzen zo schoon mogelijk te houden.

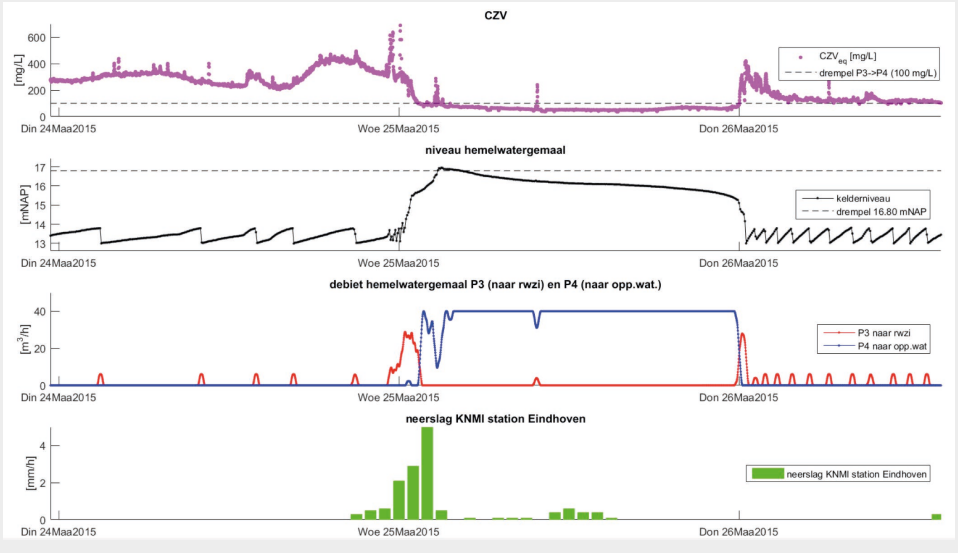
De UV/VIS-sensor is de meest bruikbare van de drie toegepaste sensoren, omdat deze als enige direct de waterkwaliteit in het hemelwaterstelsel meet. Met een juist gekalibreerde sensor is dus een sturing op waterkwaliteit te implementeren direct gebaseerd op de meetresultaten van de UV/VIS-sensor. In de literatuur zijn dan ook (internationale) voorbeelden te vinden van zogenaamde pollution-based real-time control, waar een UV/VIS-sensor het inputsignaal levert (zie bijvoorbeeld Hoppe et al, 2011).
In figuur 6.6 ziet u een voorbeeld van sturing op waterkwaliteit uit de praktijkproef Eindhoven. De CZV-meting met de UV/VIS-sensor (1e grafiek) is bepalend voor de afvoerroute; bij waarden boven de 100 mg/l richting rwzi (rode lijn in 3e grafiek), daaronder richting oppervlaktewater (blauwe lijn in 3e grafiek). Met deze regeling gaan de dwa, de 'first flush' en de 'final flush' naar de rwzi en de rest naar het oppervlaktewater.



Figuur 6.4 Voorbeeld onderscheidend vermogen egv uit praktijkproef Heerhugowaard: egv neemt af tot circa 300 µS/cm (middelste grafiek) aan het begin van de bui (onderste grafiek) als het stelsel zich vult met hemelwater (bovenste grafiek) en keert na de bui weer terug naar normale waarden tijdens dwa van rond 1.000 µS/cm



Figuur 6.5 Voorbeelden 'first flush' en 'final flush' uit praktijkproef Dalfsen: pieken in troebelheid (middelste grafiek) bij aanvang van de neerslag (onderste grafiek) en als het stelsel weer bijna is leeggepompt (bovenste grafiek)



Figuur 6.6 Voorbeeld sturen op waterkwaliteit (met UV/VIS-sensor) uit praktijkproef Eindhoven: afvoer naar de rwzi (P3 actief) als CZV > 100 mg/l en afvoer naar oppervlaktewater als CZV < 100 mg/l

Vervuiling van sensoren

De ervaringen met waterkwaliteitssensoren in de praktijkproeven zijn wisselend. De sensoren hebben veel inzicht gegeven in processen die zich in het hemelwaterstelsel afspelen, zoals verdunning tijdens hwa, opwoeling van bezonken materiaal in het stelsel, foutaansluitingen en onverwachte pieklozingen tijdens droog weer. Maar sommige sensoren blijken erg gevoelig voor vervuiling en zijn daardoor moeilijk 'aan de praat' te houden. Egv-sensoren zijn vrij ongevoelig voor vervuiling op de meetsondes. Maar de optische troebelheids- en UV/VIS-sensoren kunnen vrij snel vuil op de lenzen krijgen, dat (bij de UV/VIS-sensor) niet meer met de automatische luchtreiniging is te verwijderen. De gevoeligheid voor vervuiling was al bekend bij sensoren in de gemengde riolering en in rwzi's met sensoren in ruw afvalwater. Dat snelle vervuiling ook een rol speelt in de hemelwaterriolering was onverwacht.

