

RAPPORT

Klimaat en Watervraag Stedelijk Gebied

Klant: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Referentie: BH1998WATRP2102011328WM

Status: Definitief/P01.01

Datum: 29-1-2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Klimaat en Watervraag Stedelijk Gebied

Ondertitel:

Referentie: BH1998WATRP2102011328WM

Status: P01.01/Definitief

Datum: 29-1-2021

Projectnaam: Waterbalans stedelijk gebied

Projectnummer: BH1998

Auteur(s): Danny Heuvelink, Ingrid Jensen, Rineke Hulsman en Wouter Stapel

Gecontroleerd door: _____
Wouter Stapel

Datum: 29 januari 2021

Goedgekeurd door: _____
Wouter Stapel

Datum: 29 januari 2021



Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

	Managementsamenvatting	1
1	Inleiding	4
2	Watersysteem stedelijk gebied	5
3	Samenstelling stedelijk gebied	9
3.1	Zes landschapstypologieën	10
3.2	Inrichtingsvarianten stedelijk gebied	13
3.3	Klimaatscenario's	14
3.4	Meteorologie	14
3.5	Maatregelenpakketten en grondwaterpeilbeheer	15
3.6	Overige ontwikkelingen	16
3.7	Gevoeligheid waterbalansmodel	16
4	Resultaten	18
4.1	Inleiding	18
4.2	Factsheets - Resultaten per landschapstypologie	19
4.2.1	Factsheet Heuvellandschap	20
4.2.2	Factsheet Duinlandschap	24
4.2.3	Factsheet Zandlandschap	28
4.2.4	Factsheet Rivierkleilandschap	32
4.2.5	Factsheet Zeekleilandschap	37
4.2.6	Factsheet Veenlandschap	42
4.3	Synthese	47
4.3.1	Landschappen en maximale watervraag	47
4.3.2	Kwel en wegzijging	48
4.3.3	Stedelijke inrichting	48
4.3.4	Invloed klimaatadaptatiemaatregelen	49
4.3.5	Variatie binnen landschapstype	50
4.3.6	Afvalwaterketen	50
4.3.7	Doorspoelen oppervlaktewater	50
5	Aan de slag	51
5.1	Lokale watervraag en waterbeschikbaarheid	51
5.2	Ontwikkelingen	52
5.3	Impact inschatten - Urgentie?	52
5.4	Handelingsperspectief	52
5.5	Haalbaarheid, Draagvlak en Strategie	52

Bijlagen

- A1 Samenstelling BC en team RHDHV
- A2 Methodiek waterbalans
- A3 Kenmerken landschapstypologieën en inrichtingsvarianten
 - A3.1 Landschapstypologieën
 - A3.2 Inrichtingsvarianten
- A4 Invloedsfactoren en gevoeligheden
 - A4.1 Klimaatscenario's
 - A4.2 Klimaatadaptatiemaatregelen
 - A4.2.1 Inrichtingsmaatregelen: samenstellen van maatregelpakketten
 - A4.2.2 Grondwaterpeilbeheer: beperken van uitzakken grondwater
 - A4.3 Gevoeligheidsanalyse
 - A4.3.1 Beschouwde gevoeligheden
 - A4.3.2 Resultaten gevoeligheidsanalyse
 - A4.4 Overige ontwikkelingen
- A5 Resultaten waterbalansmodel
 - A5.1 Huidige situatie
 - A5.1.1 Algemene resultaten
 - A5.1.2 Resultaten per landschap
 - A5.2 Toekomstig klimaat
 - A5.3 Klimaatadaptatiemaatregelen
 - A5.3.1 Impact van de maatregelpakketten op de watervraag
 - A5.3.2 Impact van grondwaterpeilbeheer op de watervraag
- A6 Advies kennisleemtes

Managementsamenvatting

In dit onderzoek is de ontwikkeling van de stedelijke watervraag modelmatig onderzocht. Hierbij is de gevoeligheid in watervraag in beeld gebracht als functie van landschapstype, klimaatverandering, klimaatadaptatiemaatregelen en stedelijke inrichting. Het onderzoek laat zien dat de stedelijke watervraag onder invloed van klimaatverandering zal toenemen en daarmee ook de kans op watertekorten. Het nemen van adaptatiemaatregelen kan de watervraag zowel doen toenemen als afnemen. Dit is afhankelijk van het soort maatregel en landschapstype. Zo zal het realiseren van extra groen in de openbare ruimte om hittestress tegen te gaan, de watervraag voor alle landschapstypen vergroten. Het effect van afkoppelen en infiltreren van hemelwater op zandgronden kan de watervraag doen afnemen, terwijl het afkoppelen en afvoeren naar oppervlaktewater op klei- en veengrond geen effect heeft. Dit onderzoek kan gebruikt worden als eerste duiding van de ontwikkeling van de stedelijke watervraag en biedt handvatten voor een nadere lokale inschatting van die watervraag. Keuzes in ruimtelijke inrichting en adaptatiemaatregelen hebben invloed op de watervraag - en daarmee op het risico op watertekort. Het is daarom belangrijk deze inzichten mee te nemen bij het ontwikkelen van een klimaatadaptatiestrategie. Klimaat en watervraag stedelijk gebied: het komt niet vanzelf goed!

Aanleiding

Klimaatverandering, adaptatiemaatregelen en andere ontwikkelingen in de stad beïnvloeden de watervraag van stedelijk gebied. Als de watervraag groter is dan de beschikbaarheid van zoetwater kan dat schade veroorzaken en de leefbaarheid verslechteren. Dit onderzoek naar watervraag in stedelijk gebied is onderdeel van het Kennisprogramma Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Het onderzoek analyseert hoe de stedelijke watervraag zich in de toekomst zal ontwikkelen met en zonder adaptatiemaatregelen, en voor verschillende landschapstypen. Aanleiding is de reeds ervaren impact van droogte, de verdergaande klimaatverandering en de mogelijke invloed van klimaatadaptatiemaatregelen op deze watervraag. De in dit onderzoek verkregen inzichten in de ontwikkeling van de watervraag tot 2050 en 2085 kunnen helpen bij de ontwikkeling van waterbeleid en klimaatadaptatiebeleid.

Aanpak

De ontwikkeling van de watervraag is vanuit vijf invalshoeken belicht:

- Onderscheid tussen zes landschapstypen: veen-, rivierklei-, zeeklei-, duin-, heuvel- en zandlandschap.
- Drie inrichtingsvarianten voor stedelijk gebied: hoogstedelijk, stedelijk en suburbaan.
- Twee pakketten met combinaties van adaptatiemaatregelen: 'gematigd' en 'ambitieuw'.
- Twee klimaatscenario's, WH en WL voor de zichtjaren 2050 en 2085.
- Vier hydrologische jaren voor de huidige situatie en voor elk klimaatscenario: een nat, een gemiddeld, een droog en een zeer droog jaar.

Deze invalshoeken zijn de basis voor een groot aantal varianten die met het model STUW (STedelijke Uniforme Waterbalans) zijn doorgerekend. Resultaat is het verloop van watervraag en -overschot over het jaar, opgebouwd uit de verschillende balansposten. De maximale watervraag per dag en per decade (hieronder 'piekwatervraag' genoemd) zijn de basis om in een volgende stap te kunnen toetsen of voldoende zoetwater beschikbaar is om aan de watervraag te kunnen voldoen. De impact van overige ontwikkelingen in stedelijk gebied, zoals verdichting van bebouwing, is kwalitatief beschouwd.

Resultaten

Hieronder volgt een overzicht van de resultaten van de uitgevoerde analyses. In § 4.2 is per landschapstype een factsheet met een uitgebreidere bespreking van de resultaten opgenomen.

