



## Kwetsbaarheid van de afvalwaterketen bij overstromingen

*Bewust worden*



## De essentie

*Het zorgvuldig inzamelen en verwerken van afvalwater levert een grote bijdrage aan de volksgezondheid. Bij een overstroming zijn gemalen en rioolwaterzuiveringen kwetsbaar en zullen al snel niet meer functioneren. Het afvalwater kan dan niet op de gebruikelijke wijze worden verwerkt. Aandacht voor het zo hygiënisch mogelijk omgaan met urine en ontlasting in huis en in 'safe zones' is in zo'n situatie nodig.*

*Door bij het ontwerp rekening te houden met mogelijke overstromingen kan soms relatief eenvoudig overstroming van een gemaal of rioolwaterzuiveringsinstallatie worden voorkomen.*

*Als dit niet kan, is het van belang maatregelen te nemen om snel herstel van installaties mogelijk te maken, bijvoorbeeld door elektrische installaties tijdig uit te schakelen of door reserveonderdelen beschikbaar te hebben.*

*Afhankelijk van de lokale situatie kunnen kansen op en gevolgen van een overstroming sterk uiteenlopen. Er is lokaal maatwerk nodig om in een concrete situatie te bepalen of, en zo ja welke, voorzorgs- en beperkende maatregelen getroffen moeten worden.*

*Veel installaties zullen de komende jaren worden vervangen of uitgebreid met aanvullende zuiverings- en verwerkingsstappen. Een uitgelezen moment om rekening te houden met de risico's bij een overstroming.*

## Inhoudsopgave

Kwetsbare en vitale functie .....	4
Kans op overstroming .....	6
De afvalwaterketen .....	13
Gevolgen bij overstroming .....	18
Wat kunnen we vooraf doen? .....	25
Wat kunnen we tijdens en na een overstroming doen? .....	31
Weten, willen werken .....	34
Overstromingsscan afvalwater .....	36
Colofon .....	38

Tip:  
Door te klikken in de voettekst  
kan snel door het rapport worden gebladerd.



## Kwetsbare en vitale functie



## Kwetsbare en vitale functie

Onderdeel van het Deltaprogramma 2015 is de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie; een aanpak om Nederland op de lange termijn waterrobuust en klimaatbestendig in te richten, zodat we beter bestand zijn tegen overstromingen, neerslag, droogte en hitte. Ook zijn afspraken gemaakt over een aanpak om vitale en kwetsbare functies in Nederland beter te beschermen tegen de gevolgen van overstromingen. De ambitie is dat nationale vitale en kwetsbare functies in Nederland uiterlijk in 2050 – maar vaak al eerder – beter bestand zullen zijn tegen mogelijke overstromingen.

Een van de dertien kwetsbare en vitale functies is de afvalwaterketen: het hygiënisch verantwoord inzamelen, transporteren en verwerken van afvalwater van woningen en bedrijven.

Bij het inrichten van riolering, transportsysteem en zuivering is het momenteel nog geen gemeengoed om rekening te houden met de risico's en gevolgen van overstromingen. Daarom is met vertegenwoordigers van gemeenten, waterschappen, rijk en samen met experts op het gebied van hygiëne, veiligheid en overstromingen, een verkenning uitgevoerd naar de kwetsbaarheid van de afvalwaterketen bij overstromingen: wat zijn risico's en gevolgen, hoe kunnen we deze voorkomen en - als het toch mis gaat - hoe moeten we handelen en kunnen we er voor zorgen dat systemen weer snel operationeel zijn?

De voorliggende rapportage kan worden benut om voor de eigen situatie de kwetsbaarheid van de afvalwaterketen in beeld te brengen. In samenhang met de inzichten over kwetsbaarheid van andere vitale en kwetsbare infrastructuur en inzichten over evacuatie, kan bepaald worden in welke mate de afvalwaterketen bestand moet zijn tegen een overstroming, dan wel snel operationeel moet kunnen zijn ná een overstroming. Die samenhangende benadering is nodig omdat er een sterke ketenafhankelijkheid is tussen vitale en kwetsbare infrastructuren (zonder stroom bijvoorbeeld geen afvalwaterketen) en omdat het kunnen functioneren binnen gebieden afhankelijk is van vele factoren (bijvoorbeeld de beschikbaarheid van drinkwater).

### Leeswijzer

In deze rapportage gaan we eerst in op de kansen op een overstroming van gemalen en rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) en geven we een algemene beschouwing van de afvalwaterketen. Vervolgens zoomen we in op kwetsbaarheden in de afvalwaterketen en het handelingsperspectief voor, tijdens en na een overstroming.

## De kans op overstroming





## Kans op overstroming

### Oorzaken

Overstromingen kunnen op verschillende wijze ontstaan:

- Vanuit de kust bij extreme storm
- Vanuit de rivieren bij extreem hoge afvoeren
- Door een combinatie van storm en hoge afvoeren (overgangsgebied)
- Vanuit het regionale watersysteem, wanneer het regionale systeem na langdurige regenval niet voldoende af kan voeren.

Rivieroverstromingen kondigen zich enkele dagen van tevoren aan. Bij dreigende overstromingen kunnen nog acties worden ondernomen om het risico te beperken ('zandzakken'). Er is dus nog handelingsperspectief. Bij overstromingen vanuit zee is dit niet het geval. Bij dreigende overstroming vanuit zee is minder goed te voorspellen wanneer het echt mis gaat en bovendien zal er sprake zijn van dermate sterke storm dat maatregelen niet of nauwelijks mogelijk zijn. Als de overstroming eenmaal plaatsvindt, zullen grote delen van het overstromingsgebied binnen één dag onder water komen te staan.

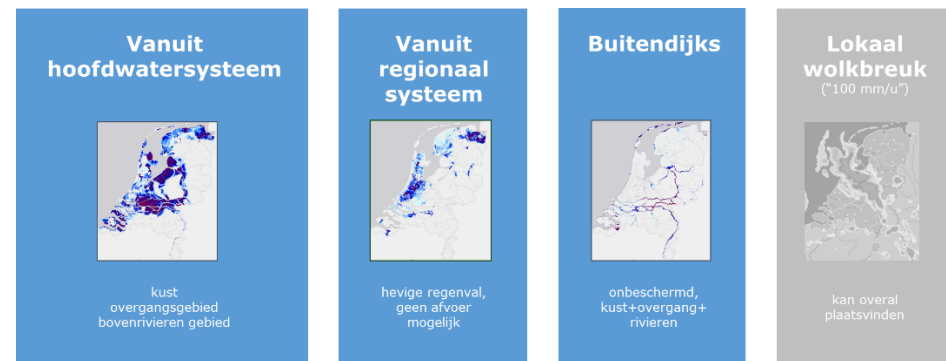
Ernstige wateroverlast of schade kan lokaal ook ontstaan door een wolkbreuk. De inrichting van de private en openbare ruimte speelt in deze situatie een sleutelrol om gevolgen van de wolkbreuk te beperken: water daar vasthouden en bergen waar het geen overlast of schade berokkent. Aan dit aspect wordt in Nederland volop gewerkt (zie bijvoorbeeld "Inventarisatie regenwateroverlast in de bebouwde omgeving (RIONEDreks 17,

2013) en "Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied" (RIONEDreks 18, 2014). De onderhavige studie richt zich echter op overstromingen vanuit de kust en het watersysteem.

### Kansen

Op de website [www.overstroomik.nl](http://www.overstroomik.nl) (tevens een smartphone applicatie) wordt de maximale waterdiepte getoond in het zogenaamd ergst denkbare scenario. Het gaat dan om scenario's die eens in de miljoen jaar optreden met stapeling van oorzaken.

Voor het Deltaprogramma wordt rekening gehouden met overstromingen die vaker voorkomen; afhankelijk van oorzaak en locatie eens per honderd tot honderdduizend jaar.



Welke waterdiepte in welk scenario op zal treden kan nagegaan worden met behulp van het landelijk informatiesysteem water en

overstromingen (LIWO)<sup>1</sup>. Met LIWO kan voor elke rioolwaterzuivering en elk rioolgemaal de kans op overstroming en de bijbehorende waterdiepte worden bepaald. Omdat de materie rond scenario's, kansen en waterdiepten complex is, wordt aangeraden deze analyses samen met experts van het waterschap of Rijkswaterstaat uit te voeren.

Let wel: de kans op overstroming kan in de loop van de tijd veranderen als gevolg van uitgevoerde beschermingsmaatregelen en nieuwe inzichten omtrent klimaatverandering. Belangrijk dus om de inzichten regelmatig te herijken.

### Veel installaties zijn overstromingsgevoelig

Figuur 1 tot en met Figuur 4 toont de overstromingsgevoeligheid van de bijna 350 rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland<sup>2</sup> onder verschillende omstandigheden. In de praktijk zal het overstroomde gebied overigens altijd kleiner zijn dan de bedreigde gebieden zoals weergegeven in de figuren.