De vervuiling van sensoren bleek in de praktijkproeven slecht te doorgronden. Hetzelfde type sensor vervuilt in het ene hemelwaterstelsel veel sneller dan in het andere hemelwaterstelsel. Waarschijnlijk is dit te wijten aan specifieke bestanddelen in het water dat langs de sensor voert; welke bestanddelen dit zijn, is niet onderzocht. Dat meer factoren een rol spelen, blijkt uit het feit dat in de praktijkproef Dalfsen de ene optische sensor (UV/VIS) veel last heeft van vervuiling en de andere optische sensor (troebelheid) nauwelijks.

Het gevolg van vervuilde troebelheids- en UV/VIS-sensoren is een signaalverloop (ook wel drift). De sensor ziet de lensvervuiling aan voor vervuiling in het water, waardoor de gemeten concentraties vuilstoffen fors kunnen toenemen. Hierdoor leent het signaal zich niet meer voor permanente sturing op waterkwaliteit. De sensoren geven immers niet meer de werkelijke waterkwaliteit weer, waardoor deze geen betrouwbaar inputsignaal meer vormt voor het sturingsalgoritme.

N.B. In de praktijkproeven is geprobeerd of waterkwaliteitssensoren zich lenen voor permanent gebruik in hemelwaterstelsels voor sturing op waterkwaliteit van VGS 2.0-gemalen. Dat wordt dus niet zonder meer geadviseerd. Veel sensoren hebben te veel last van vervuiling om – zonder een intensief onderhoudsprogramma – langdurig een betrouwbaar inputsignaal te genereren. Dit type sensoren is wel goed om af en toe (niet permanent) te gebruiken, zoals voor een stelseldiagnose. Toepassing gedurende enkele weken – met frequent onderhoud – geeft veel inzicht in het stelselfunctioneren en geeft daarmee een goede onderbouwing voor het sturingsalgoritme van een VGS 2.0-gemaal.

6.5 Vinger aan de pols

Om een VGS 2.0-gemaal goed te laten functioneren, is een vinger aan de pols nodig. De gemaalregeling is gebaseerd op het huidige functioneren van het hemelwaterstelsel (via de stelseldiagnose) en het ontvangende oppervlaktewater (via de watersysteemanalyse) (zie paragraaf 6.2). Als het functioneren van een of beide systemen verandert, veranderen de uitgangspunten van de gemaalregeling en kan het nodig zijn om de regeling aan te passen aan de nieuwe situatie. Als bijvoorbeeld het aantal foutaansluitingen toeneemt, moet de regeling op waterkwantiteit (maximaal X m^3 water per dag richting rwzi) worden verruimd.

Om een vinger aan de pols te kunnen houden, moet een VGS 2.0-hemelwatergemaal een niveaumeting in de gemaalkelder hebben en een vorm van debietmeting op beide afvoerroutes (dus op de afgaande leiding van P3 én op de afgaande leiding van P4). Ook de persleiding richting rwzi (van P1 en P2) heeft bij voorkeur een debietmeting.

6.6 Afvoer hemelwater vanuit VGS 2.0

Een VGS 2.0 voert minder (hemel)water af richting rwzi en meer naar het oppervlaktewater. Hoeveel minder is sterk afhankelijk van het functioneren van het oorspronkelijke stelsel en de dimensionering van het nieuwe VGS 2.0. Om toch een idee te krijgen van de te behalen reductie in afvoer richting rwzi, laat deze paragraaf de resultaten voor de praktijkproef Eindhoven zien. Informatie over de behaalde winsten op de andere onderzoekslocaties vindt u in het deelrapport 'Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard' *(Schilperoort en Langeveld, 2017)*.

