



## Klimaatverandering en grondwaterbeheer stedelijk gebied

Deze Deltafact geeft een overzicht van de informatie die verzameld, gegenereerd en gebundeld is over de mogelijke effecten van klimaatverandering op het grondwater in stedelijk gebied.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE
4. TECHNISCHE KENMERKEN STEDELIJK WATERSYSTEEM
5. KANSRIJKE MAATREGELEN
6. KOSTEN EN BATEN
7. GOVERNANCE
8. PRAKTIJKERVERVARINGEN EN LOPEND ONDERZOEK
9. KENNISLEEMTEN
10. BRONNEN & LINKS
11. ERVARINGEN
12. DISCLAIMER

### 1. Inleiding

Stedelijk grondwater heeft voornamelijk de aandacht in natte tijden, wanneer kruipruimten blank staan en optrekkend vocht tot schades leidt. Maar steden lijden ook schade door lage grondwaterstanden. Bijvoorbeeld door verschilzettingen, aantasting van houten funderingen ('paalrot'), scheuren van wegen en van ondergrondse infrastructuur en door toename van wateroverlast- en overstromingsrisico's als gevolg van bodemdaling. Grondwaterpeilbeheer, om te hoge en te lage grondwaterstanden te voorkomen, is daarom belangrijk. Grondwater is ook een randvoorwaarde bij infiltratiemaatregelen ter vermindering van wateroverlast door regenval.

De schadeprocessen die door lage grondwaterstanden worden aangejaagd verlopen traag en worden meestal pas onderkend als het kwaad is geschied. Dit, samen met het simpele feit dat grondwater niet zichtbaar is, heeft ertoe geleid dat het grondwaterdossier in de stad niet altijd de aandacht krijgt die het verdient.

Klimaat-effectonderzoek toont dat er grote kans is op een dynamischer grondwaterregime: grondwaterstanden komen als gevolg van meer neerslag en langere droogteperiodes respectievelijk hoger en lager te staan dan nu het geval is. De processen die nu al tot schades leiden dreigen daardoor prominenter te worden.

In het kader van het Deltaprogramma en klimaatprogramma's is veel informatie verzameld, gegenereerd en gebundeld over de mogelijke effecten van klimaatverandering op het grondwater in stedelijk gebied. Deze Deltafact geeft hiervan een overzicht.

## 2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts.

Trefwoorden: Grondwater, grondwaterbeheer, stedelijk watersysteem, stedelijk waterbeheer, grondwateronderlast, grondwateroverlast

Deltafacts: [Dynamisch peilbeheer](#), [Effecten klimaatverandering op landbouw](#), [Effecten klimaatverandering op terroristische natuur](#).

### **Klimaatverandering en grondwaterstanden**

In de meest recente klimaatscenario's van het KNMI ([KNMI, 2015](#)) is de verwachting dat de neerslag en extreme neerslag in de winter toenemen en dat de intensiteit van extreme regenbuien in de zomer toeneemt. In twee van de vier scenario's neemt de frequentie van droge zomers toe. Door een toename van het neerslagtekort komen naar verwachting vaker lage zomergrondwaterstanden voor. Als deze niet meer voldoende gecompenseerd kunnen worden in de winter, is het zelfs mogelijk dat op bepaalde locaties de gemiddelde grondwaterstanden zowel in de zomer als in winter lager zullen zijn dan momenteel het geval is ([Stuurman et al, 2007: pg 60](#); [Tank et al, 2009](#); [Deltaplan Hoge Zandgronden, 2012](#)). Het grondwaterstandsverhogende effect van een toename van de winterneerslag verschilt qua grootte van gebied tot gebied en is afhankelijk van de lokale drainagekarakteristieken.

### 3. Strategie

(1 Preventie, 2 Ruimtelijke ordening, 3 Crisisbeheersing)

Verandering in het grondwaterregime als gevolg van klimaatverandering leidt niet tot veiligheidsproblemen, het kan wel leiden tot overlast en schade.

### 4. Technische kenmerken stedelijk watersysteem

#### **Verschillen stedelijk – landelijk grondwatersysteem**

De twee belangrijkste aspecten waarin stedelijke en landelijke grondwatersystemen van elkaar verschillen, zijn de grotere mate van verharding, en de minder systematisch aanwezige (grondwater)drainage. Hoe meer verharding, hoe groter het aandeel van de neerslag dat via maaiveld en riolering afstroomt, en hoe minder regenwater infiltreert in de bodem. Desondanks zijn er veel stedelijke gebieden met grondwateroverlast. Dat komt doordat tijdens de verstedelijking niet altijd goed rekening is gehouden met het grondwater, met name in de decennia na 1945, maar ook recenter. Een bekend voorbeeld is dat sloten werden gedempt zonder dat dit werd gecompenseerd met ophoging of buisdrainage. De drainageafstand, en daarmee de opbolling van de grondwaterstand ten opzichte van het oppervlaktewater, namen daardoor sterk toe. Andere voorname oorzaken van grondwateroverlast zijn de reductie van grondwaterwinningen binnen de stadsgrenzen, en onvoldoende aandacht voor grondwater bij civieltechnische werken. In veel gebieden is naderhand alsnog grondwaterdrainage aangelegd, soms op ad hoc basis, soms in het kader van een structurele aanpak. Het gevolg is dat de intensiteit en onderhoudstoestand van drainage in stedelijke gebieden sterk varieert, ook op korte afstand.

#### **Klimaatverandering en hoge grondwaterstanden in stedelijk gebied**

De doorwerking van klimaatverandering, in de vorm van meer winterneerslag, naar hoge grondwaterstanden hangt af van de drainage-intensiteit en de verhardingsgraad. Intensieve drainage dempt het effect van neerslag op de grondwaterstand. Meer neerslag betekent in dat geval vooral meer afvoer via de drainage. Regen op onverhard oppervlak infiltreert naar het grondwater, waardoor het grondwaterniveau kan stijgen. Meer verharding betekent dus minder grondwateraanvulling.

De doorwerking naar schades hangt af van de kwetsbaarheid van de landgebruiksfuncties voor hoge grondwaterstanden. Hoge grondwaterstanden onder



*Figuur 1. Gebieden met kans op grondwateroverlast, regionaal schaalniveau*

gebouwen kunnen leiden tot vochtige kruipruimten en optrekkend vocht in de muren. In oude panden kan dit vervolgens leiden tot schade aan houten vloeren en constructiedelen. Panden van vóór het Bouwbesluit van 1992 zijn gebouwd zonder dampdichte beganegrondvloeren. Natte kruipruimten onder die panden kunnen leiden tot een vochtig binnenklimaat en vervolgens tot gezondheidsproblemen bij de bewoners. Kelders onder gebouwen kunnen gaan opdrijven onder invloed van hoge grondwaterstanden; dit kan leiden tot scheurvorming en lekkage. Een hoge grondwaterstand onder wegen kan leiden tot spoorvorming en vorstschade. Ook vegetatie, met name bomen, kan nadeel ondervinden van hoge

grondwaterstanden door zuurstofgebrek in de wortelzone, waardoor de wortels afsterven. Het risico dat bomen omwaaien neemt hierdoor toe. De gevoeligheid voor hoge grondwaterstanden verschilt per (boom)soort. Tot slot kunnen tuinen en parken drassig worden.