- Er zijn grote verschillen in watervraag tussen de **landschapstypen**. In een veenlandschap is de piekwatervraag in een droog jaar beduidend groter dan in de andere landschappen. Door de vele watergangen, geringe drooglegging en goede capillaire werking is er nauwelijks beperking voor de verdamping via groen. Bij de zandige landschappen (heuvel-, duin- en zandlandschap) neemt die verdamping juist af door het dalen van de grondwaterstand.
- **Kwel en wegzijging** kunnen de watervraag zeer sterk beïnvloeden. Zij zijn al snel van dezelfde orde van grootte als neerslag en verdamping. Door de in onze berekeningen voor het rivierklei-landschap aangenomen vaste jaargemiddelde kwel is daar ook in een droog jaar nauwelijks sprake van watervraag. In de zandlandschappen kan er door wegzijging sprake zijn van watervraag gedurende het hele zomerhalfjaar.
- In alle landschappen geldt dat de suburbane **stedelijke inrichting** de grootste watervraag heeft. Dat komt doordat de extra verdamping als gevolg van extra groen - zeker in droge perioden - niet voldoende wordt gecompenseerd door infiltratie via een hier groter aandeel onverhard oppervlak. In het veenlandschap is de impact van de stedelijke inrichting op de watervraag het grootst. Het 'altijd' beschikbaar zijn van water voor verdamping door het groen zorgt voor 60% extra piekwatervraag in 'hoogstedelijk' gebied ten opzichte van 'suburbaan'. (Voor een gemiddeld jaar in het klimaatscenario WH2050).
- **Klimaatadaptatiemaatregelen** kunnen de watervraag significant beïnvloeden. Extra groen leidt zoals hierboven toegelicht tot extra (piek)watervraag. Voor het omgaan met hemelwater is het type maatregel van grote invloed. Infiltratie van hemelwater (afkoppelen van verhard oppervlak, toepassen van doorlatende verharding) reduceert de watervraag. Vooral als het geïnfiltreerde water kan worden vastgehouden en niet snel onbereikbaar wordt voor de wortels van het groen (door grote drooglegging en doorlatendheid van de ondergrond). Als bij afkoppelen het hemelwater direct naar het oppervlaktewater wordt gevoerd heeft dat geen effect op de watervraag. Daarbij is uitgegaan van een vast oppervlaktewaterpeil - zie hieronder bij 'aandachtspunten' - waardoor geloosd hemelwater uit het gebied wordt afgevoerd.) In dit onderzoek zijn we bij afkoppelen van verhard oppervlak uitgegaan van infiltreren in de zandige landschappen en afvoer naar het oppervlaktewater in de veen- en kleilandschappen.
- Het patroon van **neerslag en verdamping** is natuurlijk van grote invloed op de watervraag. Daarbij leidt een groter neerslagtekort niet per se tot een grotere piekwatervraag. In het beschouwde 'extreem droge jaar' (1976) vielen tijdens een lange droge periode twee buien die de geleidelijk toenemende watervraag reduceerden. Daardoor is de berekende piekwatervraag in het 'droge jaar' (2003) groter dan in het 'extreem droge jaar'. Dat geldt overigens niet voor het zandland- schap en het duinlandschap omdat daar de gevallen neerslag als gevolg van doorlatendheid en drooglegging te snel onbereikbaar is voor het groen.
- Ongewenste interactie tussen de riolering en het watersysteem in de vorm van **rioolvreemd water** kan een grote impact hebben op de watervraag. Afvoer van grondwater via lekke riolen kan de aanvulling van het grondwater door neerslag teniet doen. Instroming van oppervlaktewater in de riolering via een verzakte of lekke overstortwand kan de watervraag sterk doen toenemen.

Aandachtspunten bij de resultaten

De resultaten van dit onderzoek bieden handvatten om de (ontwikkeling van de) watervraag voor een specifiek stedelijk gebied in te schatten. Enkele aandachtspunten hierbij:

- Voor een eenduidige vergelijking is de watervraag gedefinieerd als de hoeveelheid zoetwater die nodig is om het oppervlaktewater op een constant peil te houden. Bij watervraag moet water worden aangevoerd, omdat door wegzijging of door verdamping van groen het grondwaterpeil daalt, dat vervolgens door oppervlaktewater wordt aangevuld. Bij neerslag kan er sprake zijn van

een wateroverschot dat via het oppervlaktewatersysteem wordt afgevoerd.

Niet voor alle locaties en landschappen wordt bij watervraag volgens deze definitie echter ook daadwerkelijk water aangevoerd. Op de hoge zandgronden en heuvellandschappen is een droogvallende sloot vaak acceptabel. Dat kan - zeker als droogte langer aanhoudt - overigens wel tot droogtestress en schade aan groen leiden.

- Binnen een stedelijk gebied kan er een grote variatie in watervraag zijn. Niet alleen omdat de stedelijke inrichting varieert, maar ook omdat de bodemopbouw en aanwezige kwel of wegzijging per locatie kunnen verschillen. Ook de mate waarin er sprake is van rioolvreemd water kan sterk variëren. Aandacht voor deze variatie binnen stedelijk gebied is belangrijk om een goede inschatting van de watervraag te kunnen maken. Maatwerkanalyses kunnen helpen de watervraag voor een specifiek gebied beter in beeld te brengen.
- De in dit onderzoek berekende waarden geven een indicatie van de watervraag. De daarbij gehanteerde parameters hebben een onzekerheidsmarge. Dat betreft bijvoorbeeld de verdampingsparameters van het in de modellering beschouwde stedelijk groen. In de bijlagen van deze rapportage is een gevoeligheidsanalyse voor deze parameters opgenomen en een overzicht van geconstateerde kennisleemtes met bijbehorende aanbevelingen.

Watervraag ⇔ Waterbeschikbaarheid

Om te kunnen bepalen of (toename van de) watervraag tot problemen leidt, dient deze te worden vergeleken met de beschikbaarheid van zoetwater. Wij bevelen aan om hiervoor afstemming te zoeken met de zoetwaterregio's die binnen het Deltaprogramma Zoetwater deze beschikbaarheid in beeld brengen.

Zo kunnen de risico's op watertekort worden bepaald. Die zijn vervolgens input voor de risicodialogen die de basis vormen voor de te kiezen adaptatiestrategie. Daarbij gaat het niet alleen om de omvang van het eventuele watertekort, maar ook om de consequenties daarvan, zoals schade aan groen, extra hittestress doordat het groen onvoldoende water kan verdampen, waterkwaliteitsproblemen en (soms zeer grote) schade door paalrot en/of bodemdaling als gevolg van lage grondwaterstanden.

Tijdens het vaststellen van de adaptatiestrategie worden keuzes gemaakt die invloed hebben op de watervraag. Voorbeelden zijn de inrichting van de openbare ruimte, te implementeren adaptatiemaatregelen, het vasthouden van water als buffer voor droge perioden, extra aanvoer van zoetwater, maar ook bijvoorbeeld op het reduceren van de hoeveelheid grond- en/of oppervlaktewater dat als rioolvreemd water via de riolering uit het stedelijk gebied 'weglekt'.

1 Inleiding

Bij de klimaatbestendige inrichting van de stad komt de vraag naar de watervraag van stedelijk gebied naar voren. Aan de ene kant leidt klimaatverandering tot minder wateraanbod door langere perioden zonder neerslag en tot meer verdamping. Aan de andere kant kunnen ontwikkelingen in stedelijk gebied, zoals 'groene' en 'blauwe' klimaatadaptatiemaatregelen, leiden tot een veranderende watervraag. Ook beïnvloeden deze ontwikkelingen de mate waarin bij veel neerslag sprake is van wateroverschot. Onderzoeksgegevens op dit terrein zijn schaars. Daarom heeft Delta Programma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) in afstemming met Delta Programma Zoetwater, onderzoek laten uitvoeren naar de watervraag van stedelijk gebied.

Het **doel** van dit onderzoek is inzicht verschaffen in de (zoet)watervraag in stedelijk gebied, het verloop daarvan in de tijd en de ontwikkeling daarvan als gevolg van klimaatverandering, klimaatadaptatie en andere ontwikkelingen in de bebouwde omgeving.