Figuur 5 toont een indicatieve analyse van de overstromingsgevoeligheid bij verschillende overstromingsscenario's. Voor een nauwkeurige analyse zal steeds per rwzi moeten worden gezien welke waterdieptes optreden bij de meest kritische onderdelen van de zuivering. Ook zal moeten worden vastgesteld welke rioolgemalen onder water komen te staan.

Figuur 5 (combiscenario) laat zien dat ongeveer 65% van alle rwzi's in een van de overstromingsscenario's onder water kan komen te staan. In verreweg de meeste gevallen bedraagt de overstromingsdiepte meer dan 1 meter (combiscenario). In termen van biologische of hydraulische belasting ligt 60% van de zuiveringen in overstroombaar gebied. Gemiddeld genomen liggen de kleinere zuiveringen dus relatief vaker in kwetsbaar gebied.

De omvangrijkste dreiging komt vanuit het hoofdwatersysteem (de helft van alle installaties kan overstromen), maar de impact door overstroming vanuit het regionale watersysteem is ook aanzienlijk. Een kwart van de installaties is gevoelig voor deze vorm van overstroming. De kans op een dergelijke overstroming is groter dan vanuit het hoofdwatersysteem (1 per 100 of 1000 jaar versus 1 per 10.000 of 100.000 jaar).

Als we bedenken dat rioolgemalen relatief laag staan (zij moeten het water verpompen dat onder vrij verval is ingezameld) is het aannemelijk dat de kans op overstroming van rioolgemalen in dezelfde orde van grootte ligt als de overstroming van rwzi's. In totaal telt Nederland zo'n 16.000 gemalen.

De overstromingskaarten vormen alle aanleiding om voor de eigen objecten te bepalen:

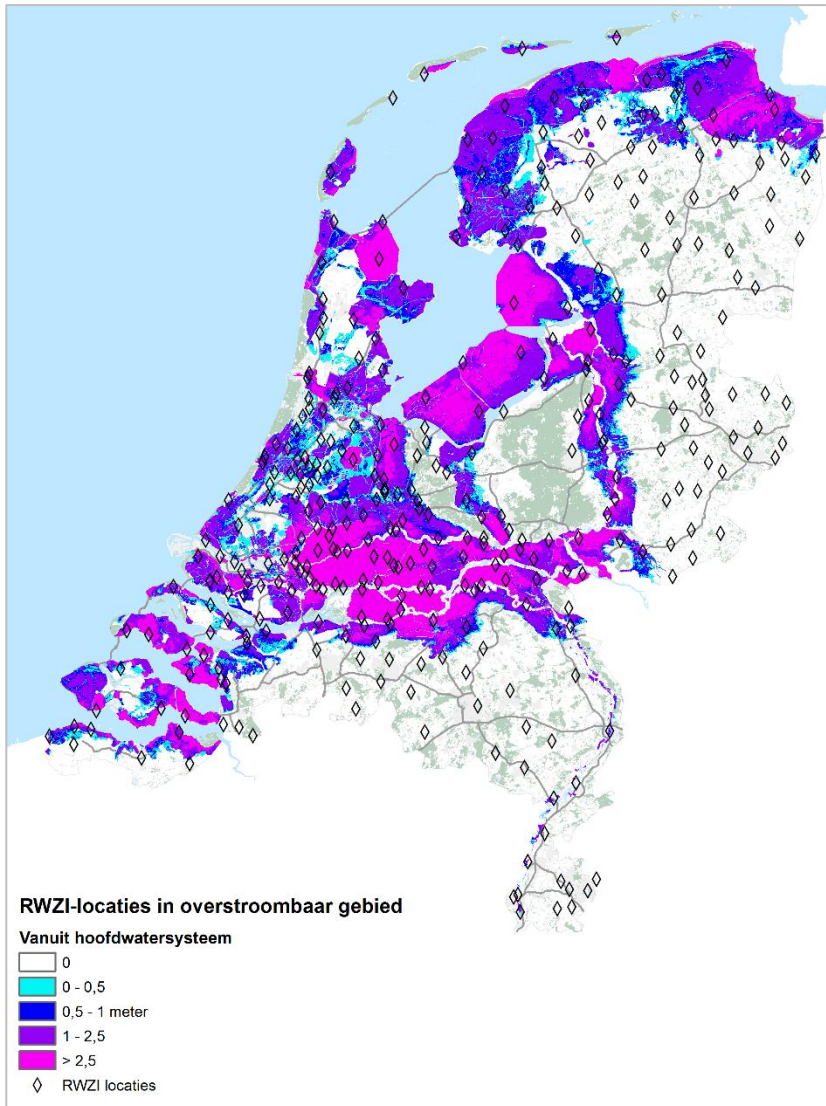
- de kans op overstroming

<sup>2</sup> Voor de locatie van de rwzi's is gebruik gemaakt van de database van Stichting Nederlandse Watersector. Mogelijk zijn enkele rwzi's opgeheven. Dit zal bij een lokale, gedetailleerde analyse naar voren komen.

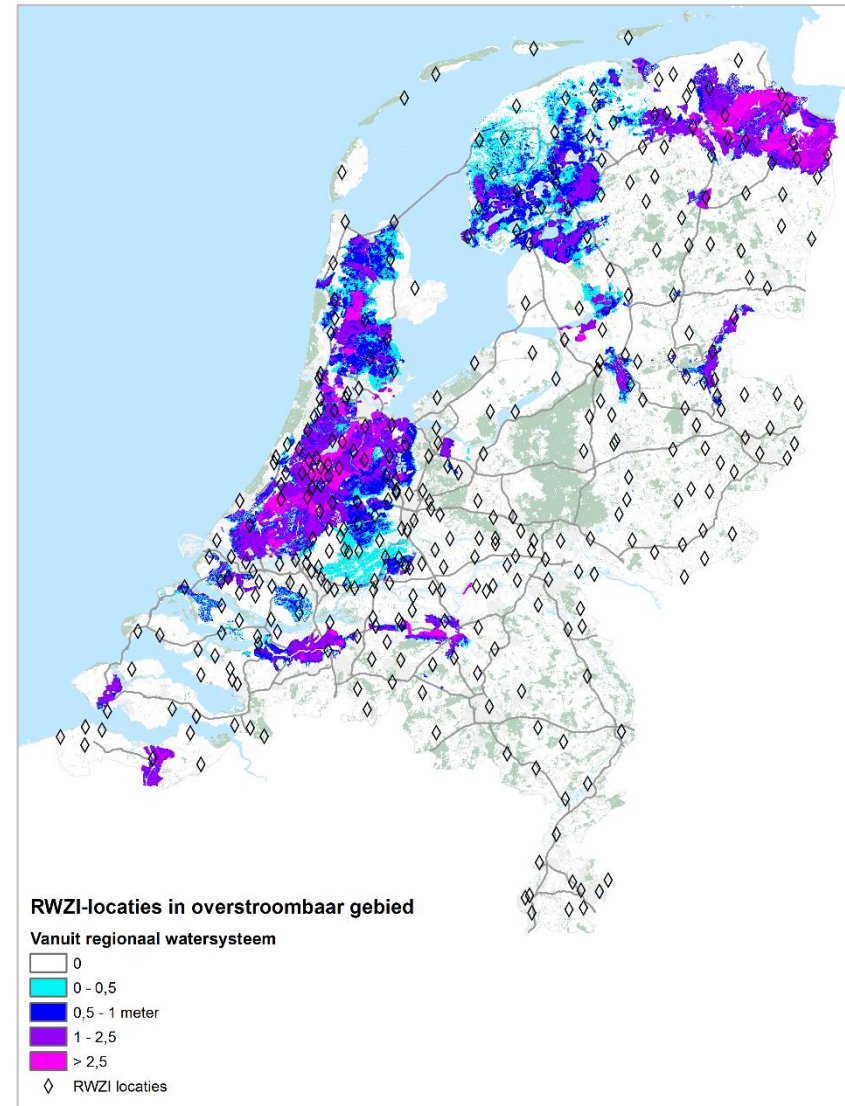
<sup>1</sup> <http://professional.basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/>