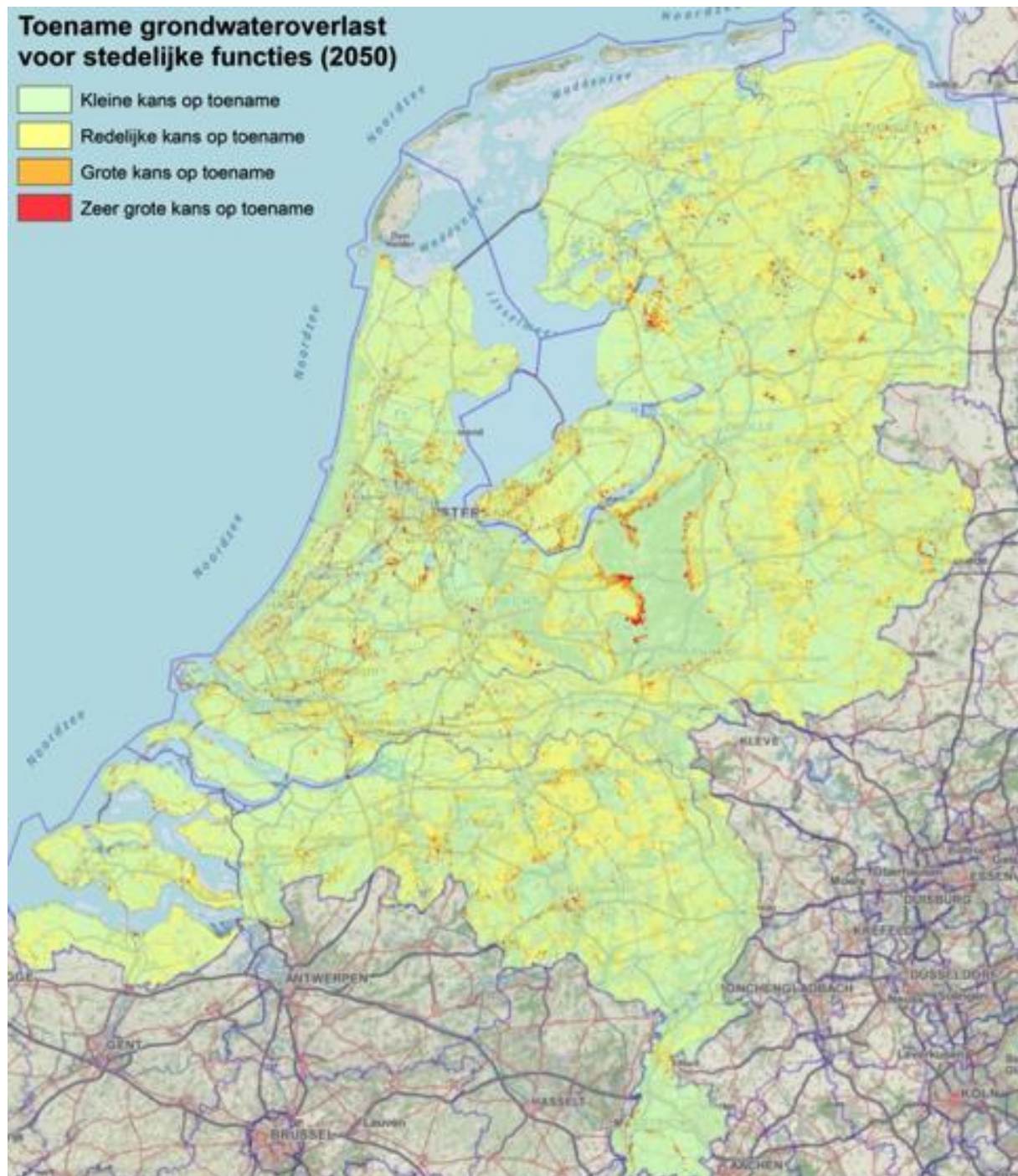
Figuur 1 geeft globaal aan in welke delen van Nederland grondwateroverlast kan optreden. In een vervolgstudie is een kaart gemaakt die aangeeft waar de kans op toename van grondwateroverlast in steden tot 2050 als gevolg van klimaatverandering meer of minder groot is. De kaart, weergegeven in Figuur 2, is gebaseerd op uitkomsten van het Nationaal Water Model [Basisprognoses zoetwater](#); klimaateffectatlas.

### **Klimaatverandering en lage grondwaterstanden in stedelijk gebied**

De doorwerking van klimaatverandering, in de vorm van een groter neerslagtekort in de zomer, naar lage grondwaterstanden is afhankelijk van de hydrologische situatie. In kwelgebieden bestaat, door een continue opwaartse aanvoer van grondwater vanuit diepe watervoerende lagen, minder kans op substantiële grondwaterdalingen

dan in wegzijgingsgebieden, waar het water juist wegzakt naar grotere diepte. De doorwerking van lage grondwaterstanden naar schades hangt daarnaast af van de kwetsbaarheid van de landgebruiksfuncties.

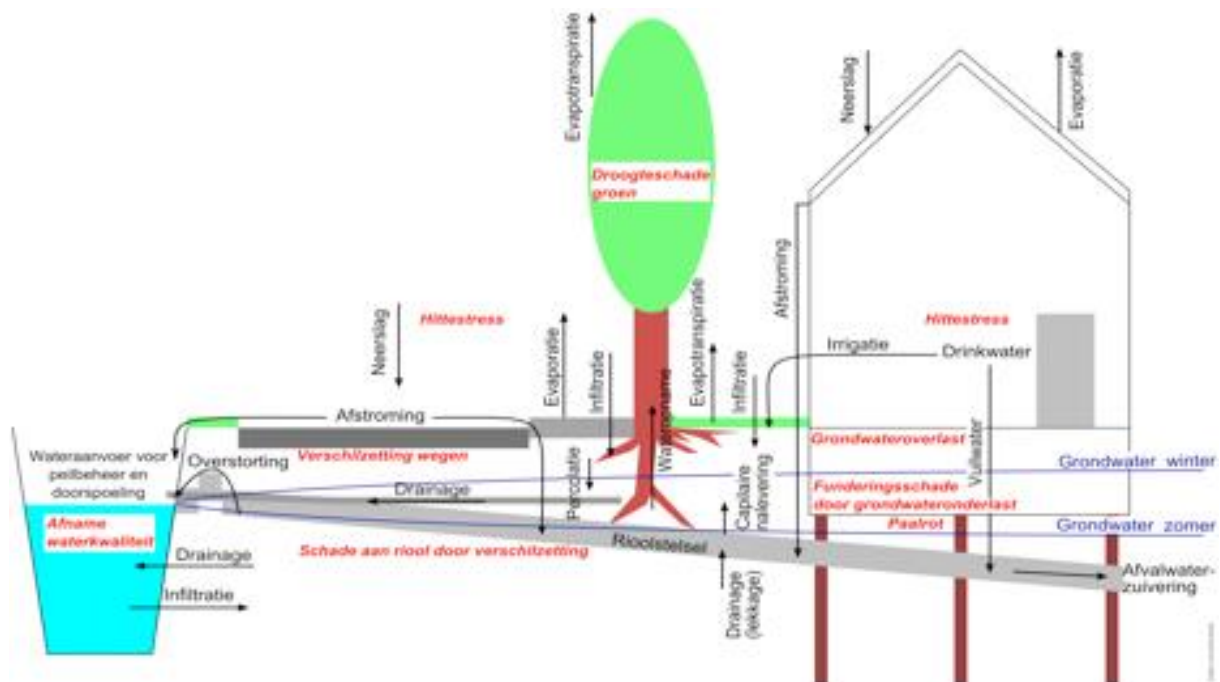
De funderingswijze van gebouwen heeft grote invloed op deze kwetsbaarheid. Voor panden is de bouwperiode en locatie een eerste aangrijpingspunt voor het schatten