Opzet

Vóór de praktijkproef in Eindhoven lag in de wijk Driehoeksbos al een verbeterd gescheiden stelsel met twee pompen in het hemelwatergemaal: één richting rwzi en één naar oppervlaktewater (variant 4 in figuur 2.3 in paragraaf 2.3). Het gemaal stuurde op waterkwantiteit: alle dwa en de eerste 30 minuten tijdens hwa gingen richting rwzi, de overige hwa ging naar het oppervlaktewater. Voor de praktijkproef is (onder andere) een UV/VIS-sensor geïnstalleerd en is het gemaal gedurende enkele maanden gestuurd op waterkwaliteit: water met meer dan 100 mg/l CZV ging richting rwzi, water met minder dan 100 mg/l CZV naar het oppervlaktewater. Het onderscheid tussen dwa en hwa werd centraal gemaakt aan de hand van neerslagmetingen in Eindhoven en niveaumetingen op centrale locaties in het rioolstelsel.

Berekeningen

Voor een periode van acht maanden (met goede UV/VIS-data) is voor het VGS Driehoeksbos berekend wat de verdeling van volumes, vuilvrachten en concentraties over de drie afvoerroutes zou zijn geweest bij:

1 een (fictief) standaard VGS met alleen een pomp richting rwzi;
2 een VGS 2.0-gemaal met de originele 30-minutensturing op waterkwantiteit;
3 een VGS 2.0-gemaal met sturing op waterkwaliteit op basis van CZV < > 100 mg/l.

De resultaten staan in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Verdeling volumes (in % van nettoneerslag), vrachten (in % van totaal aangevoerde vracht) en gemiddelde concentraties van water verpompt richting rwzi, verpompt richting oppervlaktewater en via de overstort bij drie VGS-varianten van hemelwatergemaal Driehoeksbos

		Naar rwzi	Naar oppervlaktewater		
		verpompt via P3	verpompt via P4	via de overstort	totaal
Standaard VGS	volume	75%	-	25%	25%
	vracht CZV	72%	-	28%	28%
	gem. conc. CZV	77 mg/l	-	90 mg/l	90 mg/l
VGS 2.0 sturen op kwantiteit (30-minuten-sturing)	volume	20%	56%	24%	80%
	vracht CZV	34%	38%	27%	66%
	gem. conc. CZV	140 mg/l	54 mg/l	91 mg/l	69 mg/l
VGS 2.0 sturen op kwaliteit (CZV = 100 mg/l)	volume	14%	62%	24%	86%
	vracht CZV	31%	41%	28%	69%
	gem. conc. CZV	178 mg/l	53 mg/l	92 mg/l	69 mg/l

Resultaten

Zonder pomp richting oppervlaktewater (dus als standaard VGS) gaat circa 75% van de nettoneerslag richting rwzi en verdwijnt de rest via de overstort. Dit is ongeveer dezelfde volumeverdeling zoals eerder in tabel 4.1 in paragraaf 4.1.1. Rekening houdend met de (gemeten) concentraties CZV blijkt ongeveer dezelfde vrachtverdeling te gelden: circa 72% van de totaal aangevoerde vracht CZV (~ 2.000 kg) in de bestudeerde periode gaat richting rwzi, terwijl de overige 28% via de overstort verdwijnt. De gemiddelde concentraties in het water van beide afvoerroutes ontlopen elkaar daarmee niet veel: 77 mg/l om 90 mg/l.

De ombouw naar VGS 2.0 met een pomp richting oppervlaktewater en sturing op waterkwantiteit ('30-minutensturing') reduceert de afvoer richting rwzi aanzienlijk: van 75% naar 20% van de nettoneerslag. De afname is geheel toe te schrijven aan het actief leegpompen van het hemelwaterstelsel naar het oppervlaktewater: 56%. De 30-minutensturing zorgt ervoor dat de verpompte afvoer richting oppervlaktewater relatief schoon is (54 mg/l) en dat de afvoer richting rwzi relatief vies is (140 mg/l). Omdat de volumeverdeling omgekeerd evenredig is, is de verdeling van vrachten ongeveer gelijk tussen beide pomproutes: 34% om 38%.

N.B. De totaal geloosde CZV-vracht in het oppervlaktewater neemt toe van 28% (alleen via de overstort) naar 66% (via de overstort en via de pomp). De 'prijs' voor de reductie in afvoer (in m^3) richting rwzi is dus een forse toename in de totale lozing van CZV (in kg) in het oppervlaktewater. Let wel, het gaat hier om een toename in CZV-vracht; de gemiddelde concentratie CZV in het geloosde water is juist afgenomen van 90 naar 69 mg/l.