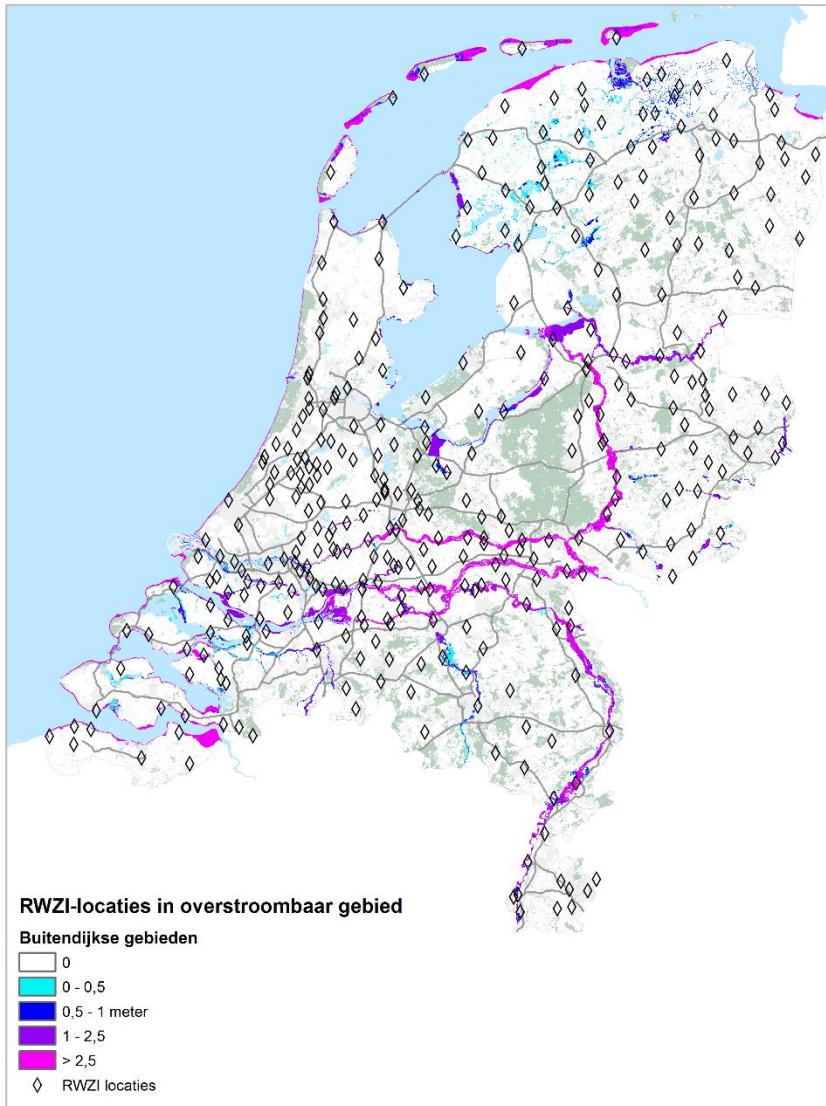
- de daarbij optredende waterdiepten en
- de directe en indirecte gevolgen.



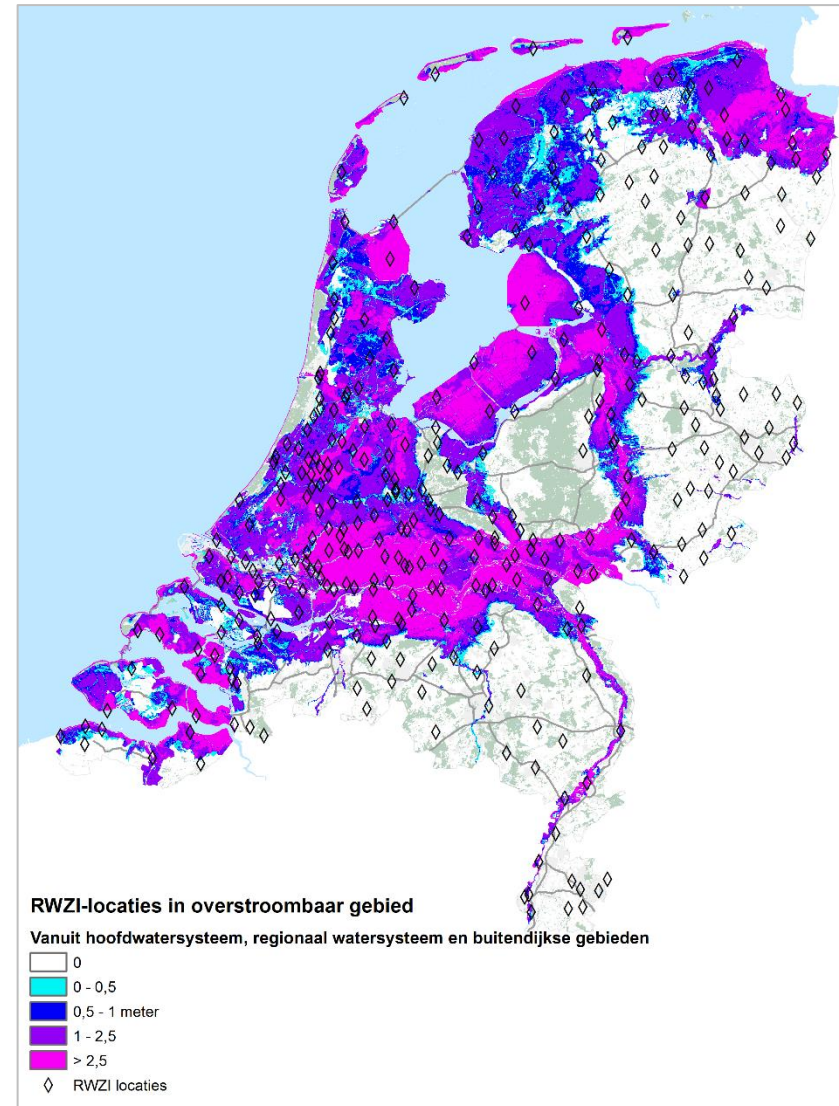
Figuur 1. Ligging van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland geprojecteerd op de waterdiepte bij overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem (kans 1:10.000 tot 1:100.000 jaar)



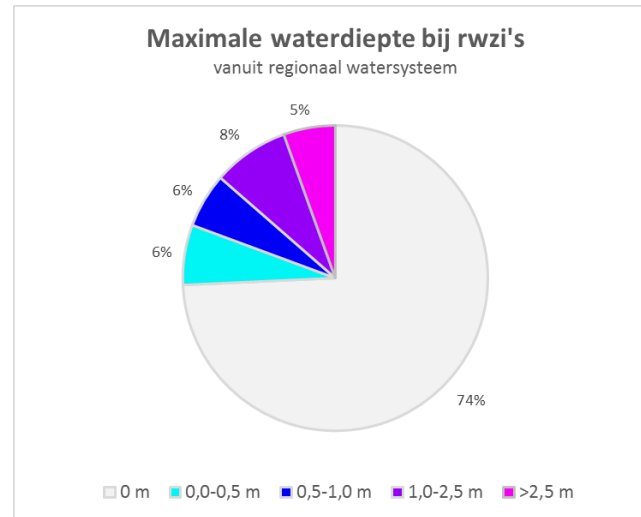
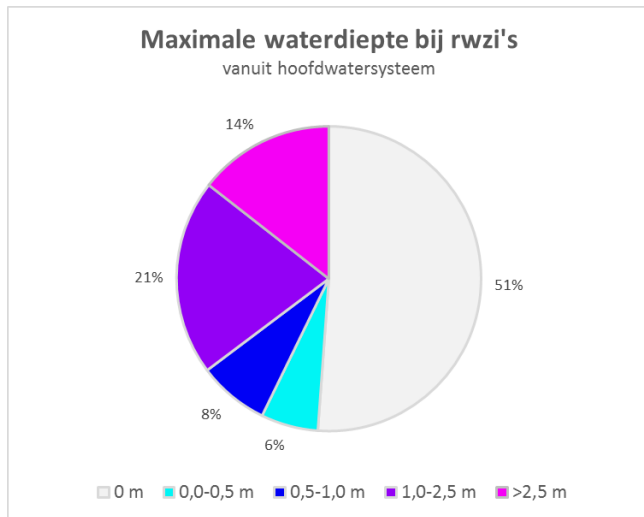
Figuur 2. Ligging van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland geprojecteerd op de waterdiepte bij overstromingen vanuit het regionale watersysteem (kans 1:100 tot 1:1000 jaar)



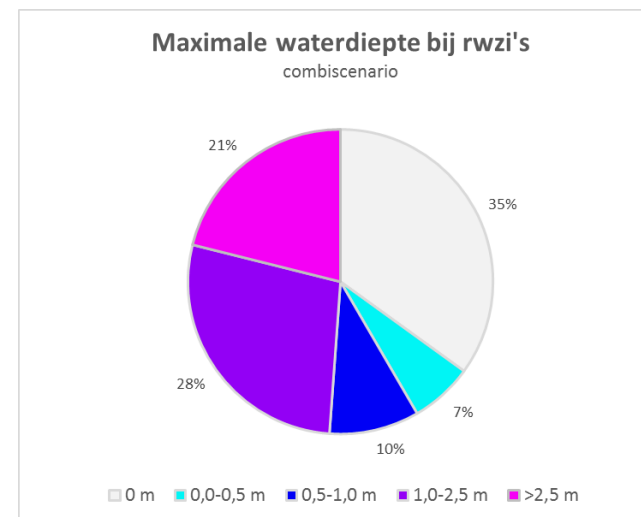
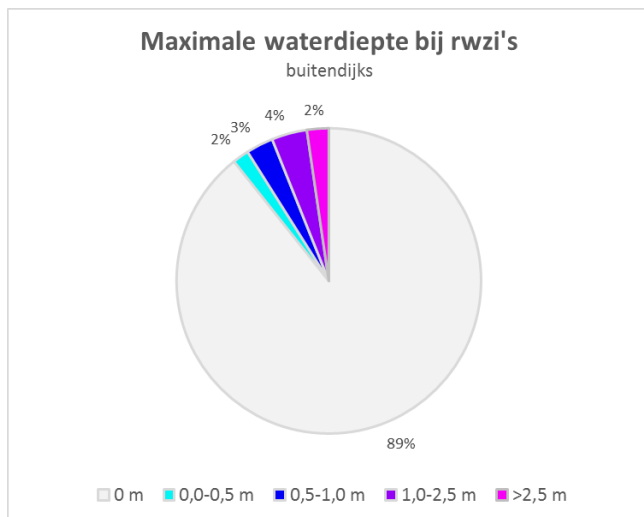
Figuur 3. Ligging van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland geprojecteerd op de waterdiepte in buitendijkse gebieden (kans 1:1000 jaar)