“Wat is de impact van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen op de watervraag van het stedelijk gebied?”

Hieruit volgt informatie over de huidige watervraag van stedelijk gebied en hoe die kan veranderen onder invloed van klimaat-, sociaaleconomische en andere ontwikkelingen in stedelijk gebied en door klimaatadaptatiemaatregelen. Deze informatie kan worden meegenomen bij de afwegingen vanuit de risico-dialogen en waterbeschikbaarheid.

Op de watervraag zijn vele factoren van invloed die per locatie - zelfs binnen een gemeente - kunnen verschillen. Dit onderzoek geeft een bandbreedte weer van voorkomende situaties in Nederland. Daarbij zijn keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Er is per combinatie van type ondergrond en inrichting van het stedelijk gebied een inschatting gemaakt van de watervraag van het stedelijk gebied voor een gemiddeld, een droog, een zeer droog, en een nat jaar. Het effect van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen is inzichtelijk gemaakt in dit onderzoek¹.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 beschrijven wij het watersysteem van het stedelijk gebied. Vervolgens gaan we in hoofdstuk 3 in op vijf invalshoeken die we voor dit onderzoek hebben meegenomen om de hoofdvraag te beantwoorden. In hoofdstuk 4 bespreken we de hoofdlijnen van de resultaten van de uitgevoerde analyses. Daar is ook per landschapstypologie een factsheet met de belangrijkste bevindingen opgenomen en vergelijken we de landschappen onderling. Hoofdstuk 5 biedt handvatten om voor een specifiek stedelijk gebied aan de slag te gaan met 'Klimaat en Watervraag en Stedelijk Gebied'. De bijlagen betreffen de projectorganisatie (Bijlage A1), de methodiek voor het doorrekenen van de stedelijke waterbalans waarmee watervraag en -overschot is bepaald (A2), de in de berekeningen gehanteerde kenmerken voor de landschapstypologieën en stedelijke inrichtingsvarianten (A3), de gehanteerde invloedsfactoren en gevoeligheden (A4), de resultaten van de doorgerekende varianten (A5) en ons advies met betrekking tot kennisleemtes (A6).

¹ N.B.: De in dit onderzoek berekende waarden geven een indicatie van de watervraag. De daarbij gehanteerde parameters hebben een onzekerheidsmarge. Dat betreft bijvoorbeeld de verdampingsparameters van de in de modellering beschouwde gewassen. Ook kent de praktijk meer variatie in parameters (kwel, wegzijging, doorlatendheid van de ondergrond, ...) dan wat wij in dit onderzoek hebben doorgerekend. Maatwerkanalyses kunnen helpen de watervraag voor een specifiek gebied beter in beeld te brengen.

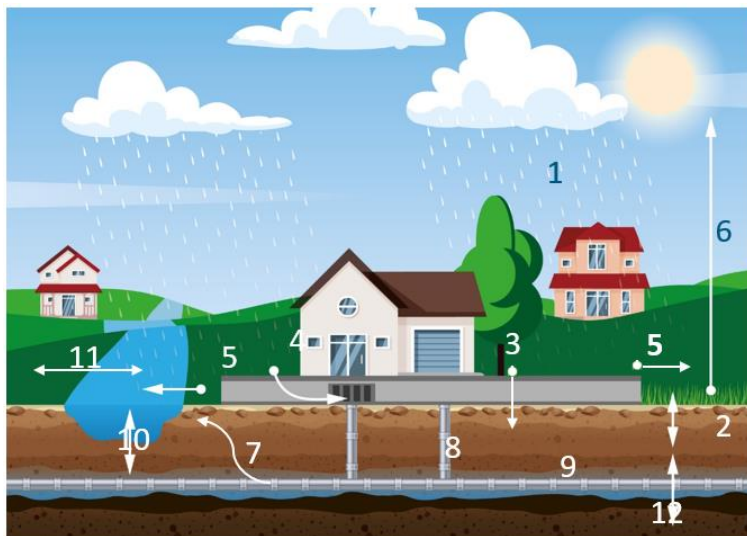
2 Watersysteem stedelijk gebied

Om de resultaten van dit onderzoek te kunnen duiden bespreken we hier eerst, aan de hand van figuur 2.1 de belangrijkste processen in het watersysteem van stedelijk gebied. Daarbij beschouwen we het watersysteem van een lokaal gebied inclusief de interactie met de omgeving. We gaan achtereenvolgens in op:

- neerslag en verdamping;
- de afvalwaterketen;
- lokaal oppervlaktewater en het regionale oppervlaktewatersysteem;
- lokaal grondwater en het regionale grondwatersysteem.

Ter indicatie zijn voor de hoofdstromen van het stedelijk watersysteem ordes van grootte aangegeven - uitgedrukt in millimeters per jaar. (Voor neerslag en verdamping is mm/jaar een logische eenheid. Voor bijvoorbeeld afvalwater is het jaarvolume per inwoner omgerekend naar mm/jaar.) In Tabel 2-1 aan het eind van dit hoofdstuk zijn de hoofdstromen en de ordes van groottes weergegeven. In de tabel zijn de hoeveelheden weergegeven in m³/ha per dag, decade en jaar.

De wijze waarop het watersysteem van stedelijk gebied voor dit onderzoek is gemodelleerd is beschreven in bijlage A2.



- 1: neerslag
- 2: infiltratie/verdamping (onverz. zone)
- 3: infiltratie open verharding
- 4: neerslag verhard → rwzi/opp.-water
- 5: afstroming/afkoppelen
- 6: verdamping
- 7: overstort vanuit riool
- 8: afvalwater
- 9: rioolvreemd water
- 10: interactie grond-/opp.-water
- 11: ↔ regionaal oppervlaktewater
- 12: ↔ reg. Grondwater: kwel/wegzijing

Figuur 2.1: visuele weergave watersysteem stedelijk gebied

Neerslag en verdamping

Gemiddeld valt in Nederland ca. 825 mm neerslag per jaar, oftewel gemiddeld 2,2 mm per dag. De spreiding in tijd en plaats is zeer groot met ook lange periodes van droogte en zware neerslag. De gemiddelde jaarlijkse verdamping ligt tussen 550 mm (in het noordoosten) en 620 mm (in het zuidwesten), ofwel gemiddeld 1,5-1,7 mm per dag (KNMI, gemiddelde jaarlijkse verdamping, langjarig gemiddelde 1981-2010).

Neerslag kan vallen op onverharde oppervlakken en op verhard oppervlak (wegen, daken, pleinen, ...).

- **Neerslag op onverhard oppervlak** zal deels **infiltreren** - eerst naar de onverzadigde zone (tussen maaiveld en grondwater) en vervolgens naar het grondwater. Een deel verdampt al vanaf het oppervlak voordat het geïnfiltreerd is of vanaf de natte bomen en struiken.

- Het overgrote deel van de **verdamping** vindt plaats via het groen (gras, struiken, bomen) dat via de wortels water opzuigt. Dat is water dat in de onverzadigde zone is blijven 'hangen' ofwel door capillaire opstijging vanuit het grondwater beschikbaar komt. Factoren die deze verdamping via groen beïnvloeden zijn onder meer:
 - De bodemsoort: Hoeveel water kan in de onverzadigde zone worden gebufferd en hoe makkelijk stijgt grondwater op via capillaire werking?
 - De grondwaterstand: Hoe dieper die onder maaiveld ligt, des te minder water beschikbaar zal zijn voor het groen.
 - De worteldiepte: Gras wortelt minder diep dan struiken en die weer minder diep dan bomen. Bij droogte zal daarom de verdamping via gras eerder afnemen dan de verdamping via struiken en bomen.
 - Het weer en het seizoen: Deze bepalen de watervraag van het groen.
- **Verhard oppervlak** is al dan niet aangesloten op de riolering. Op de riolering aangesloten verhard oppervlak komt aan bod onder de afvalwaterketen.
Neerslag op niet op de riolering aangesloten verhard oppervlak stroomt af naar onverhard oppervlak waar de interactie met de ondergrond plaatsvindt. Niet aangesloten verharde oppervlakken zijn bijvoorbeeld:
 - Garagedaken of terrassen die afwateren naar een tuin.
 - Verharde oppervlakken waarvan het water naar een infiltratievoorziening wordt geleid. Dat kan een bovengrondse voorziening zijn (wadi) of een ondergrondse voorziening (b.v. infiltratiekratten) waarin het water eerst wordt gebufferd en vervolgens geleidelijk infiltreert.