Figuur 2. Kans op toename grondwateroverlast door klimaatverandering, regionaal schaalniveau. (deze kaart is met een toelichting opgenomen in de digitale Klimateffectatlas [www.klimateffectatlas.nl](http://www.klimateffectatlas.nl))

van de kwetsbaarheid, omdat in specifieke perioden, op specifieke plaatsen (afhankelijk van draagkracht van de bodem) typerende bouwwijzen en funderingstechnieken zijn gebruikt. In Hoog Nederland komt funderingsschade als gevolg van lage grondwaterstanden bijvoorbeeld bijna niet voor, doordat daar nauwelijks op houten palen is gebouwd en de bodem door de overwegend grotere draagkracht meestal niet vatbaar is voor zetting. In Laag Nederland, in de klei- en veengebieden, zijn houten paalfunderingen en funderingen 'op staal' relatief gevoelig voor lage grondwaterstanden vanwege respectievelijk 'paalrot' (schimmelaantasting onder invloed van zuurstof) en verschilzettingen van de bodem. Verschilzettingen kunnen ook leiden tot schades aan rioleringen, wegverhardingen en andere infrastructuur. Schade aan gebouwen en infrastructuur veroorzaakt door lage grondwaterstanden wordt ook wel 'grondwateronderlast' genoemd.

Figuur 3 geeft weer welke schademechanismen worden beïnvloed door fluctuaties in het grond- en oppervlaktewaterpeil. De pijlen geven aan hoe water zich door het systeem beweegt. De figuur is van toepassing op steden in Laag Nederland.



Figuur 3. Watersysteem op straatniveau in laag Nederland

Andere effecten, die zowel in Hoog als in Laag Nederland kunnen optreden zijn een vermindering van het koelend effect van verdamping van bodemvocht ([RIVM, 2011](#)) en verstopping van drainage buizen. Een daling van het grondwaterniveau tot onder

het niveau van drainagebuizen zorgt ervoor dat deze droog komen te staan. Er is dan gelegenheid tot vorming en ophoping van (ijzer)oxiden in de buizen. Door deze verstoppingen stijgt de onderhoudsbehoefte.

### **Relatie klimaatverandering, grondwaterstanden en wateroverlast in stedelijk gebied**

Er bestaat een groeiende behoefte om de ondergrond te benutten voor beperking van wateroverlast door hevige regenval. Deze behoefte ontstaat door een toenemende intensiteit van (zomer)buien, en de vaak beperkte ruimte die beschikbaar is voor oppervlakkige berging. Aanvankelijk werden voorzieningen voor infiltratie van regenwater alleen toegepast bij lage grondwaterstanden en hoge doorlatendheden van de bodem. Uit recente toepassingen blijkt dat infiltratievoorzieningen ook in gebieden met hoge grondwaterstanden en/of lage bodemdoorlatendheden goed functioneren (Rus, 2013; Boogaard, 2015). Voorzieningen zoals infiltratiekratten en wadi's interacteren met het grondwatersysteem. Waterdoorlatende verhardingen kunnen worden voorzien van een funderingslaag die zowel bergend, vertragend als zuiverend kan werken zonder dat het regenwater uiteindelijk infiltreert. In dat geval heeft de voorziening feitelijk geen relatie met de ondergrond.

De ondergrond is nog steeds een belangrijke randvoorwaarde bij het ontwerp van infiltratievoorzieningen, om grondwateroverlast en slecht functioneren te voorkomen. Ook beïnvloeding van ondiepe grondwaterverontreinigingen is een aandachtspunt bij infiltratie van regenwater. Maar hoge grondwaterstanden en/of lage bodemdoorlatendheden blijken geen onneembare hindernissen meer voor infiltratie als effectieve maatregel tegen wateroverlast.

### **5. Kansrijke maatregelen**

Er zijn diverse maatregelen die schades ten gevolge van hoge of lage grondwaterstanden voorkomen of verminderen (Beter bouw- en woonrijp maken/SBR, 2009; PBL, 2011). Het betreft maatregelen ter vermindering van de blootstelling of ter vermindering van de kwetsbaarheid. Niet elke maatregel is echter even goed inzetbaar.

Naast de al genoemde (buis)drainage is kruipruimteloos bouwen een vaak genoemde maatregel tegen schades door hoge grondwaterstanden.

Enkele door stakeholders veel genoemde maatregelen ter vergroting van de grondwateraanvulling zijn ([Hoogvliet et al, 2012, pg 87](#))

- Minder verharding
- Een groter aandeel waterdoorlatende verharding.
- Berging en infiltratie (bijv. kratten en t.b.v. bomen)

Overigens staat meer grondwateraanvulling als gevolg van deze maatregelen niet gelijk aan minder schade door lage grondwaterstanden. Dit hangt af van de schaal van de maatregelen, de eigenschappen van de ondergrond, en de timing, duur en intensiteit van droogteperioden.

Maatregelen ter infiltratie van regenwater hebben als primair doel het verminderen van de kans op wateroverlast door hevige regenval. Tijdens langdurige droogte bieden deze voorzieningen geen soelaas om de grondwaterstand op peil te houden. Er is dan immers geen regenwater om te infiltreren of door te laten.

De bovengenoemde maatregelen verminderen de blootstelling. Een veel toegepaste maatregel ter vermindering van de kwetsbaarheid is aanpassing van funderingen, bijvoorbeeld vervanging van houten paalkoppen door betonplangers. Deze maatregel wordt overigens vaak toegepast als herstelmaatregel, wanneer de schade al is opgetreden. Daarnaast kan bij funderingsschade gedacht worden aan financiële arrangementen, zoals een waarborgfonds. Een dergelijk fonds kan het funderingsherstel voorschieten, waarna bij verkoop van het huis het funderingsherstel wordt terug betaald.