Figuur 4. Ligging van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland geprojecteerd op de maximale waterdiepte (de maximum waterdiepte bij de scenario's uit voorgaande 3 figuren)



Figuur 5. Indicatieve analyse waterdiepten bij rwzi's in verschillende scenario's







# De afvalwaterketen



## De afvalwaterketen

Bij het gebruik van de term *afvalwaterketen* doelen we meestal op de inzameling van gebruikt water via de riolering en de zuivering ervan op rioolzuiveringsinstallaties. In Nederland zijn gemeenten verantwoordelijk voor het verzamelen van het gebruikte water en waterschappen voor het transporteren en zuiveren ervan. We beschrijven nu de onderdelen van de afvalwaterketen en kijken met het oog op overstromingen nog eens nader naar het begrip afvalwaterketen.

### Inzamelen

Riolering wordt niet alleen gebruikt voor het verzamelen van gebruikt water. In veel gevallen wordt ook overtollig regenwater via de riolering afgevoerd.



Gemengde (links) en gescheiden (rechts) riolering. Bron: RIONED

In Nederland zijn ruim 60% van de riolen zogenaamde gemengde riolen. Dit betekent dat het gebruikte water zich mengt met het regenwater vanaf de straat. Bij hevige regenval kan het gemengde systeem vol raken. Dan zal een deel van het verzamelde water via overstorten naar lokaal open water stromen. Ook bij overstromingen kan via dit gemengde systeem

gebruikt water in het milieu terecht komen. Dit zal niet lokaal via de overstorten plaatsvinden (via de overstorten zal juist water de riolering inlopen), maar veel meer diffuus vanuit putten en straatkolken.

Naast gemengde riolering kennen we ook gescheiden stelsels met aparte buizen voor gebruikt water en regenwater. In dat geval is er geen open verbinding tussen het water op straat en het vuilwaterriool.

Tenslotte kennen we nog verbeterd gescheiden stelsels waarbij de eerste regen naar de zuivering wordt afgevoerd, maar bij aanhoudende neerslag de regen naar open water wordt geleid. Gebruikt water zal bij dergelijke systemen niet snel in het milieu terecht komen.

In alle gevallen geldt dat bij ernstige overstroming, waarbij het water boven afvoerput of toiletrand komt, afvalwater via afvoer of toilet in de woning terecht kan komen.

### Transporteren

Het rioolwater wordt onder invloed van de zwaartekracht via vrijval naar lage punten in het inzamelgebied getransporteerd. Van daaruit wordt het met behulp van rioolgemalen en persleidingen naar de rioolwaterzuivering getransporteerd.

### Zuiveren

Op de rioolwaterzuiveringsinstallatie stroomt het aangevoerde water onder vrij verval door de verschillende stadia van de zuivering. Soms is eerst een pomp of vijzel nodig om het water door de zuivering te laten stromen. Als de rwzi in storing valt, maar het afvalwater onder voldoende druk wordt aangevoerd,

kan het rioolwater de installatie onder vrijval blijven doorstromen. Er zal dan echter geen beluchting plaatsvinden, waardoor alleen nog afbraak door natuurlijk processen plaatsvindt.

De zuiveringsonderdelen zijn meestal open installaties. [Luchtfoto installaties]. Het effluent wordt geloosd op open water in de omgeving.

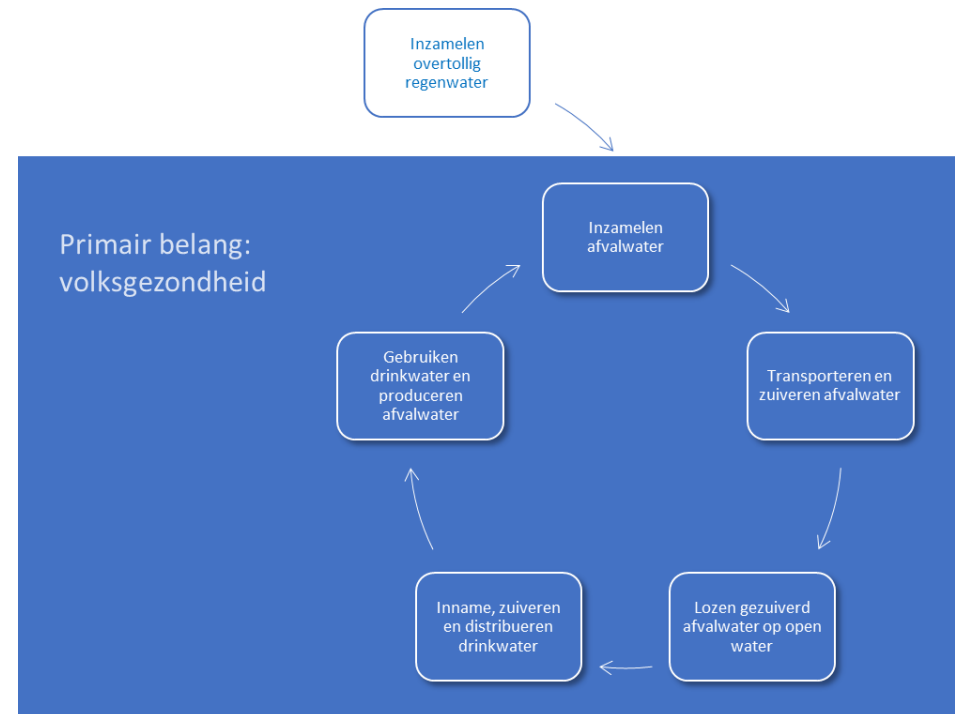
Naast het effluent ontstaat er ook een slibstroom. Het slib kan ter plekke worden verwerkt. Als het slib niet ter plekke wordt verwerkt, wordt het eerst ingedikt voordat het naar een slibverwerkingsinstallatie wordt getransporteerd. Tegenwoordig worden steeds vaker energie en grondstoffen uit het slib teruggewonnen. Bij de slibverwerking wordt in veel gevallen slibgisting toegepast om de eigenschappen van het slib te verbeteren en om groene energie op te wekken. Dit betekent dat bij dergelijke installaties door biogas aangedreven installaties voor warmtekrachtkoppeling aanwezig zijn.

Om het zuiveringsproces te optimaliseren kunnen chemicaliën worden toegevoegd. Dat betekent dat er op de zuivering ook aanvoer en opslag van chemicaliën plaatsvindt.

### De afvalwaterketen breder bekeken

In 2007 hebben de lezers van de British Medical Journal waterleiding en riolering als de belangrijkste medische uitvinding na 1840 genoemd. Het maakt duidelijk hoe belangrijk het is om op hygiënisch verantwoorde wijze om te gaan met afvalwater. Dat geldt ook in geval van overstromingen. Daarom kijken we in deze studie verder dan de gebruikelijke onderverdeling in

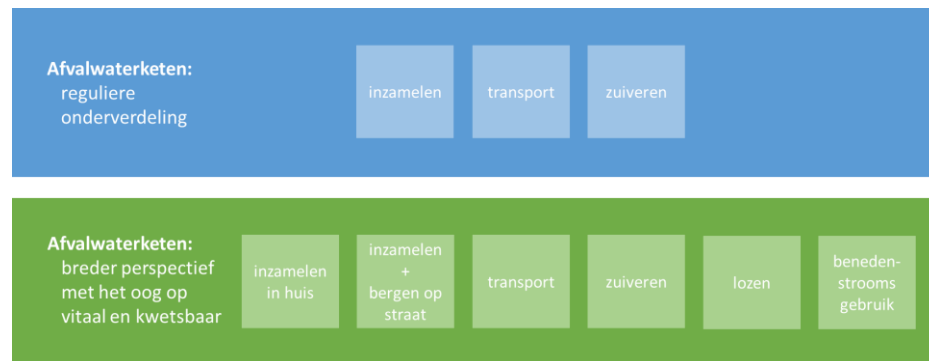
inzamelen, transporteren en zuiveren. In dit onderzoek noemen we expliciet toilet en gootsteen als beginpunt van de afvalwaterketen. Bij overstromingen doet zich immers de vraag voor hoe we met onze urine en ontlasting omgaan en hoe we onze handen schoon krijgen.