Sturing op waterkwaliteit van het VGS 2.0 reduceert de afvoer richting rwzi nog verder van 20% naar 14% van de nettoneerslag, waardoor de verpompte afvoer naar het oppervlaktewater navenant toeneemt. Belangrijker is dat door de gerichte sturing het afgevoerde water richting rwzi beduidend 'dikker' wordt (178 mg/l), terwijl de gemiddelde kwaliteit van het water dat naar het oppervlaktewater gaat nagenoeg hetzelfde blijft (69 mg/l). Voor hemelwatergemaal Driehoeksbos ligt daarmee de meerwaarde van sturing op waterkwaliteit (ten opzichte van waterkwantiteit) vooral in het voorkómen van de afvoer van 'dun' water richting rwzi.

6.7 Conclusies VGS 2.0

Ten opzichte van traditionele (verbeterd) gescheiden stelsels biedt de aanleg van of ombouw tot VGS 2.0 enkele voordelen voor het systeemfunctioneren. VGS 2.0 combineert het goede van GS (hemelwater lokaal houden, geen 'dun' water naar de rwzi) met het goede van VGS (oplossing voor foutaansluitingen en stuurmacht). Daarnaast zijn er ook duidelijke financiële voordelen aan een (brede) implementatie van VGS 2.0. De veel kleinere pompcapaciteit richting rwzi betekent dat gemalen, persleidingen én de rwzi ook kleiner gedimensioneerd kunnen worden bij nieuwbouw én bij de eventuele bouw van een 4e zuiveringstrap op rwzi's. Dit levert op termijn grote besparingen op.

In de STOWA-RIONEDproeftuin 'Anders omgaan met VGS' is op drie locaties een bestaand VGS omgebouwd tot VGS 2.0. In het deelrapport 'Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard' (*Schilperoort en Langeveld, 2017*) vindt u een uitvoerige beschrijving van de aanpak, detaillering, resultaten en meerwaarde per locatie. Hoewel het concept gelijk bleef, verschilde de praktische uitwerking om tot een goed functionerend VGS 2.0 te komen aanzienlijk van locatie tot locatie. Dit besef is belangrijk bij de implementatie van VGS 2.0. Elke locatie vraagt om maatwerk om het principe 'schoon water naar de sloot, vies water naar de rwzi' succesvol te kunnen toepassen.

7 Conclusies en samen aan de slag

7.1 Conclusies

Verbeterd gescheiden stelsels (VGS) staan steeds meer in de belangstelling van de partners in de afvalwaterketen. VGS worden gezien als goede mogelijkheid om de keten te optimaliseren en om daarmee kosten te besparen. De brede opkomst van VGS is van oudsher gebaseerd op drie argumenten: (1) afstromend hemelwater is vies en mag niet zomaar in oppervlaktewater terechtkomen, (2) foutaansluitingen en slordige lozingen vervuilen het oppervlaktewater overmatig en (3) de ecologische waterkwaliteit nabij lozingspunten van VGS is beter dan die nabij GS-lozingspunten. Recent onderzoek laat zien dat alleen foutaansluitingen als argument vóór VGS overeind blijven. Afstromend hemelwater blijkt vaak schoner dan gedacht en de ecologische waterkwaliteit nabij VGS is niet systematisch beter dan nabij een traditioneel GS.

Afvoer richting rwzi

De veelgehoorde klacht dat VGS veel 'dun' water naar rwzi's afvoeren, is terecht. Een standaard VGS dat functioneert zoals bedoeld, stuurt op jaarbasis bijna 70% van de afstromende neerslag richting rwzi. Bovendien voeren VGS soms ook grote hoeveelheden grondwater (infiltratie, aangesloten drainage, WKO-installaties) en/of inlopend oppervlaktewater af. Veel toegepaste maatregelen zoals een kleinere pompovercapaciteit blijken weinig effectief.