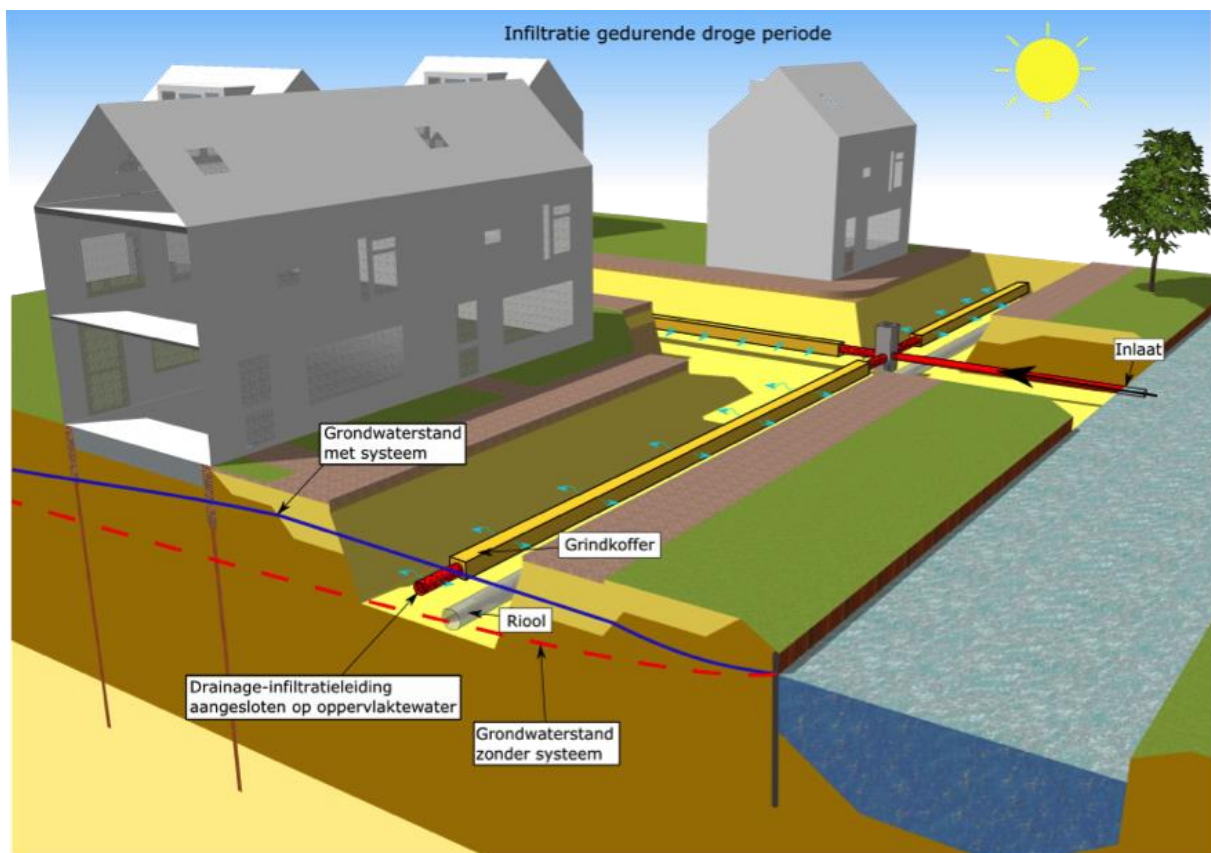
Maatregelen die bij dreiging van zowel hoge als lage grondwaterstanden kunnen worden ingezet, zijn:

- Grondwaterpeilgestuurde drainage en infiltratie, in combinatie met dynamisch peilbeheer. Gedacht kan worden aan een door grondwater, of andere bronnen, gestuurd oppervlaktewaterpeil, in plaats van een door oppervlaktewaterbeheer gestuurd grondwaterpeil. De kosteneffectiviteit van deze maatregel is nog onduidelijk.

Actief grondwaterpeilbeheer: een gerichte inspanning, zonder resultaatsverplichting, om een gewenst grondwaterpeil te realiseren, met een drainage-infiltratieleiding die