Bij open verharding (bijvoorbeeld klinkers, tegels) infiltreert een deel van de neerslag tussen verhardings-elementen door direct naar de ondergrond.

Afvalwaterketen

De afvalwaterketen definiëren we hier als het systeem voor inzameling, transport en zuivering van afvalwater en van hemelwater (voor zover aangesloten op de riolering).

- De inzameling van afvalwater en hemelwater gebeurt in stedelijk gebied over het algemeen met rioolstelsels.
 - Het afvalwater van woningen en bedrijven wordt via leidingen direct naar het riool gevoerd.
Bij een bewoningsdichtheid van 40-200 inwoners per hectare² en een afvalwaterproductie van 120 liter per inwoner per dag komt dat overeen met 0,5-2,4 mm/dag oftewel 175-875 mm/jaar.
 - Het hemelwater van daken en van verhardingen stroomt via regenpijpen en straatkolken naar het riool. Een deel van de neerslag verdampt vanaf het oppervlak. Bij open verharding infiltreert een deel van de neerslag. Groene daken voeren minder af naar de riolering omdat een groter deel van de neerslag wordt vastgehouden en vervolgens verdampt.
Gemiddeld stroomt ca. 2/3 van de neerslag op de riolering aangesloten verhard oppervlak af naar de riolering. Dat is gemiddeld ruim 500 mm/jaar - gerelateerd aan het verhard oppervlak, ofwel 250 mm/jaar gerelateerd aan het totale oppervlak voor een stedelijke inrichting met 50% verhard oppervlak. Het overige deel van de neerslag op verhard oppervlak infiltreert via open verharding of verdampt.

² In dit onderzoek beschouwen we 3 inrichtingsvarianten voor stedelijk gebied: suburbaan, stedelijk en hoogstedelijk met resp. 40, 100 en 200 inwoners per hectare. Zie ook § 3.2.

- In Nederland kennen we **drie hoofdtypen rioolstelsels**:
 - In een *gemengd rioolstelsel* worden hemelwater en afvalwater door dezelfde rioolbuis ingezameld naar een rioolgemaal en vervolgens naar de RWZI. Dit gemengde rioolstelsel heeft geen onbeperkte capaciteit. Als er meer water wordt aangevoerd dan de pompen kunnen verwerken wordt de berging in het stelsel (buizen, bufferbassins) gevuld. Als die berging vol is stort het overtollige (met hemelwater verdunde afval)water over naar het oppervlaktewater. Dat gebeurt gemiddeld ca. 5 keer per jaar - gemiddeld in totaal zo'n 40 mm/jaar gerelateerd aan het verhard oppervlak, ofwel 20 mm/jaar gerelateerd aan het totale oppervlak voor een stedelijke inrichting met 50% verhard oppervlak. Het overige naar de riolering afstromende hemelwater wordt naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) gepompt: $250-20 = 230$ mm/jaar gerelateerd aan het totale oppervlak (voor een stedelijke inrichting met 50% verhard oppervlak).
 - In een *gescheiden rioolstelsel* worden hemelwater en afvalwater door aparte buizen afgevoerd. Het afvalwater wordt naar de RWZI gepompt. Al het hemelwater wordt naar het lokale oppervlaktewater gevoerd: Gemiddeld 250 mm/jaar gerelateerd aan het totale oppervlak (bij 50% verhard oppervlak).
 - Een *verbeterd gescheiden stelsel* is een 'middenweg' tussen de twee bovengenoemde typen stelsels: aparte hemelwaterriolen en afvalwaterriolen zijn met elkaar verbonden. De berging en pompcapaciteit zijn kleiner dan bij een gemengd stelsel. Er stort daarom vaker en meer water over naar het oppervlaktewater, maar dit water is schoner omdat het hemelwater niet of nauwelijks vermengd is met afvalwater. Het overstortingsvolume bedraagt hier ca. 150 mm/jaar gerelateerd aan het verhard oppervlak, ofwel 75 mm/jaar gerelateerd aan het totale oppervlak (bij 50% verhard oppervlak). Het overige naar de riolering afstromende hemelwater wordt naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) gepompt: $250-75 = 175$ mm/jaar gerelateerd aan het totale oppervlak (bij 50% verhard oppervlak).
- In de praktijk zijn rioolstelsels niet 'waterdicht' en kan er ongewenste interactie zijn met het grondwater en het oppervlaktewater. Bijvoorbeeld:
 - Door zettingen in de ondergrond kunnen de koppelingen tussen buissegmenten gaan lekken. In zettingsgevoelige gebieden liggen de rioolbuizen veelal onder het grondwaterpeil. Dan treedt grondwater binnen. Gesommeerd over een rioolstelsel kan het debiet aan '**rioolvreemd water**' aanzienlijk zijn. 50% van het afvalwater van woningen en bedrijven is niet ongebruikelijk en 100% of zelfs meer komt ook voor. Voor stedelijk gebied met 100 inwoners per hectare komt dit overeen met zo'n 220 resp. 440 mm rioolvreemd water per jaar.
 - Ook kan bijvoorbeeld de 'overstortwand' waarover bij extreme neerslag verdund afvalwater kan overstorten naar het oppervlaktewater lek zijn, waardoor continu oppervlaktewater het riool instroomt. In zettingsgevoelig gebied (bijvoorbeeld veen) kan deze overstortwand ook verzakt zijn zodat oppervlaktewater er overheen het riool in stroomt.

Lokaal oppervlaktewater en het regionale oppervlaktewatersysteem

- Neerslag valt op oppervlaktewater en er vindt ook verdamping plaats.
- Als het oppervlaktewaterpeil lager is dan de grondwaterstand wordt het oppervlaktewater gevoed door drainage (via drainageleidingen of direct via de ondergrond). Als het oppervlaktewaterpeil hoger is er juist sprake van infiltratie naar het lokale grondwatersysteem.
- Bij neerslag is er afvoer vanuit de riolering naar het oppervlaktewater, zoals hierboven beschreven.

- Als een vast peil in het lokale watersysteem wordt gehandhaafd, wordt water aangevoerd uit het regionale watersysteem als de hierboven beschreven processen per saldo tot een watervraag leiden. Als er per saldo wateroverschot is wordt water afgevoerd.
Als geen vast peil wordt gehandhaafd leidt het saldo van watervraag en -aanbod tot peilfluctuatie.

Lokaal grondwater en het regionale grondwatersysteem

- De interactie van het lokale grondwater met neerslag en verdamping, met (lekke) riolen en met het lokale oppervlaktewater is hierboven beschreven.
- Daarnaast kan er sprake zijn van **kwel en wegzijging**:
 - Kwel is aanvoer vanuit het regionale grondwatersysteem als de druk vanuit het regionale grondwatersysteem groter is dan de tegendruk die het lokale grondwater kan leveren.
 - Bij wegzijging is het omgekeerde het geval en wordt juist lokaal grondwater afgevoerd naar het regionale systeem.
 - Kwel en wegzijging bevinden zich in het algemeen in de range van 0 tot 3 millimeter per dag.

In onderstaande tabel zijn de hierboven beschreven hoofdstromen opgenomen. De hoeveelheden zijn telkens gerelateerd aan het totale oppervlak. Dit geeft een beeld van hoe deze hoofdstromen zich tot elkaar verhouden.