VGS in een bredere context

VGS zijn geen geïsoleerde rioolstelsels, maar maken deel uit van een afvalwaterketen en lozen in een watersysteem. Dit betekent dat 'draaien aan de knop' van VGS veel mogelijke consequenties heeft in zowel de keten als het watersysteem. Minder water door de keten heeft invloed op gemengde overstorten, de benodigde (hydraulische) capaciteiten en zuiveringsrendementen. Meer water in het systeem kan de waterkwaliteit beïnvloeden, maar ook de waterberging. Een ander aandachtspunt is de regelmacht bij calamiteiten.

VGS 2.0: anders omgaan met VGS

Een VGS 2.0 is een 'geoptimaliseerd' verbeterd gescheiden stelsel. Een VGS 2.0 heeft twee pompen in een hemelwatergemaal: één voor de afvoer van vies water richting rwzi en één voor de afvoer van schoon water naar het oppervlaktewater. Om te bepalen wanneer het water vies of schoon is, kunnen waterkwaliteitssensoren nodig zijn, maar een eenvoudige sturing op basis van niveau of debiet werkt vaak ook. Met een combinatie van een stelseldiagnose en een watersysteemanalyse is de sturingsvorm te bepalen. Ombouw naar VGS 2.0 zorgt ervoor dat er veel minder schoon water naar de rwzi gaat.

7.2 Samen aan de slag

Optimalisatie van VGS vraagt om samenwerking in de afvalwaterketen tussen gemeente (als stelselbeheerder) en waterschap (als zuiverings- en waterkwaliteitsbeheerder).

Stap 1

Besluit gezamenlijk tot onderzoek van een VGS. Welke problemen en belangen spelen er en wat kan het 'anders omgaan met VGS' betekenen in de oplossing? Vaak zal het beperken van de hydraulische (over)belasting op de keten vanuit VGS de directe aanleiding zijn. Maar ook het verbeteren van de oppervlaktewaterkwaliteit kan het doel zijn. In dit stadium is het belangrijk het VGS ook in een bredere context te beschouwen dan alleen in termen van afgevoerde m^3 richting rwzi. Welke consequenties heeft het draaien aan de knop nog meer? Dit koepelrapport kan hierbij als leidraad dienen.

Stap 2

De tweede stap draait om inzicht in 'hoe het buiten werkt'. Bestudeer hoe het VGS functioneert in termen van waterkwantiteit en -kwaliteit. Gebruik hiervoor de gebruikelijke informatiebronnen zoals draaiuren en niveau- en neerslagmetingen. Als deze niet beschikbaar zijn (in stelsels met bijvoorbeeld alleen koppelputten), kunt u tijdelijk sensoren plaatsen. Voor inzicht in de waterkwaliteit kunt u een monsternameprogramma inzetten, rekening houdend met de verschillende hydraulische condities. Ook kunt u tijdelijk een waterkwaliteitssensor gebruiken. Ten slotte is het van belang om naar het lokale oppervlaktewater te kijken. Welke effecten zijn te verwachten als het VGS lokaal meer water loost?

Voorbeelden van stelseldiagnoses vindt u in het deelrapport ‘Anders omgaan met VGS: praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard’ (*Schilperoort en Langeveld, 2017*), voorbeelden van watersysteemanalyses in het deelrapport ‘Anders omgaan met VGS: effecten waterkwaliteit’ (*Fennema, 2017*).

Stap 3
In deze stap zoekt u naar het laaghangende fruit: bronnen van rioolvreemd water die fors bijdragen aan de afvoer, die u eenvoudig kunt aanpakken. Bijvoorbeeld inlopend oppervlaktewater dat u met een terugslagklep kunt tegengaan (zie case Dalfsen) of intredend grondwater gerelateerd aan een niet-functionerende WKO (zie case Eindhoven). Bepaal of de winst van deze ‘quick wins’ afdoende is om het probleem op te lossen of dat aanvullende maatregelen nodig zijn.

Stap 4
Breng aanvullende maatregelen in beeld gebaseerd op de kennis die u in stap 2 hebt vergaard. Maatregelen kunnen zich richten op het opheffen van ongewenste bronnen (drainage direct in de sloot in plaats van in het hemelwaterstelsel, foutaansluitingen op hemel- én vuilwaterstelsel opsporen en verhelpen) en/of op hoe het stelsel het water verwerkt (verkleinen poc/berging, ombouw naar (V)GS, ombouw naar VGS 2.0). De resultaten in dit koepelrapport kunnen daarbij als hulpmiddel dienen.