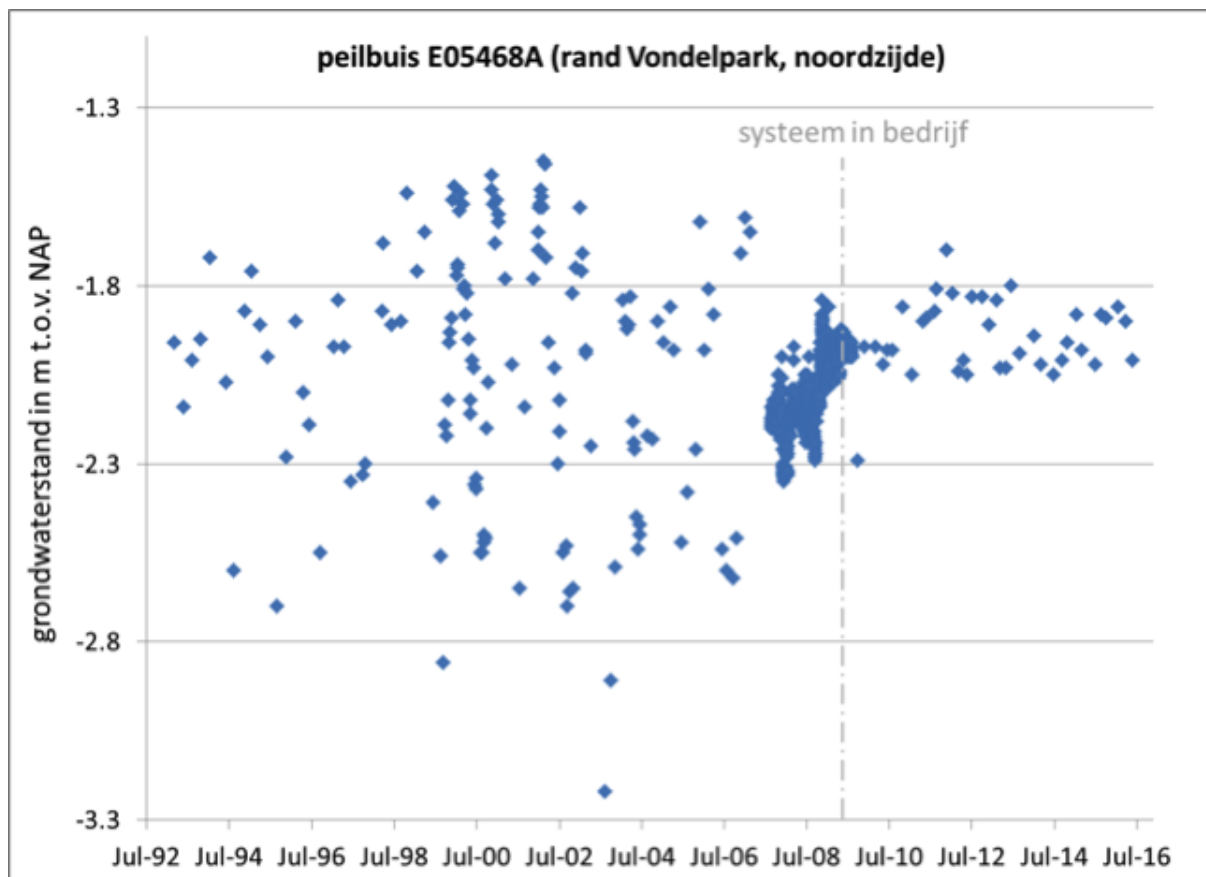


in verbinding staat met het oppervlaktewater. Is er te veel grondwater, dan wordt dat afgevoerd naar het oppervlaktewater. Een grondwatertekort wordt via dezelfde route aangevuld vanuit het oppervlaktewater (zie Figuur 4). Recent onderzoek (Deltares / Wareco / Fugro, 2017) toont aan dat actief grondwaterpeilbeheer meer op kan leveren dan het kost. Dit geldt voor gebieden die gevoelig zijn voor maaiveldaling door seizoensgebonden lage grondwaterstanden, en wanneer de aanleg wordt gecombineerd met rioolvervanging in openbaar gebied. Private eigenaren van woningen en gebouwen kunnen aansluiten op het gemeentelijke systeem en op die manier voorkomen dat schade ontstaat op hun eigen terrein. In droge periodes zal het systeem invloed hebben op de stedelijke vraag om zoet water. Het water dat nodig is om het tekort aan grondwater op te heffen, is immers afkomstig van het oppervlaktewater. Bij het plannen van actief grondwaterpeilbeheer is afstemming met de regionale waterbeheerder (het waterschap) daarom noodzakelijk. Feitelijk kan met deze maatregel de fluctuatie van grondwaterstanden worden beperkt (zie Figuur 4b). Gezien de verwachting dat grondwaterregimes dynamischer worden onder invloed van klimaatverandering, kan deze maatregel worden beschouwd als 'klimaatbestendig grondwaterpeilbeheer'.



Figuur 4. Principe actief grondwaterpeilbeheer, ter vermindering van schade door grondwateronderlast (boven) en grondwateroverlast (onder).

Vergroening is een effectieve maatregel om hittestress tegen te gaan. Planten en bomen koelen de lucht door evapotranspiratie en bieden schaduw. Meer groen vraagt echter ook meer aandacht voor het grondwaterpeilbeheer. Er moet immers wel voldoende water zijn om de plant- en boomwortels van water te voorzien en grondwaterpeilen mogen onder invloed van de watervraag van de extra vegetatie niet nog verder dalen nabij kwetsbare constructies.



Figuur 4b. Reducerend effect van een drainage-infiltratiesysteem op de grondwaterdynamiek in het Vondelpark (bron: Waternet).

Centraal bij kansrijke maatregelen staat de verbetering van de samenhang tussen gebruiksfuncties (constructies, infrastructuur, groen etc.), ondergrond, het oppervlaktewater en de inrichting van stedelijke ruimte. Naast externe wateraanvoer moet ook worden ingezet op efficiënter gebruik van water; op infiltratie, berging en nuttig gebruik van in de stad gevallen neerslag, en op vermindering van de kwetsbaarheid voor hoge en lage grondwaterstanden. Daarnaast kan schade worden beperkt door zachte maatregelen als metingen, alarmering en aangepast gedrag.

In het kader van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie zijn veel verschillende maatregelen geïnventariseerd. Deze zijn gebundeld op de [internetpagina's](#) van het Deltaprogramma.

### **Grondwaterbeheermaatregelen als volwaardige infrastructuur**

Gelet op de gemeentelijke verantwoordelijkheid voor grondwaterbeheer in openbaar gebied verdienen voorzieningen die de grondwaterstand reguleren en beïnvloeden een status die gelijkwaardig is aan stelsels voor transport en afvoer van afval- en regenwater (Deltares / Wareco / Fugro, 2017). Dit vraagt dezelfde mate van aandacht voor het ontwerp van drainage- en infiltratievoorzieningen als voor de riolering. Grondwaterbeheermaatregelen leg je aan, niet 'mee' (tijdens rioolvervanging). Met het oog op de beheer- en onderhoudsfase is bijvoorbeeld de toepassing van juiste materialen van belang, evenals aanleg onder de te verwachten laagste grondwaterstand (Leidraad Riolering, module C3300). Tot slot is een goede registratie cruciaal voor een toekomstrobuust stedelijk waterbeheer: welke voorzieningen die de grondwaterstand potentieel beïnvloeden zijn waar aangelegd, en hoe, en wanneer.

## **6. Kosten en baten**

De kosten van een verbetering van het grondwaterbeheer in het stedelijk gebied om de negatieve gevolgen van klimaatverandering te beperken, worden steeds beter in beeld gebracht. De baten van maatregelen worden momenteel nog voornamelijk uitgedrukt als vermeden schade. Direct of indirect (via hittestress) aan een veranderend grondwaterpeil gerelateerde kostenposten zijn:

- Funderingsschade aan bouwwerken door grondwateronderlast.
- Verlies van arbeidsproductiviteit, ziekenhuisopname en sterfte door hitte.

Daarnaast wordt door experts gewezen op substantiële negatieve effecten door ([Hoogvliet et al, 2012](#)):

- Toename van optreden (grond)wateroverlast.
- Schade aan terreinen en infrastructuur door maaiveldddaling en verschilzetting.
- Verdroging van groen.

Voor de twee laatstgenoemde posten zijn nog onvoldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar om de kostentoeename ten gevolge van klimaatverandering te ramen. Van de andere twee kostenposten worden voorzichtige ramingen gegeven.

- Minimaal 100.000 woningen ondervonden in het jaar 2000 in Nederland significante grondwateronderlast. Wanneer wordt uitgegaan van een gemiddeld schadeherstelbedrag voor funderingen van 54.000 Euro, vertaalt zich dat in een kostenpost van circa 5 miljard Euro voor schadeherstel. Omdat deze post betrekking heeft op een schadeproces dat zich nu voordoet, is het aannemelijk dat in de toekomst het schadebedrag gaat toenemen, mede onder invloed van klimaatveranderingen ([Hoogvliet et al, 2012, p. 43](#)).
- De financiële gevolgen van een toename in hittestress verschillen per klimaatscenario, in de maanden juli en augustus in 2050 varieert dit tussen de -3,7 miljoen en 22,7 miljoen aan extra ziekenhuisopnames en de kosten van sterfte. Uitgaande van de KNMI 2006 klimaatscenario's varieert de schade door arbeidsproductiviteitsverlies van 0 euro bij het G scenario tot 391 miljoen per jaar bij het W+ scenario ([Hoogvliet et al, 2012](#)).