*Volksgezondheid is het primaire belang van een zorgvuldige inzameling en verwerking van afvalwater en de productie van goed drinkwater. Als deze waterketen in geval van overstroming niet of niet goed functioneert is aandacht en zorg voor de hygiëne van belang.*

Ook nemen we het lozen van effluent expliciet mee als schakel in de afvalwaterketen. Zeker als het effluent als gevolg van overstromingen bestaat uit ongezuiverd rioolwater, kan dit gevolgen hebben voor benedenstroomse gebruikers. Zo wordt ongeveer eenderde van het Nederlandse drinkwater geproduceerd direct uit oppervlaktewater. Ongezuiverd lozen van afvalwater op open water kan dus gevolgen hebben voor de drinkwaterproductie, ook op locaties waar geen sprake is van overstroming. Of die gevolgen er daadwerkelijk zijn hangt onder meer af van het gedrag van de verontreinigingen in het oppervlaktewater en de barrières die in de drinkwaterzuivering zijn ingebouwd.

Tenslotte merken we op dat bij zeer zware regenval en overstromingen afvalwater vanuit de riolering op straat kan komen te staan en daarmee een hygiënisch risico oplevert.



*Hygiënisch verantwoord omgaan met afvalwater in huis en de hygiënische effecten van effluentlozingen zijn cruciale elementen in het denken over veiligheid, die doorgaans buiten de scope van het denken over de afvalwaterketen vallen.*

### Hygiënische risico's

Stedelijk afvalwater bevat uitwerpselen en urine van mensen waarin micro-organismen voorkomen, die ziekteverwekkend kunnen zijn. Een liter onbehandeld afvalwater bevat doorgaans miljoenen ziekteverwekkers. Je kunt al ziek worden van blootstelling aan een paar ziekteverwekkers. Dit betekent dat inslikken van of contact met één druppel afvalwater al tot klachten kan leiden. Het is goed om te realiseren dat ziekteverwekkers ook in de ontlasting van gezonde mensen voorkomen.

Bij overstromingen van rwzi's en riolen in Nederland zullen we te maken hebben met sterke verdunning van afvalwater en relatief lage temperaturen. Door verdunning neemt het risico op besmetting af. De meeste ziekteverwekkers afkomstig uit uitwerpselen kunnen bij lage temperaturen wel goed overleven.

Uit recent onderzoek is duidelijk geworden dat infecties op kunnen treden als tijdens hevige regenval water op straat blijft staan en mensen met het water in aanraking komen. Bij gemengde riolering kan dat water ook deels uit afvalwater bestaan. Besmetting kan optreden door direct contact tijdens spelen in het water, door opspattend water of waterlevels en bij het schoonmaken van ondergelopen kelders [Water in de openbare ruimte heeft risico's voor de gezondheid, STOWA/RIONED 2014-28].

Bij de overstromingen in New Orleans is bij enkele van de 750 opvangcentra de gezondheidstoestand van de evacuees in beeld gebracht. Daarbij bleek veelvuldig sprake van maagdarmklachten



door Norovirussen, wond- en ooginfecties en verschillende huidklachten, bijvoorbeeld door MRSA bacteriën [Jablecki et al; Journal of the American Medical Association, 2005]. Omdat er maar op een beperkt aantal locaties gegevens verzameld zijn, is het niet mogelijk een goed beeld te krijgen van de totale omvang en impact.

In extreme situaties, zoals bij ernstige overstromingen, nemen de risico's van besmetting toe. De mate waarin en de ernst ten opzichte van andere risico's is onbekend en zal van situatie tot situatie verschillen. Juist ook vanwege deze onzekerheid is het belangrijk om onnodige risico's te voorkomen. Tijdens de overstroming door aandacht te schenken aan het zorgvuldig omgaan met urine en ontlasting op vlucht- en opvanglocaties en door direct contact met mogelijk vervuild water en slib zoveel mogelijk te vermijden. Na de overstroming door met name de inzameling en het transport van afvalwater weer snel te laten functioneren en zorgvuldigheid te betrachten bij het opruimen van ondergelopen woningen en voorzieningen.





**Gevolgen bij een overstroming**





## Gevolgen bij een overstroming

Over de kwetsbaarheid van de afvalwaterketen bij overstromingen kunnen we kort zijn: die is groot. Bij het ontwerp van installaties is doorgaans geen rekening gehouden met de kans op overstroming<sup>3</sup>. Als het water bij een rioalgemaal of op een rwzi enkele decimeters stijgt, zal er al snel sprake zijn van uitval van stroomvoorziening c.q. het uitvallen van de meet- en regeltechniek. Waarschijnlijk is al eerder de stroom vanuit de energiebedrijven afgeschakeld om schade aan het elektriciteitsnet te beperken. Bij overstroming kunnen we ervan uitgaan dat gemalen en rioolwaterzuiveringsinstallatie niet meer functioneren en forse waterschade oplopen.



*Ketenafhankelijkheid: beïnvloeding van en door de afvalwaterketen*

### Zeldzame, ernstige overstroming

Zeker bij een overstroming vanuit zee zal, mede als gevolg van de omvang en onvoorspelbaarheid, vooral sprake zijn van evacuatie in de eigen woning of naar nabijgelegen veilige, hoge plekken binnen het overstroomde gebied. De toilet functioneert op dat moment niet en drinkwater is waarschijnlijk niet beschikbaar. De gebruikelijke manier van ontlasten en handen wassen ontbreekt. Dit vormt een risico voor de volksgezondheid. Er zijn improvisatorische voorzieningen nodig.

Het afvalwater zal bij een overstroming vanuit het toilet, de riolering en de zuivering verdund in het overstromingswater terecht komen. Contact met het overstromingswater moet daarom voor zover mogelijk worden vermeden.

### Vaker voorkomende, gedeeltelijke overstroming

Een geheel andere situatie doet zich voor als de gemalen en/of de rioolwaterzuiveringsinstallatie overstromen, maar het gebied van waaruit het afvalwater wordt aangevoerd min of meer gewoon blijft functioneren. Het is dan wenselijk dat de afvalwaterstroom zo goed en gecontroleerd mogelijk wordt afgevoerd, zodat het functioneren van het achterliggende gebied zo min mogelijk wordt verstoord. Deze situatie zal zich vooral voordoen bij overstromingen vanuit het regionale watersysteem. Deze zullen vaker optreden dan zware overstromingen vanuit de kust.

<sup>3</sup> Bij buitendijkse voorzieningen zal normaliter wel naar overstromingsrisico's gekeken zijn.

Ongezuiverd afvalwater zal via de riolering of via een niet functionerende rwzi in de omgeving terecht komen. Dat kan risico's voor mens en dier opleveren, zeker in de nabijheid van de lozingspunten.

Punt van aandacht zijn de gebieden met zware industrie. Mogelijk kunnen sommige bedrijfsinstallaties niet in één keer stilgezet worden, waardoor een afvalstroom blijft bestaan.

<p><b>Zeldzaam</b> (1:10.000, Deltaplan)</p> <p>Maatschappelijke ontwrichting Evacuatie Geen noodmaatregelen mogelijk (&gt;&gt;code rood) Ook andere netwerken buiten werking (E, ICT)</p>	<p><b>Vaker</b> (bijv. 1:100, regionaal systeem)</p> <p>Zuivering en/of gemalen buiten werking Maatschappij functioneert door Locaties provisorisch bereikbaar Aannemers beschikbaar</p>
--	--

*Frequentie en karakteristieken van overstromingen kunnen sterk uiteenlopen*

### Gemalen of rwzi's?

Bij gedeeltelijke overstroming van een zuiveringskring (het gebied van waaruit de riolering op één rwzi afvoert) kunnen in het ene geval de gemalen uitvallen, in een ander geval de rwzi. Wat is eigenlijk erger: het uitvallen van gemalen of het uitvallen van de rwzi?

Op lokaal niveau heeft het uitvallen van de gemalen de grootste impact. Het betekent immers dat het afvalwater niet meer op de gebruikelijke wijze uit het bebouwde gebied wordt afgevoerd. Wellicht is dan nog wel afvoer met tankwagens ('per as') mogelijk.

Bij gemengde rioolssystemen zal afvalwater gemengd met regenwater in de omgeving terecht komen. Het vervuilde water kan niet worden afgevoerd omdat het regionale watersysteem overbelast is. Er vindt geen hygiënisch verantwoorde afvoer van afvalwater meer plaats.

Op regionaal niveau kan het uitvallen van de rwzi een grote impact hebben. Immers het afvalwater komt ongezuiverd in het watersysteem terecht. Benedenstroomse gebruikers krijgen dan te maken met een verdachte waterkwaliteit. Dit kan bijvoorbeeld voor de drinkwaterproductie een belangrijk aandachtspunt zijn. De situatie zal ook nog enige tijd na herstel van de gemalen en rwzi blijven voortduren omdat het lokale watersysteem moet worden schoongespoeld.

### Gevolgen voor de installaties

Het is van belang de gemalen en rwzi's operationeel te hebben zodra de mensen terugkeren na evacuatie. Belangrijkste schade die kan optreden door overstroming zijn:

- schade aan de meet- en regeltechniek; de verwachting is dat deze volledig vervangen moet worden;
- schade aan de elektriciteitsvoorziening; door tijdig afschakelen kan kortsluit schade worden voorkomen;
- schade aan pompen;
- dichtslibben van riolen en transportleidingen;
- kapotte riolen door opdrijven na snel legen en ongebruikelijk hoge (grond)waterstand.