Tabel 2-1 Hoofdstromen stedelijk watersysteem - gerelateerd aan het totale oppervlak

Hoofdstroom	mm/dag	mm/decade	mm/jaar	m ³ /ha/dag	m ³ /ha/decade	m ³ /ha/jaar
Neerslag	2,2	22	825	22	220	8.250
Verdamping	1,5 - 1,7	15 - 17	550 - 620	15 - 17	150 - 170	5.500 - 6.200
Afvalwater*	0,5 – 2,4	5 – 24	175-875	5 - 24	50 – 240	1.750 – 8.750
Neerslag naar RWZI**						
- gemengd rioolstelsel	0,6	6	230	6	60	2.300
- gescheiden stelsel	0	0	0	0	0	0
- verbeterd gescheiden	0,5	5	175	5	50	1.750
Lozing uit riolering op oppervlaktewater**						
- gemengd rioolstelsel	n.v.t.	n.v.t.	20	n.v.t.	n.v.t.	200
- gescheiden			250			2.050
- verbeterd gescheiden			175			1.750
Rioolvreemd water***	0,6 – 1,2	6 - 12	220 / 440	6 - 12	60 - 120	2.200 / 4.440
Kwel/wegzijging	0 - 3,0	0 - 30	0 - 1.100	0 - 30	0 - 300	0 – 11.000

* Voor bandbreedte voor 40 tot 200 inwoners per hectare.

** Uitgaande van 50% op de riolering aangesloten verhard oppervlak.

*** Voor resp. 50% en 100% rioolvreemd water t.o.v. de afvalwaterstroom van huishoudens en bedrijven, voor stedelijk gebied met 100 inwoners per ha.

3 Samenstelling stedelijk gebied

De onderzoeksvraag “Wat is de impact van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen op de watervraag van het stedelijk gebied?” is voor dit onderzoek uitgewerkt door een vijftal invalshoeken / variabelen te beschouwen zoals weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 3.1 Onderzoeksvraag met 5 invalshoeken/variabelen

Definitie Watervraag

De watervraag is in dit onderzoek gedefinieerd als de hoeveelheid water die nodig is om het oppervlaktewaterpeil op een constant niveau te houden. Die watervraag kan negatief zijn, dan is er een overschot.

Consequenties

Deze definitie betekent dat er geen rekening is gehouden met variaties in dit peil of een flexibel of variabel peilbeheer. Niet voor alle locaties en landschappen wordt bij watervraag volgens deze definitie echter ook daadwerkelijk water aangevoerd.

Op de hoge zandgronden en heuvel landschappen is een droogvallende sloot vaak acceptabel. Dat kan - zeker als droogte langer aanhoudt - overigens wel tot droogtestress en schade aan groen leiden. In de laaggelegen delen van Nederland is een verlaging van het oppervlaktewaterpeil vaak ongewenst omdat het tot bodemdaling en paalrot kan leiden. Vaak heeft ook de waterkwaliteit hieronder te lijden.

Om alle situaties op een eenduidige manier met elkaar te kunnen vergelijken is in dit onderzoek de definitie van de watervraag voor alle gebieden gelijk gehouden en gaan we dus voor alle landschapstypologieën uit van een vast oppervlaktewaterpeil.

N.B.: Bij een vast oppervlaktewaterpeil varieert de grondwaterstand wél.

In dit hoofdstuk worden bovenstaande 5 invalshoeken/variabelen nader beschouwd.

Naast deze invalshoeken/variabelen zijn er ook andere parameters waar voor de analyses een keuze in moet worden gemaakt. Deze keuzes zijn deels subjectief omdat er in de praktijk veel variatie voorkomt.

Met een gevoeligheidsanalyse (zie bijlage A4.3) is in beeld gebracht wat de impact is als werkelijke waarden afwijken van de gemaakte keuzes. Mede op basis daarvan zijn de parameters gekozen.

Ook is bij de uitvoering van het onderzoek naar voren gekomen dat met betrekking tot verschillende aspecten niet alle gewenste kennis beschikbaar is. In bijlage A6 zijn deze kennisleemtes beschreven en is advies gegeven met betrekking tot nader onderzoek.

Enkele aspecten uit de gevoeligheidsanalyse en kennisleemten worden aangehaald in onderstaande paragrafen.

Naast klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen kunnen ook 'overige ontwikkelingen' - met betrekking tot onder meer de openbare ruimte - de watervraag van het stedelijke gebied beïnvloeden. Deze zijn ook kwalitatief beschouwd. (Zie § 3.6 en bijlage A.4.)

3.1 Zes landschapstypologieën

In de beschrijving van het watersysteem is genoemd dat het hemelwater de bodem in kan zakken. De snelheid waarmee dit gebeurt, is afhankelijk van de bodemsoort. Daarnaast zijn er nog meer factoren waarbij de ondergrond en locatie van het stedelijke gebied een belangrijke rol spelen. Om ruimtelijke differentiatie mogelijk te maken is gekozen voor indeling in zes veel voorkomende landschapstypologieën:

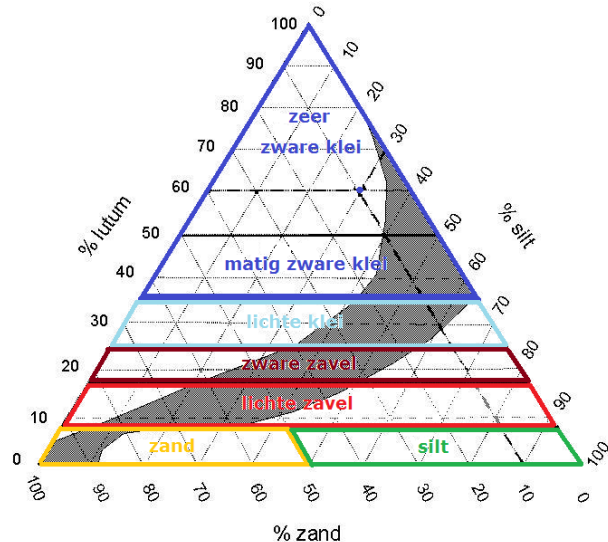
- Heuvel landschap.
- Zand landschap.
- Duin landschap.
- Veengebied landschap.
- Rivierkleinlandschap.
- Zeekleinlandschap.

In Figuur 3.2 is (met iets andere benamingen) de geografische spreiding hiervan weergegeven. In bijlage A2 gaan we uitgebreid in op de kenmerken per landschapstypologie.



Figuur 3.2: landschapstypen in Nederland (www.geologievannederland.nl)

De bodemsoort per typologie bepaalt in grote mate het verschil tussen deze landschapstypologieën. Tussen zand en klei zit een palet aan bodemsoorten, zie de textuurdriehoek in figuur 3.3. In dit onderzoek zijn niet alle voorkomende bodemsoorten per landschapstypologie meegenomen, maar is een selectie gemaakt waarmee de 6 typologieën voor dit onderzoek zijn gedefinieerd. Lokale situaties kunnen dus verschillen van de landschapstypologieën in dit onderzoek.³



Figuur 3.3: textuurdriehoek, met in het grijs de Nederlandse gronden

Bron figuur: Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G. Peek en R. van den Berg van Saparoea (2012). *De landschappen van Nederland; geologie, bodem, landgebruik*. Wageningen Academic Publishers

³ Naast deze natuurlijke verschillen binnen een landschapstypologie is er in stedelijk gebied vaak een ophooglaag van zand aanwezig. Die zijn bij onze analyses buiten beschouwing gelaten. In bijlage A6 benoemen we dit als kennisleemte met de opmerking dat als eerste benadering bijvoorbeeld veen met een flinke ophooglaag van zand kan worden beschouwd als een 'zandtypologie'.

Hieronder bespreken we de belangrijkste kenmerken van de beschouwde landschapstypologieën. Ook deze kenmerken verschillen per locatie binnen een landschap en soms ook in de tijd. In onze berekeningen hebben we per landschapstypologie voor één vaste waarde per kenmerk gekozen. Gebaseerd op drie steden en/of stadsdelen per landschapstypologie.