Als bij inrichting en herinrichting van het stedelijk gebied in de komende decennia consequent rekening wordt gehouden met de eisen die het fysieke systeem en klimaatverandering stellen, kan klimaatadaptatie worden ingepast tegen zo gering mogelijk kosten, het zgn. 'meekoppelen'. Een groot aantal van de mogelijke maatregelen is zelfs vrijwel kosteloos, mits geïmplementeerd tijdens zo'n meekoppelmoment (PBL, 2011). Bij bijvoorbeeld groot onderhoud aan de riolen kunnen tegelijkertijd drainage/infiltratie maatregelen worden gerealiseerd om de grondwaterstand te beheersen.

## 7. Governance

In de laatste jaren is in het milieurecht veel veranderd onder andere door de invoering van de wet gemeentelijke watertaken en de Waterwet. Dit gaf soms onduidelijkheden wat betreft de verantwoordelijkheden van de verschillende overheden. Binnen het stedelijk grondwaterbeheer hebben de gemeente, waterschap en huiseigenaar verschillende taken. De hieronder beschreven verdeling van verantwoordelijkheden zal niet wezenlijk veranderen wanneer de Waterwet over enkele jaren vervangen wordt door de Omgevingswet.

De **gemeente** heeft de grondwaterzorgplicht, dit houdt in dat de gemeente in het openbaar gemeentelijk gebied (dus niet op het terrein van de perceeleigenaar) maatregelen moet treffen om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de bestemming van de grond zo veel mogelijk te voorkomen of te beperken

(Sterk consulting & Colibri advies, 2012: pg 18). Ook heeft de gemeente een aannameplicht voor overtollig grondwater.

Het **waterschap** is de waterbeheerder voor regionale wateren en maakt bijvoorbeeld peilbesluiten. De taken zijn onder andere de inzet van de watervergunning of algemene regels, het uitvoeren van het oppervlaktewaterpeilbeheer of het zelf uitvoeren van projecten waarbij wijzigingen worden aangebracht in de loop of omvang van grondwaterlichamen (Sterk consulting & Colibri advies, 2012: pg 12). Zo heeft het werk van het waterschap invloed op het grondwaterregime in de stad.

Een **huiseigenaar** is zelf verantwoordelijk voor de staat van de woning en het perceel. Eventuele schade komt voor eigen rekening. Uit jurisprudentie is gebleken dat de eigenaar zelf verantwoordelijk is voor de wering van grondwater op zijn eigen grond, in, onder en om zijn woning. Hetzelfde geldt voor wateronderlast problemen. Daarnaast mag een huiseigenaar geen hinder toebrengen door wijziging van de loop, hoeveelheid of kwaliteit van het over zijn erf stromende (grond)water (Sterk consulting & Colibri advies, 2012: pg 18-19).

In de praktijk maakt een gemeente het stedelijk grondwaterbeleid en voert het ook grotendeels uit, maar is daarbij wel afhankelijk van het waterschap voor de afwatering van gedraineerd overtollig grondwater, en eventueel aanvoer van extern water in droge perioden. Coördinatie tussen beleid en uitvoering is belangrijk voor een optimaal grondwaterbeheer. Door betere samenwerking kan er beter worden gemonitord en kunnen vroegtijdig maatregelen worden genomen om schade te beperken en de effecten van klimaatverandering te verminderen of te voorkomen.

### **Verantwoordelijkheidsvraag**

Binnen het stedelijk grondwaterbeheer zijn er vaak problemen wat betreft verantwoordelijkheid. Door verschillen in bijvoorbeeld de funderingen van bouwkundige eenheden, is het lastig of zelfs onmogelijk om voor elk bouwwerk de gewenste grondwaterstand te creëren en handhaven. In dergelijke gevallen zal een gemeente minder snel overgaan op maatregelen, om mogelijke juridische problemen te voorkomen.

De invoering van de grondwaterzorgplicht leidt inmiddels tot een toename van de monitoringsinspanningen en een vergroting van de hoeveelheid drainage.

Gemeenten zullen zich meer gaan inspannen voor een goede grondwaterzorg, maar zullen rekening blijven houden met mogelijke technische problemen en juridische risico's. Doelmatigheid is daarbij een leidend principe.

Veel huiseigenaren zijn zich niet bewust van hun verantwoordelijkheid voor de grondwaterhuishouding op hun eigen grond. Vaak ontbreekt een 'bijsluiter' bij woningen met informatie over fundering, drainage en het gewenste onderhoud. Huiseigenaren maken aanzienlijke kosten bijvoorbeeld voor het herstellen van funderingsschade, maar in de praktijk kunnen ze weinig invloed uitoefenen op het voorkomen van die schade. Gerichtte voorlichting over kwetsbaarheid van panden en blootstelling aan grondwateroverlast en onderlast maakt het hen mogelijk om deze verantwoordelijkheid te nemen, en bijvoorbeeld voorzorgsmaatregelen te nemen in tijden van droogte of de drainage een onderhoudsbeurt te geven voor de winter (Sterk consulting & Colibri advies, 2012).

### **Vasthouden, bergen, afvoeren**

In 2000 heeft de commissie waterbeheer in de 21e eeuw een [rapport](#) uitgebracht dat een belangrijke stap betekende in de ontwikkeling van het waterbeheer naar een meer ruimtelijk georiënteerd beleid. De kern van de boodschap is dat we moeten proberen het water niet meteen in volle omvang te lozen op de grotere watergangen. De afvoerpieken zouden beperkt moeten blijven om zo de grotere watersystemen niet verder te belasten dan absoluut noodzakelijk en water beschikbaar te hebben voor droge perioden.

In het stedelijk gebied wordt daarom gezocht naar mogelijkheden voor het afkoppelen van regenwaterafvoer naar het riool en infiltratie van regenwater, zonder dat dat leidt tot grondwateroverlast. Het bouwrijp maken van nieuwbouwlocaties zal, om in lijn met het beleid te werken, dan regenwaterinfiltratie moeten combineren met meer drainage en wellicht zelfs meer ophogen van het bouwterrein ([Stuurman et al, 2007: Pg 42](#)). Een andere mogelijkheid om de infiltratiecapaciteit te vergroten is het invoeren van een heffing op regenwaterriolering op basis van m<sup>2</sup> aangesloten verhard oppervlak per woning (zoals in Duitsland). Motivaties voor huiseigenaren kunnen ook worden gevonden in het verfraaien van tuin en gebouw, en het verhogen

van de vastgoedwaarde. Een website als [www.rainproof.nl](http://www.rainproof.nl) biedt daarvoor handvaten.