## Ervaringen

Om zicht te krijgen op de gevolgen van een overstroming zijn ervaringen met overstromingen van rwzi's in Zitta, Hirschfeld (Duitsland), Fenton, Grand Glaze en New Orleans (Amerika) opgehaald. Ook is gekeken naar de dreigende overstroming van rwzi Garmerwolde nabij Woltersum.



### *New Orleans (Katrina)*

New Orleans is een duidelijk voorbeeld van een grootschalige overstroming. Deze heeft in 2005 plaatsgevonden als gevolg van de orkaan Katrina. Enkele ervaringen die daar zijn opgedaan [foto van East Bank WWTP]:

- 80% van de stad stond onder water, waarvan circa de helft meer dan een meter.
- 20.000 mensen zijn opgevangen in het Superdome stadion.
- 20% van de afvalwaterketen infrastructuur is compleet vernield.
- De overheid eiste het weer mechanisch functioneren van de afvalwaterketen binnen 60 dagen; terugkeer werd pas toegestaan bij functioneren van basisvoorzieningen.
- Vier dagen na de overstroming was er weer stroom beschikbaar in delen van de stad.
- Na twee weken konden mensen in delen van de stad weer terugkeren.
- Binnen een maand kon de rioolwaterzuiveringsinstallatie weer worden opgestart. De riolgemalen zijn gebruikt om de stad droog te pompen.
- Uiteindelijk was anderhalve maand na de eerste overstroming de stad weer watervrij.
- De zuiveringen in New Orleans worden beheerd door Veolia, een grote internationale speler. Kennis, capaciteit en materieel van Veolia is ingezet om weer snel operationeel te zijn.
- Maanden na de overstromingen hebben zich nog problemen met installaties en bedrading voorgedaan als gevolg van roestvorming.
- Bij het opnieuw inrichten van de afvalwaterketen is extra gemaalcapaciteit geïnstalleerd, zijn noodaggregaten geplaatst en is veel aandacht besteed aan het beschermen van de stroomvoorziening.
- Een jaar na de overstroming was ongeveer de helft van de inwoners teruggekeerd in de stad. Tien jaar later is dit 80%.

De ervaringen in New Orleans geven een goede indruk van de effecten van de ramp, de snelheid van herstel en de gevolgen voor de langere termijn.



#### *Woltersum - Garmerwolde*

In 2012 dreigde een dijkoverstroming bij Woltersum (Groningen) als gevolg van langdurige regenval in combinatie met storm uit noordelijke richting, waardoor het water niet afgevoerd kon worden. Een voorbeeld dus van een overstroming vanuit het regionale watersysteem. De overstroming zou een relatief klein gebied onder water zetten, maar wel een gebied waarin de zuivering Garmerwolde zich bevindt. De zuivering die het afvalwater van onder meer de stad Groningen zuivert. Garmerwolde is met 300.000 i.e. en 11.500 m<sup>3</sup>/h de grootste zuivering van waterschap Noorderzijlvest.

Uiteindelijk heeft er geen overstroming plaatsgevonden, maar zijn wel noodmaatregelen getroffen om de gevolgen zo veel

mogelijk te beperken. Enkele ervaringen vanuit deze dreigende situatie:

- Er was niet eerder nagedacht over de gevolgen van een overstroming voor de rwzi. Er diende dus geïmproviseerd te worden.
- Er is rekening gehouden met een worst-case waterdiepte van 60 cm.
- De brandweer was zeer snel ter plekke om te assisteren met noodmaatregelen. Terwijl zij al voor de deur stonden moest als het ware nog bepaald worden welke maatregelen precies getroffen gingen worden. Kort daarna waren de maatregelen in uitvoering.
- De maatregelen richtten zich op het beschermen van kwetsbare onderdelen op de zuivering: transformatoren, schakel- en besturingskasten en pompkelders.
- Er zijn zanddijken aangelegd met betonmortelauto's, zandzakken en big-bags geplaatst, het terreinriool is afgedicht en er zijn noodpompen geïnstalleerd.
- Ondanks dat het een relatief kleine, dreigende overstroming betrof in vergelijking met bijvoorbeeld een overstroming vanuit de kust, was er al volop aandacht voor de situatie in het NOS journaal. Ook was er al sprake van een zogenaamde GRIP4 situatie (Gecoördineerde Regionale Incidentenbestrijdings Procedure; 4 duidt op een gemeentegrensoverschrijdende dreiging). In de procedure is bepaald hoe de coördinatie tussen de hulpdiensten verloopt. Zo is er een Commando Plaats Incident (CoPI) met operationeel leidinggevenden van de hulpdiensten en een regionaal operationeel team (ROT) dat de inzet van hulpdiensten coördineert. De binnen de veiligheidsregio

aangewezen burgemeester wordt coördinerend bestuurder. Alle gegevens rondom het incident worden vastgelegd in het Landelijk Crisis Management Systeem (LCMS), zodat iedereen op elk moment over alle actuele informatie beschikt<sup>4</sup>.

- De regie ligt in een dergelijke situatie bij de Veiligheidsregio; het waterschap is vooral kennisdrager over zowel de dijk als de rwzi.

Uiteindelijk heeft er geen overstroming plaatsgevonden en kon de zuivering gewoon blijven functioneren. Na de crisissituatie was het vooral lastig om de terreinriolering weer functionerend te krijgen. Al improviserend waren tijdens de crisissituatie namelijk de putten volgestort om het binnenstromen van water via de terreinriolering te voorkomen. Achteraf was het beter geweest om big bags op de putten te plaatsen of om de terreinriolering afsluitbaar te maken met putdeksels. Het vooraf doordenken van een overstromingsscenario kan dit soort praktische tips opleveren.

In 2012, het jaar van de dreigende overstroming, is gestart met de uitbreiding van de zuivering. De ervaringen konden niet tijdig meer worden meegenomen in het ontwerp. Wel is een stroomvoorziening alsnog hoger geplaatst dan eerder voorzien.

---

<sup>4</sup> Van de situatie in Woltersum is een interessante video gemaakt, die goed zicht geeft op alle activiteiten achter de schermen: "De dijk staat op springen...".



#### *Overige locaties*

Ervaringen met andere overstromingen in Duitsland en Amerika leveren nog de volgende inzichten op:

- Rond zuiveringen zijn veilige zones van 500 meter aangewezen waarbinnen men in geval van een overstroming niet mag komen.
- Er is veel materieel nodig. In noodsituaties blijkt dat goed te mobiliseren.
- Ervaringskennis is nodig om snel naar bevind van zaken te kunnen handelen.





### **Maatwerk!**

*De kansen op en gevolgen van een overstroming zijn zeer uiteenlopend. Er is maatwerk nodig om in een concrete situatie op basis van kans en effect te kijken of, en zo ja, welke voorzorgs- en beperkende maatregelen getroffen moeten worden. De factor tijd is een belangrijke sleutel om tot doelmatige oplossingen te komen. Het minder overstromingsgevoelig maken van installaties gaat makkelijker bij nieuwbouw of vernieuwbouw dan binnen de bestaande situatie.*

We gaan nu nader in op de maatregelen die vooraf, tijdens en na een overstroming genomen kunnen worden.







**Wat kunnen we vooraf doen?**





## Wat kunnen we vooraf doen?

In de zogenaamde veiligheidsketen wordt onderscheid gemaakt in pro-actie (wegnemen structurele oorzaken), preventie (beheersbaar houden), preparatie (voorbereiden op overstroming), repressie (handelen tijdens de overstroming) en nazorg (herstel functioneren). We zoomen nu in op de eerste drie stappen van deze keten: wat kunnen we vooraf doen?

### Pro-actie

Bij het wegnemen van structurele oorzaken van overstroming moet ten aanzien van de afvalwaterketen vooral gedacht worden aan de locatiekeuze van de rwzi. De vrijheidsgraden zullen beperkt zijn omdat de rwzi nu eenmaal gekoppeld is aan de bestaande, uitgebreide rioleringsinfrastructuur in de stad en gesitueerd is nabij oppervlaktewater om op te lozen. Maar wellicht zijn er mogelijkheden om de rwzi of technische installaties iets hoger te plaatsen, wat maatregelen uitspaart om de rwzi overstromingrobuust uit te voeren.

### Preventie

#### *Overstroming installaties voorkomen*

Als de locatie overstromingsgevoelig is, is de vraag hoe de kwetsbaarheid vooraf door maatregelen kan worden gereduceerd.

Op 17% van de rioolwaterzuiveringsinstallaties zal de mogelijke overstromingsdiepte enkele decimeters tot een meter bedragen (zie Figuur 5). Dan is het heel wel denkbaar om door middel van

ophogingen of een ringdijk de installaties te beschermen. Ook zelfsluitende waterkeringen kunnen worden overwogen.

Overigens kan het aantrekkelijk zijn om samen met andere belanghebbenden in een gebied te kijken of er niet een groter gebied, bijvoorbeeld een heel industrieterrein, door een dijk kan worden beschermd.