Stap 5
Ten slotte besluit u in overleg welke maatregelen het beste passen bij de lokale situatie en welke (financiële) bijdrage beide partijen leveren aan de gekozen oplossing. Hierna kunt u de maatregelen gaan realiseren. Belangrijk aandachtspunt is het ‘verzilveren’ van de winst: maak na implementatie inzichtelijk welke winst daadwerkelijk is behaald. Dit geeft momentum voor het optimaliseren van andere stelsels.



Figuur 7.1 Stappen VGS-optimalisatie: samenwerking gemeente en waterschap

Literatuur

Bakker, K., Timmer, J.L. en Wensveen, L.D.M. (1990). *NWRW rapport 5.3. De vuiluitworp van gescheiden rioolstelsels.* Ministerie van VROM.

Bertrand-Krajewski, J.-L., Chebbo, H. en Saget, A. (1998). *Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon*. Water Research, 32(8), 2341-2356.

CBS Statline (2009). http://statline.cbs.nl. Geraadpleegd oktober 2016.

CIW (2001). *Riooloverstorten, Deel 2: Eenduidige basisinspanning. Nadere uitwerking van de definitie van de basisinspanning*. Commissie Integraal Waterbeheer, Den Haag.

CUWVO (1992). *Overstortingen uit rioolstelsels en regenwaterlozingen. Aanbevelingen voor het beleid en de vergunningverlening*. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren werkgroep IV, Den Haag.

Emissieregistratie (2014). Via www.emissieregistratie.nl, geraadpleegd mei 2014.

Fennema, W.M. (2017). Anders omgaan met VGS: watersysteemanalyses Eindhoven, Dalfsen en Heerhugowaard. Witteveen+Bos rapport STO-186-2.

Gemeente Utrecht (2015), *Plan Gemeentelijke Watertaken Utrecht* 2016-2019.

Haan, C. de, Liefting, E., Zouwen, B. van der en Admiraal, N. (2017). *VGS 2.0 in IJsselstein, een voorbeeld van verstandig omgaan met hemelwater*. Vakblad Riolering, jaargang 23, februari 2017, 12-14.

Hoijtink, R., Heukelum, M.J.D. van en Peeters, E.T.H.M. (2017). *Ecologische effecten VGS: onderzoek naar verschillen tussen effecten van lozingen uit VGS en GS op macrofauna in het ontvangende oppervlaktewater*. Arcadis project C01011.200055.

Hoppe, H., Messmann, S., Giga, A. en Gruening, H. (2011). *A real-time control strategy for separation of highly polluted storm water based on UV–Vis online measurements – from theory to operation.* Water Science & Technology, 63(10), 2287-2293.

Koot, A.C.J. (1970) *Beschouwingen over gemengde en gescheiden rioolstelsel*. Publieke werken, 38(5), 199-208.

Koot, A.C.J. (1977) *Inzameling en transport van rioolwater*. Uitgeverij Waltman, Delft. ISBN 90 212 3065 8.

Kuipers, F., Beltgens, D., Goedhart, A. en Palsma B. (2013). *Regenwaterriool kan leiden tot vissterfte*. Vakblad Riolering, jaargang 19, maart 2013, 5.

Kujawa-Roeleveld, K. en Zeeman, G. (2006). *Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts*. Reviews in Env. Science and Bio Technology (RESB), 5: 115-139.

Langeveld, J.G., Liefting, H.J. en Boogaard, F.C. (2012). *Uncertainties of stormwater characteristics and removal rates of stormwater treatment facilities: implications for stormwater handling*. Water Research, 46(2012), 6868-6880.

Liefting, H.J., Boogaard, F.C., Korving, J. en Langeveld J.G. (2015). *Lamellenafscheiders Krimpener-waard: resultaten praktijkonderzoek*. Partners4UrbanWater/Tauw/Witteveen+Bos i.o.v. Gemeente Capelle aan den IJssel, kenmerk 1220194_R_150413, 14 april 2015.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1998). *Vierde Nota waterhuishouding*. Regeringsbeslissing. December 1998.

Ministerie van VROM (2003). *Beleidsbrief regenwater en riolering*. Kenmerk BWL/2004052003.

Moons, J. (2014). *Met geluidsmetingen foutaansluitingen opsporen.* Vakblad Riolering, jaargang 20, januari 2014, 28-29.