## 8. Praktijkervaring en lopend onderzoek

Binnen het deltaprogramma wordt in het **deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie**, programmaonderdeel Klimaatbestendige Stad onder andere onderzoek gedaan naar grondwaterbeheer en klimaatverandering in stedelijk gebied. Het programmaonderdeel heeft als doel het beperken van de gevolgen van wateroverlast, droogte en hitte door middel van ruimtelijke maatregelen. Praktisch toepasbare uitkomsten van het programma zijn te vinden op [www.ruimtelijkeadaptatie.nl](http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl). Deze website geeft ook toegang tot (informatie over) state of the art tools, de uitkomsten van Kennis voor Klimaat en de STOWA Hydrotheek. De site biedt bovendien een platform voor de uitwisseling van ervaringen en voorbeelden uit de praktijk.

Een ander platform om waterbeheerders te voorzien van informatie ter onderbouwing van hun water- en klimaatbeleid is [HydroCity](http://HydroCity). Het platform brengt informatie voor het stedelijk waterbeheer bijeen (waaronder neerslag, verdamping, infiltratie etc.) legt verbanden hiertussen en geeft op basis hiervan steeds nauwkeuriger voorspellingen. Dit kan van belang zijn voor een beter begrip van de effecten van klimaatverandering op het stedelijk watersysteem.

Veel gemeenten en waterschappen hebben nog geen kijk op het stedelijke grondwatersysteem in hun beheersgebied. Nationaal en internationaal is er een tendens om daarin verandering te brengen. Er wordt steeds meer onderzoek gericht op de stedelijke (geo)hydrologie, aangezien steden alsmaar groeien en in toenemende mate een beslag wordt gelegd op de capaciteiten van de waterketen en het water- en bodemsysteem ([Hoogvliet et al, 2012](#)). Voor veel gemeenten is de eerste stap het in kaart brengen van het stedelijk grondwatersysteem door het opzetten van een grondwatermeetnet. Een groot aantal gemeenten beschikt inmiddels over een grondwatermeetnet, sommige al sinds vele jaren (bv. Amsterdam, Rotterdam, Den Haag, Delft). Aan de kant van kennisontwikkeling wordt gewerkt aan het gebruik van deze data in modellen, het ontwikkelen van allerlei maatregelen en het voorspellen van de effecten van deze maatregelen. Een voorbeeld daarvan is praktijkgericht onderzoek naar de technische (on)mogelijkheden van grootschalig actief grondwaterbeheer in stedelijk gebied.

Daarnaast groeit de ervaring met communicatie over stedelijk grondwater richting bewoners, bijvoorbeeld in de gemeenten [Hoogeveen](#) en Dordrecht. Ook op het gebied van risicogestuurd grondwaterbeheer is de laatste jaren vooruitgang geboekt (gemeente Enschede).

## 9. Kennisleemtes

Het was tot voor kort onbekend wat voor invloed klimaatverandering heeft op het stedelijke grondwaterbeheer. Onderzoek heeft deze kennisleemte verkleind, maar de onzekerheid in de antwoorden is nog aanzienlijk. Daarom zijn er nog veel kennisleemtes in te vullen.

### **Waterbalans van de stad is een voorname onbekende**

De omvang van de factoren in de waterbalans van het stedelijk gebied is een belangrijk kennisiaat. Er is weinig nauwkeurige informatie over de hoeveelheid water die via oppervlaktewater wordt aangevoerd en welk deel van de neerslag ten goede komt aan het aanvullen van het bodem-, grond- en oppervlaktewater. Een oorzaak hiervan is de grote heterogeniteit van het fysieke systeem in steden en een gebrek aan metingen. Dit maakt het meten, begrijpen en modelleren van het stedelijk watersysteem een lastige, maar wel uitvoerbare opgave.

### **Waterbalans op particulier terrein is grote onbekende.**

Door de juridisch vastgelegde verantwoordelijkheden is de gemeente niet verantwoordelijk voor particulier terrein. Deze terreinen vallen daardoor buiten de reguliere meetnetten, waardoor er een kennisiaat is over de waterhuishouding van die terreinen. In het stedelijk gebied is dit een groot areaal.

### **Kwantificering van de effectiviteit van maatregelen**

In de slipstream van klimaatadaptatie, het verbeteren van de leefbaarheid en vooral het herzien van de stedelijke watercyclus, zijn groen-blaue maatregelen als effectieve oplossing naar voren gekomen. Inmiddels zijn er diverse maatregelen ontworpen en wordt er praktijkervaring mee opgedaan. Het is evenwel noodzakelijk om het presteren van dergelijke maatregelen in 'living labs' te meten, monitoren en te evalueren. Er is namelijk een groeiende behoefte aan kwantitatieve informatie om onderbouwde afwegingen te maken tussen grijze en groen-blaue maatregelen.



### **Wat is regulier beheer en onderhoud, en wat is schade?**

Voor veel schades aan de openbare ruimte en infrastructuur geldt dat deze nu zijn verdisconteerd in jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten en daardoor niet expliciet zichtbaar zijn op de jaarrekening. In feite worden deze kosten dan niet als schades aangemerkt, aangezien zij regelmatig worden gemaakt en men daarom gewend is geraakt aan de uitgaven ([Hoogvliet et al, 2012](#)).

### **Weinig informatie over kwetsbaarheden en schades**

De eerste schaderamingen als gevolg van grondwateroverlast of onderlast zijn gebaseerd op schadekentallen en globale kenmerken van bijvoorbeeld panden uit een bepaalde bouwperiode in een bepaald gebiedstype. Voor geen enkel als relevant aangemerkt schademechanisme blijken 'kant en klare' schaderamingen op een landelijk schaalniveau te bestaan. Ramingen moeten momenteel worden gebaseerd op extrapolaties en combinaties van kentallen, en zijn daarom onnauwkeurig en globaal ([Hoogvliet et al, 2012](#)).