Textuur

Een zandige bodem heeft een grove textuur en een kleibodem een fijne textuur. Deze textuur bepaalt vervolgens hoeveel berging er beschikbaar is in de bodem. Deze zogenoemde bergingscoëfficiënt is hoger naarmate de textuur grover is. Een zandbodem heeft dus een hogere bergingscoëfficiënt dan een kleiige bodem. Het onderscheid tussen zandgronden in figuur 3.2 is dan ook de textuur. Het duinlandschap heeft een grovere textuur dan het zand- en heuvellandschap. Het zandlandschap is weer grover dan het heuvellandschap. Hetzelfde geldt voor twee kleilandschappen. Rivierklei heeft een grovere textuur dan zeekleilandschap en in de rivierkleilandschappen kan dus meer water in de bodem infiltreren dan in de zeekleilandschappen.

Percentage open water en drooglegging

Andere belangrijke onderscheidende eigenschappen zijn het percentage open water en de drooglegging. Het percentage open water is bepaald door per landschapstypologie drie steden en/of stadsdelen te selecteren. Met de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) is het percentage open water bepaald en per landschapstype een gemiddelde genomen. De drooglegging is in principe 1,2 meter. Dit is de richtwaarde voor drooglegging in stedelijk gebied. Voor veenlandschap is een kleinere drooglegging gekozen omdat hier een kleine drooglegging noodzakelijk is om bodemdaling te voorkomen. Voor het duin- en heuvellandschap is juist een grotere drooglegging gekozen.

Kwel en wegzijging

De bodemsoort en geografische ligging bepaalt de hoeveelheid kwel of wegzijging. Deze hoeveelheid is afgeleid uit het LHM3.4, beschikbaar via het NHI-dataportaal. De hoeveelheid kwel of wegzijging kan lokaal verschillen. De berekende watervraag is gevoelig voor de hoeveelheid kwel en/of wegzijging omdat kwel en wegzijging al gauw dezelfde orde grootte hebben als de verdamping.

Per landschapstypologie is gerekend met een vaste kwel of wegzijging gedurende het gehele jaar.

In tabel 3-1 zijn de belangrijkste kenmerken per landschapstypologie samengevat inclusief de gehanteerde kwel of wegzijgingswaarde. Hierin is te zien dat in alle landschapstypologieën behalve rivierklei en zeeklei er wegzijging is. In Bijlage A3.1 is een uitgebreide beschrijving opgenomen.

De berekende watervraag is gevoelig voor de hoeveelheid kwel en wegzijging

Om deze conclusie te onderbouwen een getallenvoorbeeld. De hoeveelheid kwel of wegzijging varieert in Nederland tussen 0 en 3 mm/dag. (De in tabel 3-1 genoemde waarden betreffen gemiddelde waarden voor het betreffende landschap. Daarom is de bandbreedte hierin beduidend kleiner dan -3 mm (wegzijging) tot +3 mm (kwel)).

- Jaarlijks valt er gemiddeld 825 mm neerslag, omgerekend gemiddeld 2,2 mm/dag.
- De verdamping is 1,5 mm/dag in de winter en loopt op naar 3 mm/dag in juli.

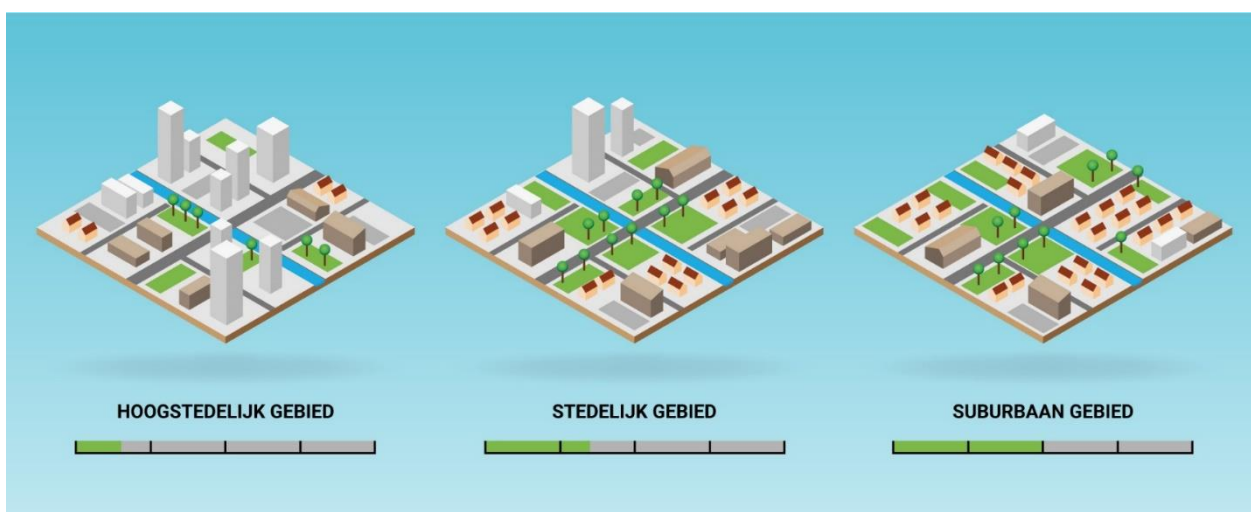
De hoeveelheid kwel c.q. wegzijging is qua orde grootte gelijk aan de hoeveelheid verdamping.

Tabel 3-1: Belangrijkste kenmerken per landschapstypologie

Typologie	Bodemsoort	Open water [%]	Drooglegging [m]	Kwel (+) / wegzijging (-) [mm/dag]
Heuvellandschap	Siltig leem	1	3	-1
Zandlandschap	Leemarm fijn zand	2	1,2	-1
Duinlandschap	Leemarm fijn zand op grof zand	1	2	-1
Veenlandschap	Kleilig veen op veen	10	0,5	-0,4
Rivierkleilandschap	Matig lichte zavel op zware zavel	5	1,2	+1
Zeekleilandschap	Lichte klei	7,5	1,2	0

3.2 Inrichtingsvarianten stedelijk gebied

Zoals besproken bij de toelichting van het watersysteem in hoofdstuk 2, maakt het uit hoeveel verharding er in een stedelijk aanwezig is. Daarom hebben we drie stedelijke inrichtingsvarianten gedefinieerd met elk een andere verhouding verharding versus groen.



Figuur 3-4: Inrichtingsvarianten

Te zien is dat er in het hoogstedelijke gebied veel bebouwing en relatief weinig groen aanwezig is. In het stedelijke gebied is er al meer groen aanwezig en het suburbane gebied hebben we evenveel groen als verharding meegegeven. Deze drie inrichtingsvarianten kunnen ter plaatse van alle zes landschapstypologieën voorkomen. Voor deze drie inrichtingsvarianten kan ook gevarieerd worden met type riool (gemengd, gescheiden, verbeterd gescheiden). In de berekeningen is uitgegaan van een gemengd stelsel aangezien dit het in Nederland meest voorkomende type rioolstelsel is.

Verharding

Bij veel (op de riolering aangesloten) verharding, komt er meer hemelwater in het riool dan bij weinig verharding. Bij kleinere buien wordt dit water tijdelijk gebufferd in het riool en vervolgens naar de rwzi. Bij grote buien zijn buffercapaciteit in de riolering en de pompcapaciteit niet toereikend om het regenwater binnen de riolering te houden en stort water over op het oppervlaktewater. Daar wordt het vervolgens afgevoerd naar het regionale systeem (een wateroverschot). In de hoogstedelijke inrichtingsvariant is het aandeel verharding hoger dan in de stedelijke en de suburbane inrichtingsvariant en zal er dus meer water overstorten en moeten worden uitgelaten.