RIONED (2000). *Riool in cijfers 2000-2001*. Stichting RIONED, Ede.

RIONED (2009). *Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies?* RIONEDreeks 13, Stichting RIONED, Ede.

RIONED (2010). *Vaststellen en opsporen van foutaansluitingen*. RIONEDreeks 15, Stichting RIONED, Ede.

RIONED (2013). *Riolering in beeld*. Benchmark rioleringszorg 2013. Stichting RIONED, Ede.

Schilperoort, R.P.S., Haan, C. de en Langeveld, J.G. (2011). *Opsporen en classificeren van foutaan-sluitingen*. Vakblad Riolering, jaargang 18, december 2011, 14-15.

Schilperoort. R.P.S. en Langeveld, J.G. (2017). *Anders omgaan met VGS*. Praktijkproeven Dalfsen, Eindhoven en Heerhugowaard. Partners4UrbanWater rapport STOWA03_R_170201.

Sluis, J.W. van, Hove, D., ten en Boer, B. de (1989). *NWRW eindrapport*. Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989. Ministerie VROM

STOWA (2005). *Afvalwaterketen ontketend*. Rapport 2005-12, STOWA, Utrecht.

STOWA (2007). *Regenwaterdatabase. De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater*. Rapport 2007-21, STOWA, Utrecht.

STOWA (2008). *Het effect van afkoppelen op de RWZI*. Rapport 2008-14, STOWA, Utrecht.

STOWA (2010). *Energie in de waterketen*. Rapport 2010-35, STOWA, Utrecht.

STOWA (2014). *Ecologische Sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen*. Rapport 2014-19, STOWA, Amersfoort.

STOWA (2015a). *Reductie hydraulische belasting RWZI*. Rapport 2015-05, STOWA, Amersfoort.

STOWA (2015b). *Ecologische sleutelfactoren voor het herstel van onderwatervegetatie. Toepassing van de ecologische sleutelfactoren 1, 2 en 3 in de praktijk*. Rapport 2015-17, STOWA, Amersfoort.

STOWA (2015c). *Verwijdering van microverontreinigingen uit effluenten van rwzi's*. Rapport 2015-27, STOWA, Amersfoort.

STOWA (2016). *Regenwaterproject Almere*. Rapport 2016-05, STOWA, Amersfoort.

Waterschap Zuiderzeeland (2016). *Regenwaterproject Bedrijventerrein Trekkersveld. Emissie VGS en rendement helofytenveld*. Rapport ZEEWOLDE01_R_161202.

Willemsen, G.D., Franken, R.O.G., Gast, H.F., Suykerbuyk, R.E.M. en Acker, J.B.M. van (1990). *NWRW rapport 9.1. Onderzoek naar de gevolgen van de vuiluitworp van rioolstelsels voor de kwaliteit van het ontvangende water*. Ministerie van VROM.

Colofon

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
Rémy Schilperoort en Jeroen Langeveld (Partners4UrbanWater)

Bijdragen
Sebastiaan Schep en Marieke Fennema (Witteveen+Bos), Reijer Hoijtink (Arcadis), Rob van der Velde (WATERmaat).

Omslagfoto
ArchiVision

BC
Bert Palsma (Stowa, voorzitter), Frans de Bles (waterschap Vallei en Veluwe), Machiel de Vries (Wetterskip Fryslân), Jaap de Ron (hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Frank van Swol (gemeente Eindhoven), Judith Sloot (gemeente Utrecht), Ronald van Pelt (gemeente Dordrecht), Ton Beenen (RIONED, agendalid), Rob van der Velde (WATERmaat, ondersteuning)