Op 28% van de locaties ligt de mogelijke waterdiepte tussen de 1 en 2,5 meter. Op die locaties zou bijvoorbeeld bij nieuwbouw de besturing, schakelkasten en laagspanningseenheid op de eerste verdieping geplaatst kunnen worden.

Een punt van aandacht is het benodigde onderhoud van anti-overstromingsmaatregelen. Het verdient de voorkeur om robuuste, onderhoudsarme voorzieningen te treffen. Technisch meer geavanceerde oplossingen kunnen meer onderhoud vergen. Omdat de voorzieningen bij normaal functioneren niet nodig zijn, vergt het veel aandacht om het preventieve onderhoud structureel te borgen.



#### Voorbeeld: rwzi Amsterdam West

De rwzi Amsterdam West ligt in het Westelijk havengebied. Als gevolg van een doorbraak van de Lekdijk kan het waterpeil 1,8 meter stijgen, waardoor in grote delen van het havengebied enkele decimeters water komt te staan. Bij een overstroming zal tweederde van Amsterdam zonder elektriciteit zitten, zal de afvalverbranding en daarmee de stadsverwarming uitvallen en zal het afvalwater niet vanuit de stad naar de rwzi gepompt kunnen worden.

Om de afvalwaterketen beter bestand te maken tegen overstroming dienen twee boostergemalen te worden beschermd door een dijkje van ruim een meter. Bovendien moet de stroomvoorziening worden geborgd. Om te voorkomen dat afvalwater ongezuiverd in de haven terecht komt is een dijkje van een halve meter rond het gehele terrein van de rwzi nodig (2,3 kilometer). Het beschermen van de boostergemalen wordt als hoogste prioriteit gezien omdat daarmee afvalwater uit de stad kan worden afgevoerd.

Zie: Waterbestendige Westpoort, pilotstudie vitaal en kwetsbare functies in de haven van Amsterdam (Must en Witteveen+Bos, 2013)

### Schade voorkomen

Een andere vorm van preventie is om ervoor te zorgen dat de schade aan installaties wordt beperkt, zodat na de overstroming de installaties weer snel operationeel kunnen zijn. Zeker in gebieden waar overstroming door zout water plaats kan vinden, kan de schade aan elektrotechnische installaties groot zijn.

Bij het voorkomen van schade moet vooral gedacht worden aan het waterdicht of hoger plaatsen van energievoorzieningen en besturingsonderdelen. Dit kan in het ontwerp, maar als dit niet (meer) mogelijk is, kan gedacht worden aan een evacuatieplan voor kwetsbare, moeilijk vervangbare onderdelen.



### Voorbeeld: rwzi Utrecht

De rwzi Utrecht wordt vervangen door een volledig nieuwe installatie direct naast de bestaande installatie. De huidige installatie ligt midden in Utrecht, langs de Vecht en is overstromingsgevoelig. Bij de aanbesteding op basis van een UAV geïntegreerd contract, zijn functionele eisen ten aanzien van kwetsbaarheid bij overstromingen meegenomen. Dit heeft ertoe geleid dat de installatie niet meer in de grond, maar grotendeels boven de grond wordt geplaatst. Het besturingssysteem krijgt een plaats op de eerste verdieping, de schakelkasten komen boven de pompenruimte en de laagspanningseenheid wordt verhoogd neergezet. Ook is een aantal cruciale pompen naar de NEREDA-installatie uitgevoerd als onderwaterpomp, terwijl ze feitelijk droog staan opgesteld. Door deze maatregelen kan de installatie na een overstroming weer snel operationeel zijn.



*Doordenken: Wat als het toch mis gaat?*

Vooraf kunnen we nadenken over wat we nodig hebben om een overstroming zo goed mogelijk te doorstaan. Waar moeten we zoal aan denken:

- Hoe kunnen we de gemalen en installaties het beste snel en gefaseerd afschakelen om schade door kortsluiting te voorkomen? Heeft dit gevolgen voor bedrijven die lozen op de rwzi?
- Is de exacte gps-locatie van voorzieningen bekend? Denk vooral ook aan de locatie van afsluiters. Plezierig om te weten waar ze zitten als we ze straks niet meer kunnen zien.
- Hebben we voor kritische onderdelen reserveonderdelen 'droog' liggen? Het helpt op dit punt als standaardisatie is doorgevoerd.
- Zijn we in staat belangrijke hoofdriolen en persleidingen af te sluiten om te voorkomen dat de buizen tijdens een overstroming verstopt raken met slib?
- Kunnen we de zuiveringskring compartimenteren om te voorkomen dat problemen in het ene deel van het gebied ook in andere delen optreden?
- Kunnen we de afvalwaterstromen naar een ander gemaal of andere zuivering geleiden?
- Waar brengen we het afvalwater naar toe als we met tankwagens moeten gaan rijden?
- Waar zitten de overstorten uit het gemengde stelsel en waar de nooduitlaten van het vuilwaterstelsel?
- Hebben we kaartmateriaal van de installaties beschikbaar voor het geval ICT niet beschikbaar is?
- Welke benedenstroomse gebruikers moeten we informeren als afvalwater ongezuiverd wordt geloosd?

- Welke medewerkers moeten paraat staan in geval van nood?
- Wie is of zijn de linking-pin naar de calamiteitenorganisatie binnen het waterschap? Vanuit de calamiteitenorganisatie wordt de verbinding met de veiligheidsregio geborgd.

**Preparatie**

Van belang is de organisatie zodanig voor te bereiden dat medewerkers weten wat ze moeten doen in geval van een (dreigende) overstroming van gemalen of zuiveringen. Het gaat dan onder meer over het opstellen van een calamiteitenplan "Wat te doen bij (dreigende) overstroming" en over het opleiden en trainen van betrokken medewerkers. Uiteraard is een goede afstemming met de calamiteitenorganisatie nodig.

Maar wat nu te doen als er echt een overstroming dreigt? Dat zien we normaal gesproken enkele dagen van tevoren aankomen. Bij overstromingen vanuit de kust zal zeer snel gehandeld moeten worden omdat dergelijke overstromingen alleen plaatsvinden bij extreme stormen, waarbij nauwelijks tot geen preventieve handelingen meer mogelijk zijn. Bij overstromingen vanuit de rivieren of bij regionale overstroming is er iets meer tijd voor voorzorgacties. Aan welke voorbereidingen moeten we denken?

*Bij rwzi of gemaal*

Als de overstromingsdiepte naar verwachting enkele decimeters bedraagt, kunnen met zandzakken provisorische dijken worden aangelegd om de ergste schade te voorkomen. Bij het afsluiten van het terrein met een dijk rond de zuivering verdient de

terreinriolering nog wel aandacht. Daar moeten bijvoorbeeld waterdichte deksels of big bags op geplaatst worden.

#### *In veilige gebieden binnen overstroomd gebied*

Als volledige evacuatie niet mogelijk is zullen groepen met kwetsbare mensen zo veel mogelijk naar hoger gelegen veilige gebieden binnen het overstroomde gebied worden gebracht (de zogenaamde 'safe zones'). In dit veilige gebied zal de riolering en dus ook het toilet niet functioneren. Indien mogelijk is het vanuit hygiënisch oogpunt aantrekkelijk om ter plaatse mobiele toiletten, toiletwagens en/of plaszuilen ter beschikking te hebben<sup>5</sup>. Daarnaast is het nodig om over voldoende watervrije zeep en toiletpapier te beschikken, maar dit kan, net als drinkwater, ook in een later stadium worden aangevuld.

#### *Op de bovenverdieping*

Het is niet iets waar je gelijk aan denkt. Toch is het handig op de bovenverdieping een 'sanitatieset' klaar te zetten, zoals stevige emmers, toiletpapier, watervrije zeep en vuilniszakken.

---

<sup>5</sup> Er zijn naar schatting zo'n 20.000 mobiele toiletten in Nederland aanwezig. Elk toilet heeft een capaciteit van ongeveer 100 mensdagen, waarna het toilet geleegd moet worden.



**Wat kunnen we tijdens en na een overstroming doen?**





## Wat kunnen we tijdens en na een overstroming doen?

De kans is klein, maar als een overstroming daadwerkelijk plaatsvindt, wat kunnen we dan doen tijdens de overstroming ('repressie') en na de overstroming ('nazorg').

### Tijdens de overstroming

Bij een ernstige overstroming waarbij een groot gebied onder water komt te staan en bewoners horizontaal en verticaal worden geëvacueerd, zullen de gemalen en de zuivering niet functioneren. De installaties hebben ook niet zo veel te doen, want er is geen aanvoer van gebruikt water en het regenwater stroomt met het overstromingswater weg. Er valt eigenlijk niets anders te doen dan afwachten en de herstelfase voorbereiden.