De berekende watervraag is gevoelig voor het type rioolstelsel

Bij een gescheiden of verbeterd gescheiden is de watervraag lager dan bij een gemengd rioolstelsel. Dit komt omdat bij een (verbeterd) gescheiden rioolstel het hemelwater dat op de verharding valt, grotendeels in het oppervlaktewater terecht komt. Er vindt bij deze stelsels een grotere aanvulling plaats dan bij een gemengd systeem waarbij er pas op het oppervlaktewater geloosd wordt als de pompcapaciteit van het rioolgemaal overschreden wordt.

N.B.: Het naar de rwzi verpompte afvalwater en hemelwater wordt veelal niet op het stedelijk watersysteem geloosd en draagt dan niet bij aan aanvulling van het stedelijk oppervlaktewater.

Groen

De hoeveelheid groen is van belang voor de bepaling van de watervraag. De bomen, struiken en grasvelden hebben water nodig. Dit water kan worden aangevoerd vanuit het grondwater naar de wortels, capillaire nalevering genaamd. Hoe meer groen er in een gebied is, hoe groter de capillaire nalevering is en het daarmee dus het verbruik van water, resulterend in een hogere watervraag.

3.3 Klimaatscenario's

Het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KNMI) heeft een viertal klimaatscenario's samengesteld. We maken hier gebruik van twee warme klimaatscenario's. WH ('Warm' en 'Hoge verandering in luchtstroming') en WL ('Warm' en 'Lage verandering in luchtstroming'). Dit betekent concreet dat de WH scenario's in de winter natter en zachter zijn en in de zomer warmer en droger dan de WL scenario's. In de WH scenario's stijgt de temperatuur meer dan in de WL-scenario's - met 2 en 3,5 °C in resp. 2050 en 2085. In dit onderzoek hebben wij analyses uitgevoerd voor het WH- en het WL-scenario voor 2050 en 2085.

3.4 Meteorologie

De klimaatscenario's bepalen een verandering aan neerslag en verdamping ten opzichte van het huidige klimaat. Deze verandering passen we toe op vier referentie jaren:

1. Nat jaar (1998)
2. Gemiddeld jaar (2017)
3. Droog jaar (2003)
4. Extreem droog jaar (1976)

Zo zijn de neerslag- en verdampingsreeksen voor deze historische jaren omgerekend naar reeksen voor de klimaatscenario's WH en WL. Dit is voor zowel 2050 als 2085 gedaan.

De watervraag voor de huidige situatie is voor de vier referentie jaren doorgerekend voor het huidige klimaat en de twee klimaatscenario's WH en WL voor 2050 en 2085. De maatregelenpakketten, zie § 3.5, zijn doorgerekend voor het gemiddelde jaar (2017) en het extreem droge jaar (1976), voor het huidige klimaat en voor de klimaatscenario's WH en WL met tijdshorizon 2050 en 2085. De maatregel Grondwaterpeilbeheer, zie ook § 3.5, is doorgerekend voor het extreem droge jaar (1976), voor het huidige klimaat en voor de klimaatscenario's WH en WL met tijdshorizon 2050 en 2085.

3.5 Maatregelenpakketten en grondwaterpeilbeheer

Er is een veelheid aan klimaatadaptatiemaatregelen mogelijk. Voor dit onderzoek is een tweetal maatregelenpakketten gehanteerd: 'Gematigd' en 'Ambitieuw'. De samenstelling van deze pakketten is in tabel 3-2 weergegeven.

Tabel 3-2: Samenstelling maatregelenpakketten

Maatregel	Gematigde strategie	Ambitieuze strategie
Vergroenen	10 % van de totale verharding veranderen in groen (zelfde verhouding tussen bomen/struiken en gras als huidig)	20 % van de totale verharding veranderen in groen (zelfde verhouding tussen bomen/struiken en gras als huidig)
Afkoppelen verharding	25 % van de aangesloten verharding (zowel daken als wegen) afkoppelen.	50 % van de aangesloten verharding (zowel daken als wegen) afkoppelen.
Waterdoorlatende verharding	30 % van open verharding (b.v. klinkers, tegels) vervangen door waterdoorlatende verharding. 10 % van gesloten verharding vervangen door waterdoorlatende verharding	60 % van open verharding vervangen door waterdoorlatende verharding. 20 % van gesloten verharding vervangen door waterdoorlatende verharding
Groene daken	10 % van de platte daken voorzien van een groen dak	20 % van de platte daken voorzien van een groen dak
Open water	Percentage open water vergroten met factor 1,1	Percentage open water vergroten met factor 1,2

In dit onderzoek is er dus voor gekozen om niet alle maatregelen afzonderlijk door te rekenen. Die keuze is gemaakt om de resultaten van het onderzoek overzichtelijk te houden en ook om niet de illusie te wekken dat watervraag en -overschot per maatregel in detail zijn te voorspellen. In de praktijk zijn er immers vele locatiespecifieke factoren die in dit generieke onderzoek niet per locatie kunnen worden gekwantificeerd. Het hanteren van twee maatregelenpakketten is derhalve bedoeld om antwoord te geven op de vraag hoe (sterk) een meer of minder ambitieuze inzet van klimaatadaptatie-maatregelen kan doorwerken in watervraag en -overschot. Als daar een mogelijk knelpunt uit naar voren komt is maatwerk nodig waar het uitgevoerde onderzoek niet in kan voorzien.

Naast deze pakketten van inrichtingsmaatregelen is separaat ook grondwaterpeilbeheer beschouwd. Bij deze maatregel wordt het wegzakken van het grondwaterniveau tot een veilige waarde begrensd. Dit is vooral van belang in veen- en kleigebieden. In deze gebieden is bodemdaling en paalrot aan houten funderingspalen van huizen en andere gebouwen een belangrijk risico. Het diep uitzakken van het grondwaterniveau is hier zeer onwenselijk. De berekeningen zijn daarom alleen voor deze landschapstypologieën uitgevoerd.

3.6 Overige ontwikkelingen

Naast klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen spelen andere ontwikkelingen ook een mogelijke rol in de watervraag van het stedelijke gebied. Deze ontwikkelingen hebben in meer of mindere mate een effect op de watervraag van het stedelijk gebied. De ontwikkelingen en hun kwalitatieve effecten op de watervraag zijn uitgewerkt in Bijlage A4.4. Onderstaande tabel geeft hiervan een korte samenvatting.

Tabel 3-3: Overige ontwikkelingen

Ontwikkeling	Korte beschrijving	Impact
Verdichten	het verdichten van de bebouwing	Kleinere watervraag
Ondergronds bouwen	ondergrondse constructies zoals kelders, parkeergarages, damwanden en verdiepte wegen kunnen de stroming van grondwater beïnvloeden	Afhankelijk van lokale situatie
Vergroenen	aanbrengen van meer groen in het stedelijk gebied	Grotere watervraag
Mobiliteit	toename van mobiliteit kan leiden tot een toename van infrastructuur en daarmee dus meer verharding en minder groen	Kleinere watervraag
Energietransitie	zonnepanelen, bodemenergiesystemen, aquathermie, geothermie	Mogelijk beperkt effect
Circulariteit	benutten van grijswaterstroom, opslaan van regenwater	Naar verwachting grotere waterbeschikbaarheid
Stadslandbouw	in plaats van verharding of inrichting van bestaand groen	Naar verwachting nauwelijks effect
Digitalisering	online en thuiswerken	Geen effect
Aanpassen streefpeilen	verlaging of verhoging	Verhoging: grotere watervraag; verlaging: kleinere watervraag
Bodemdaling	afname drooglegging bij behoudt streefpeil	Grotere watervraag
Ophogen	(verzakte) gebieden grotere drooglegging	Kleinere watervraag
Toename recreatie	meer personen in stedelijk gebied als gevolg van recreatie	Geen effect, wel grotere drinkwatervraag
Vergroten stedelijk gebied	toename in areaal stedelijk gebied	Grotere watervraag voor totale stedelijke gebied

3.7 Gevoeligheid waterbalansmodel

Met een gevoeligheidsanalyse is onderzocht voor welke parameters het waterbalansmodel gevoelig is en voor welke minder. Daarnaast is er ook gekeken naar componenten van de waterbalans die niet in het waterbalansmodel zijn opgenomen, zoals doorspoeling en rioolvreemd water. In bijlage A4 is deze analyse uitgebreid beschreven. In Tabel 3-4 zijn een aantal parameters samengevat waarvoor een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd. Hierin is aangegeven voor welke parameters het model heel gevoelig is (++) , gevoelig (+), gemiddeld (+/-), ongevoelig (-) en erg ongevoelig (--) is.