## **10. Bronnen & links**

- Beter Bouw- en Woonrijp maken/SBR, 2009. [Waterrobuust bouwen, de kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp](#). Rotterdam.
- Boogaard, F. (2015) Stormwater characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage systems in The Netherlands. Proefschrift Technische Universiteit Delft.
- Deltaplan Hoge Zandgronden (2012). [Analyse van de effecten en gevolgen van klimaatverandering op het watersysteem en functies, regionale knelpuntenanalyse fase 2](#). Uitgevoerd door Royal Haskoning.
- Deltares / Wareco / Fugro (2017) [Grootschalig actief grondwaterpeilbeheer in bebouwd gebied](#). Fase 1, Studie naar technische en financiële haalbaarheid. Deltares rapport 1230079-001-BGS-0006.
- Jacco Kroon (2011). [Wat gaat het opleveren?](#) Powerpointpresentatie Waternet, Teamleider Watersysteembesturing.
- Hoogvliet, M.A., Ven, F.H.M. van de, Buma, J.T. Oostrom, N.G.C., van Filatova, T.V., Verheijen, J.A.L.C. (2012). [Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied; Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen](#), Deltares rapportage 1205463-000

- Klein Tank, A.M.G., Lenderink, G., Overbeek, B., Bessembinder, J. (red.) (2009). [Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's](#), KNMI, De Bilt.
- KNMI (2015): [KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie](#), KNMI, De Bilt, 34 pp
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (2011). [Klimaatverandering in het stedelijk gebied, groen en waterberging in relatie tot de bodem](#). RIVM rapport 607050008/2011
- Rus, M.A. (2013) Infiltratie ook oplossing voor Laag Nederland. Meerjarige monitoring bij projecten Alkmaar en Delft. Land + Water 4, april 2013, p14-15.
- Sterk Consulting en Colibri advies (2012). [Handreiking Juridische helderheid grondwaterbeheer](#). In opdracht van een consortium van het Ministerie van I&M, Unie van Waterschappen, Bodem+, Waterschap de Dommel, Interprovinciaal overleg, VNG, Gemeente Rotterdam, Vewin en Uitvoeringsprogramma Bodemconvenant.
- Stuurman, R., Baggelaar, P., Oostrom, van N. (2007). Schetsen van het Nederlandse grondwatersysteem in 2050. TNO-rapport 2007-U-R0225/B, in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG water.

### Websites

- [www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/](http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/)
- [www.hydrocity.com/](http://www.hydrocity.com/)
- [www.rainproof.nl/](http://www.rainproof.nl/)

*Deze Deltafact is opgesteld door Deltares, 4 maart 2013 en laatst herzien oktober 2017*

### Auteurs

- M. Hoogvliet
- L. van Vliet
- F. Schasfoort
- F. van de Ven
- J. Buma.

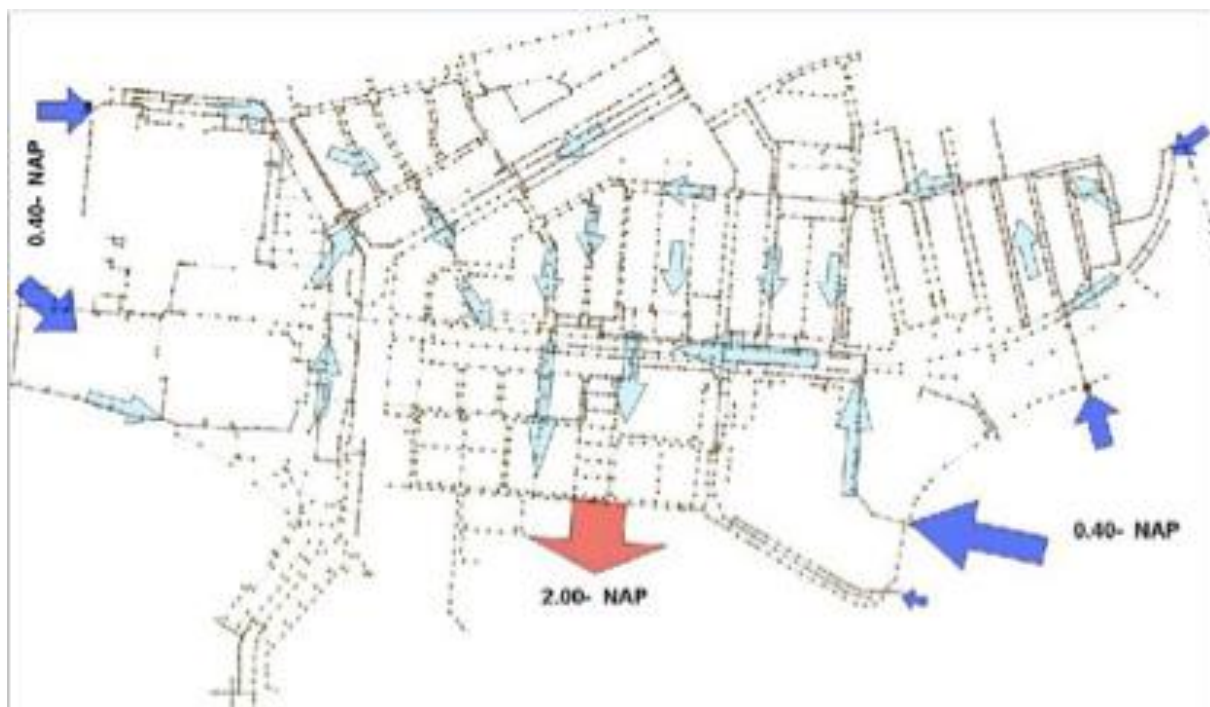
De Deltafact is mede gebaseerd op externe interviews met:

- Jeroen Ponten (Waternet)

## 11. Ervaringen

Bij het klimaatproof maken van de Amsterdamse Rivierenbuurt stuitte Waternet op een zeer gedifferentieerd grondwatersysteem. Binnen en net buiten de wijk zijn grote verschillen in stijghoogtes waargenomen, die zorgen dat het water over het algemeen naar het zuiden stroomt (zie figuur 5). Binnen de wijk zijn echter meer micro grondwatersystemen o.a. doordat lekkende riolen drainerend werken. Daarnaast zijn de funderingshoogtes binnen de wijk verschillend. Om een analyse van risicovolle gebieden in de wijk te maken is een gedetailleerde waterbalans nodig. Dit wordt door de gedifferentieerdheid bemoeilijkt. Door dit soort situaties is het lastig om nu al maatregelen te nemen voor het klimaatbestendig maken van een wijk.

Pas als door middel van meer meetgegevens (evt. inclusief meetgegevens op particulier terrein) een betere waterbalans kan worden opgesteld en een model op een kleiner schaalniveau opereert kan echt maatwerk worden verricht. In het plan gemeentelijk watertaken van Amsterdam worden de plannen voor de aankomende jaren zichtbaar gemaakt onder andere op het gebied van grondwater. Amsterdam wil een gebiedsdekkend en actueel inzicht creëren in de grondwatersituatie en in de opbouw en gebruik van de ondergrond. Ook wordt er onderzoek gedaan naar maatregelen om grondwaterfluctuaties op te vangen als gevolg van



Figuur 5. Watersysteem Amsterdamse Rivierenbuurt ([Jacco Kroon, 2011](#))

klimaatverandering. Hiervoor wordt een inventarisatie van bestaande grondwaterproblemen, analyse van funderingsgegevens en grondwatermonitoring en optimalisatie van het grondwatermeetnet uitgevoerd.

Door samenwerking tussen het waterschap en de gemeente kan er meer informatie worden verzameld en kennis gebundeld, wat uiteindelijk kan zorgen voor een beter begrip van de waterbalans. Waternet is een voorbeeld waar waterschap en gemeente samen opereren. Zij zijn ver met het identificeren van risicogebieden binnen de stad.

## 12. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.