Bij een lokale overstroming waarbij gemalen en/of zuivering uitvallen, maar het achterliggende gebied gewoon doorfunctioneert, is er een geheel andere situatie. Mogelijke maatregelen zijn:

- Het afvalwater wordt uit de bebouwde omgeving afgevoerd via tankwagens (als de gemalen niet functioneren) of via een bypass op zuivering (als alleen de rwzi niet functioneert)
- De bewoners worden geïnformeerd over deze uitzonderlijke situatie. Men wordt verzocht zo weinig mogelijk water te gebruiken. De communicatie vindt plaats vanuit de veiligheidsregio c.q. de GRIP-organisatie.

- Een zone rond overstorten en rond de ondergelopen zuivering wordt om hygiënische redenen gemarkeerd als no-go area, tenzij er toestemming verleend is.
- Als er verbeterd gescheiden stelsels aanwezig zijn, worden deze tijdelijk zo ingeregeld dat de aanvoer van regenwater naar het vuilwaterriool geminimaliseerd wordt.

### Na de overstroming

Als de hoogwatersituatie eenmaal beëindigd is en wegen en straten weer begaanbaar zijn, is er ten aanzien van het herstel van de afvalwaterketen geen groot verschil tussen een ernstige of gedeeltelijke overstroming. Wel zal de communicatie naar bewoners anders zijn; bij een ernstige overstroming is de communicatie gericht op het moment van terugkeer, bij een lokale overstroming gericht op de beschikbaarheid van voorzieningen en bijvoorbeeld het gebruik van drinkwater.

Binnen een tot enkele weken zal het verpompen van het afvalwater weer mogelijk zijn. De meeste tijd gaat zitten in het gangbaar maken van leidingen, pompen, installaties en meet- en regeltechniek. Ook zal de biologie in de zuivering weer op gang gebracht moeten worden. In deze periode zal de communicatie overgaan van de veiligheidsregio c.q. GRIP-organisatie naar de gemeente en het waterschap.

Voor gemalen en zuivering zullen achtereenvolgens de volgende stappen worden doorlopen:

- Maak gemalen en de locatie van de rwzi toegankelijk.
- Controleer op veiligheid: elektrische installaties, voorzieningen met chemicaliën, stabiliteit gebouwen en installaties.

- Herstel de elektriciteitsvoorziening.
- Ga na of gemalen ingezet kunnen worden om het gebied leeg te pompen
- Ruim op en desinfecteer.
- Controleer de toestand van hoofdriolen en persleidingen.
- Start gemalen en mechanische zuivering op.
- Breng de biologie in de zuivering weer op gang.
- Na langere tijd zullen processen weer automatisch kunnen functioneren.

Na de laatste stap kan gecommuniceerd worden dat de zuivering weer normaal functioneert en er geen beperkingen meer zijn aan het gebruik van de riolering. Ook gebruikers benedenstreams worden geïnformeerd dat de situatie hersteld is.





**Weten, willen, werken**



## Weten, willen, werken

### Weten

Het functioneren van de afvalwaterketen is niet het grootste probleem bij overstromingen. Mensen hebben andere dingen aan hun hoofd om zich zorgen over te maken. Tijdens een overstroming is het vooral van belang zo hygiënisch mogelijk te blijven handelen. Dit ligt niet meer zozeer in handen van de beheerder van de afvalwaterketen, maar veel meer bij het individu. Goede informatie is essentieel.

Natuurlijk willen we er zo veel mogelijk voor zorgen dat de afvalwaterketen blijft functioneren, ook bij overstromingen. Circa 65% van de gemalen en rwzi's kan overstromd raken. De huidige voorzieningen in de afvalwaterketen zijn hier doorgaans niet op ontworpen. Pas de laatste jaren wordt hier meer rekening mee gehouden.

Met relatief eenvoudige maatregelen kunnen overstromingen van installaties soms tegengegaan worden of de gevolgen beperkt. En zoals zo vaak: hoe eerder we daarbij stil staan, hoe makkelijker en goedkoper het is om installaties te beschermen tegen overstromingen.

### Willen

Het lijkt nu het juiste moment om na te denken over de kwetsbaarheid van de afvalwaterketen en de maatregelen die we willen nemen. Veel rwzi's zijn in de zeventiger jaren aangelegd. Grootschalige verbouwing en nieuwbouw ligt in het verschiet.

Bovendien worden de zuiveringen steeds vaker uitgebreid om als energie- en grondstoffenfabriek te opereren. En er gaan stemmen op om de zuiveringen te voorzien van een vierde trap om geneesmiddelen en andere microverontreinigingen uit het afvalwater te verwijderen. Er doen zich dus veel kansen voor om het overstromingsaspect mee te nemen in ontwerpen en aanbestedingen.

Het civiele werk rond gemalen wordt doorgaans voor enkele tientallen jaren aangelegd. Het elektromechanische en besturingsdeel vaak voor 15 jaar. Ook bij de gemalen zullen zich dus vele kansen voordoen om waar zinvol en betaalbaar overstromingrobuuster te bouwen.

### Werken

Door tijdig na te denken over aanpassingen aan installaties kan het goede moment worden gekozen om de aanpassingen door te voeren. Daarmee wordt voorkomen dat we kansen missen. Dat betekent dat we de komende jaren kunnen werken aan het meer overstromingsbestendig maken van de afvalwaterketen én de kosten daarvoor kunnen beheersen.

### Overstromingsscan

Om het proces van willen, weten en werken op te starten is op de volgende pagina een schema opgenomen dat kan helpen bij het opstellen van een plan van aanpak om de kwetsbaarheid in een bestaande situatie te verminderen.

## Overstromingsscan afvalwater

### Hoe groot is de kans op overstroming?

- hoe vaak, hoe diep?

- zie <http://professional.basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/>
- let wel: risico's veranderen in tijd door maatregelen deltaplan

### Wat zijn de directe effecten?

- functioneren gemalen en rwzi (uitval)

- ook een beetje water zal vaak al voor uitval zorgen
- denk aan stroomvoorziening en meet- en regeltechniek

### Wat zijn de gevolgen?

- voor bewoners/bedrijven, ecologie en benedenstroomse belanghebbenden

- maak onderscheid tussen zeldzame, zeer ernstige en vaker voorkomende, lokale overstromingen
- kijk naar praktische en hygiënische gevolgen

### Hoe kunnen we uitval voorkomen?

- gemalen en/of rwzi

- denk aan terpen, dijken, zandzakken, ...
- zorg voor afsluiting terreinriolering
- maak onderscheid tussen maatregelen ter plekke of in de omgeving

### Hoe kunnen we gevolgen verminderen?

- voor bewoners/bedrijven, ecologie en benedenstroomse belanghebbenden

- tijdig demonteren slecht vervangbare onderdelen (verkorten hersteltijd)
- bijvoorbeeld inzet tankauto's bij gemalen of bypass op rwzi
- snelle informatie naar belanghebbenden

### Keuzes maken

- kosten van voorzorgmaatregelen versus baten voorkomen gevolgen

- maak keuzes samen met belanghebbenden
- communiceer gemaakte keuzes (wat mag men verwachten).

### Maatwerk

frequentie, ernst en gevolgen zijn zeer verschillend per locatie







## Colofon

Het rapport is opgesteld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Opdrachtgever is de heer Meinte de Hoogh.

De kwetsbaarheid van de afvalwaterketen is in beeld gebracht op basis van drie werksessies met deelnemers van gemeenten, waterschappen, drinkwaterbedrijven, kennisinstellingen, Rijkswaterstaat en Rijk. Aan deze sessies hebben deelgenomen:

- Eelke de Jong (Waterschap Noorderzijlvest)
- Frank Verkuijlen (waterschapsbedrijf Limburg)
- Arne Bosch (Waternet)
- Peter Wassenaar (Waternet)
- Daniël van Veen (gemeente Tholen)
- Sjaak Nas (gemeente Venlo)
- Thomas Jansen (gemeente Dordrecht)
- Hugo Gastkemper (Stichting RIONED)
- Lydia Barm (Evides)
- Heleen de Man (Sanitas Water)
- Lieke Friederichs (RIVM)
- Durk Riedstra (RWS)
- Max Schropp (RWS)
- Anneloes Reinders (Ministerie IenM)
- Annemarieke Grinwis (Ministerie IenM)
- Meinte de Hoogh (Ministerie IenM)
- Stan Vergeer (Ministerie IenM/Rijksuniversiteit Groningen)
- Hans van der Eem (Welldra, gespreksleider)

De bevindingen in dit rapport zijn mede gebaseerd op gesprekken met:

- De contactpersonen bij de voorbeelden uit Duitsland en Amerika
- Marcel Matthijssse, landelijk projectleider Watercrises en Evacuatie
- Albert van Manen, projectleider ingenieursbureau hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, en Harm Heijmans, afdelingsleider bij Heijmans Integrale Projecten.

Ook is deelgenomen aan de workshop Gezondheidsaspecten reddingsoperatie na overstromingen op 13 september 2016 in Dordrecht, met deelnemers uit alle 'gezondheidshoeken'.

Het rapport is opgesteld door Hans van der Eem (Welldra) in nauwe samenwerking met Meinte de Hoogh (IenM) en Stan Vergeer (IenM en RUG).



Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie

## De kwetsbaarheid van de afvalwaterketen bij overstromingen

December 2017