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

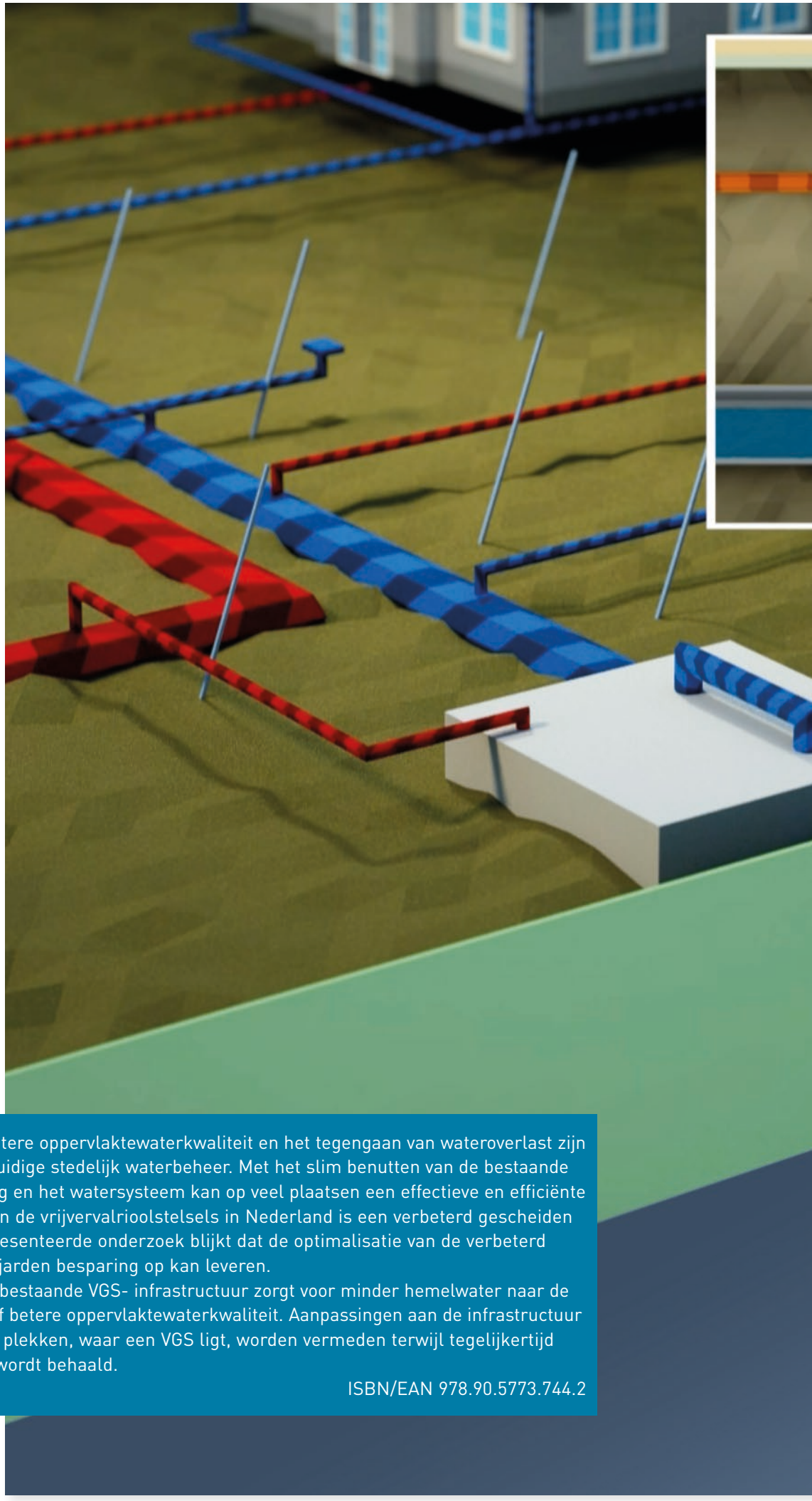
rapportnummer
2017-12

isbn/ean
978 90 5773 744 2

stowa

Stichting

RIONED



Besparing van kosten, een betere oppervlaktewaterkwaliteit en het tegengaan van wateroverlast zijn de grote uitdagingen in het huidige stedelijk waterbeheer. Met het slim benutten van de bestaande infrastructuur van de riolering en het watersysteem kan op veel plaatsen een effectieve en efficiënte slag geslagen worden. 7% van de vrijvervalrioolstelsels in Nederland is een verbeterd gescheiden rioolstelsel. Uit het hier gepresenteerde onderzoek blijkt dat de optimalisatie van de verbeterd gescheiden rioolstelsels, miljarden besparing op kan leveren.
Aangepaste benutting van de bestaande VGS- infrastructuur zorgt voor minder hemelwater naar de RWZI en een gelijkblijvende of betere oppervlaktewaterkwaliteit. Aanpassingen aan de infrastructuur zoals afkoppelen kan op veel plekken, waar een VGS ligt, worden vermeden terwijl tegelijkertijd eenzelfde of beter resultaat wordt behaald.

ISBN/EAN 978.90.5773.744.2