Voor wat betreft doorspoeling en rioolvreemd water kan voor beiden worden geconcludeerd dat ze een dusdanig grote factor zijn dat ze een grote impact kunnen hebben op de waterbalans.

Tabel 3-4: gevoeligheid parameters in het waterbalansmodel.

parameter	gevoeligheid
Kwel- en wegzijging	++
Bergingscoëfficiënt	+
Drainage- en infiltratieweerstand	+/-
Stelseltype	+/-
Breedte watergangen	-
Aanpassen bovengrond	-
Bodemdaling veen	---
Vergroten drooglegging zandlandschap	---

4 Resultaten

In dit hoofdstuk gaan wij in de Inleiding in op enkele algemene aspecten met betrekking tot de resultaten van het onderzoek. In § 4.2 presenteren wij per Landschapstypologie een factsheet met de resultaten op hoofdlijnen en toelichtingen daarbij. De volledige resultaten zijn opgenomen in de bijlagen. § 4.3 geeft vervolgens een synthese waarin we de landschappen onderling vergelijken en ook apart ingaan op kwel en wegzijging, stedelijke inrichting, klimaatadaptatiemaatregelen, variaties binnen een landschapstype, rioolvreemd water, afvalwater en doorspoelen van oppervlaktewater.

4.1 Inleiding

Voor dit onderzoek is met het waterbalans-model STUW (Stedelijke Uniforme Waterbalans - zie ook bijlage A2) een groot aantal varianten doorgerekend. Hierbij is telkens een hydrologisch jaar (april t/m maart) doorgerekend met wisselende instellingen met betrekking tot de 'invalshoeken/variabelen' uit figuur 3.1:

- 6 landschapstypologieën (heuvel-, duin-, zand-, rivierklei-, zeeklei- en veenlandschap).
- 3 inrichtingsvarianten voor stedelijk gebied (suburbaan, stedelijk en hoogstedelijk)
- 2 klimaatscenario's (WL en WH) voor 2 zichtjaren (2050 en 2085).
- Een 4-tal meteorologische referentiejaar (nat, gemiddeld, droog en zeer droog jaar).
- 2 maatregelenpakketten (gematigd en ambitieus) en als aparte maatregel - voor veen- en kleilandschappen - ook grondwaterpeilbeheer.

Daarnaast is voor een aantal variabelen een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. (Zie bijlage A4.3.)

De resultaten voor watervraag en -overschot zijn uitgedrukt in millimeters en in m³ per hectare. Daarbij zijn 3 tijdschalen beschouwd:

1. De totale waarde voor het gesimuleerde jaar.
2. De maximum watervraag per decade. (Een periode van 10 dagen waarbij alle mogelijke decaden zijn beschouwd - beginnend op 1 april, op 2 april enz. - dus niet alleen 3 decaden per maand beginnend op de eerste, de elfde en de eenentwintigste van de maand).
3. De maximale dagwaarde in het jaar.

Zoals in de voorgaande hoofdstukken uiteengezet is de in dit onderzoek gehanteerde definitie van de 'watervraag' belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

Definitie Watervraag

De watervraag is in dit onderzoek gedefinieerd als de hoeveelheid water die nodig is om het oppervlaktewaterpeil op een constant niveau te houden. Die watervraag kan negatief zijn. Dan is er een overschot.

Consequenties

Deze definitie betekent dat er geen rekening is gehouden met variaties in dit peil of een flexibel of variabel peilbeheer. Niet voor alle locaties en landschappen wordt bij watervraag volgens deze definitie echter ook daadwerkelijk water aangevoerd.

Op de hoge zandgronden en heuvelslandschappen is een droogvallende sloot vaak acceptabel. Dat kan - zeker als droogte langer aanhoudt - overigens wel tot droogtestress en schade aan groen leiden. In de laaggelegen delen van Nederland is een verlaging van het oppervlaktewaterpeil vaak ongewenst omdat het tot bodemdaling en paalrot kan leiden. Vaak heeft ook de waterkwaliteit hieronder te lijden. Om alle situaties op een eenduidige manier met elkaar te kunnen vergelijken is in dit onderzoek de definitie van de watervraag voor alle gebieden gelijk gehouden en gaan we dus voor alle landschapstypologieën uit van een vast oppervlaktewaterpeil.

Daarnaast is het goed om stil te staan bij de in onderstaand kader genoemde 'Kennisleemtes'. (Zie voor een uitgebreidere beschrijving bijlage A6).

Kanttekeningen met betrekking tot Kennisleemtes

Modellering is altijd een benadering van de werkelijkheid die enerzijds niet tot in detail bekend is en anderzijds per locatie verschilt. Hieronder is een zestal aspecten benoemd waarbij dit voor dit onderzoek van belang is.

1. De 6 landschapstypologieën en de 3 inrichtingstypologieën dekken niet de diversiteit binnen Nederland. Lokale situaties komen daarom vaak niet precies overeen met een van de uitgewerkte varianten.
2. Voor de verdampingsparameters van gewassen (gras, struiken en bomen) zijn in de literatuur geen eenduidige waarden bekend en vaak is een flinke bandbreedte aangegeven. Praktijkwaarden van verdamping zullen daarom afwijken van de in de berekeningen gehanteerde waarden.
3. Niet alleen van onverhard oppervlak is er sprake van verdamping, ook bij (verder droog) verhard oppervlak lijkt sprake te zijn van verdamping. Hiervoor zijn geen betrouwbare praktijkwaarden bekend. Deze verdamping is daarom niet meegenomen in de berekeningen.
4. Op vele stedelijke locaties is de oorspronkelijke grond bij het bouwrijp maken opgehoogd met zand. In het gebruikte model STUW is deze ophoging niet gemodelleerd. Daarom wordt vooralsnog aanbevolen om bij bijvoorbeeld veen dat uniform is opgehoogd met een flinke laag zand uit te gaan van het Zandlandschap in plaats van het Veenlandschap.
5. Voor kwel en wegzijging is gerekend met vaste waarden gedurende het gehele jaar. In de praktijk fluctueren kwel en wegzijging.
6. De bergingscoëfficiënt van de ondergrond - een belangrijke parameter voor watervraag en -overschot - varieert sterk in tijd en plaats. Gerekend is echter met vaste waarden.

In bijlage A5 zijn de resultaten van de berekeningen voor alle beschouwde varianten opgenomen voor:

- het Huidige klimaat (bijlage A5.1);
- het Toekomstige klimaat (bijlage A5.2);
- de impact van Klimaatadaptatiemaatregelen (bijlage A5.3).

De resultaten zijn weergegeven in grafieken en tabellen en tekstueel toegelicht.

4.2 Factsheets - Resultaten per landschapstypologie

In de Factsheets op de volgende pagina's beschrijven wij de resultaten op hoofdlijnen per landschapstypologie. Daarbij komen telkens de volgende vragen aan bod:

1. *Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied nu, in 2050 en 2085 (klimaatscenario WH) per stedelijke inrichting?*
2. *Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?*
3. *Wat is de impact van (gematigd resp. ambitieus pakket aan) klimaatadaptatiemaatregelen?*
4. *Hoeveel extra water heb ik nodig om het uitzakken van de grondwaterstand te beperken middels grondwaterpeilbeheer?*
5. *Waar moet ik op letten bij het kiezen van maatregelen?*
6. *Welke andere aandachtspunten zijn er?*

4.2.1 Factsheet Heuvellandschap



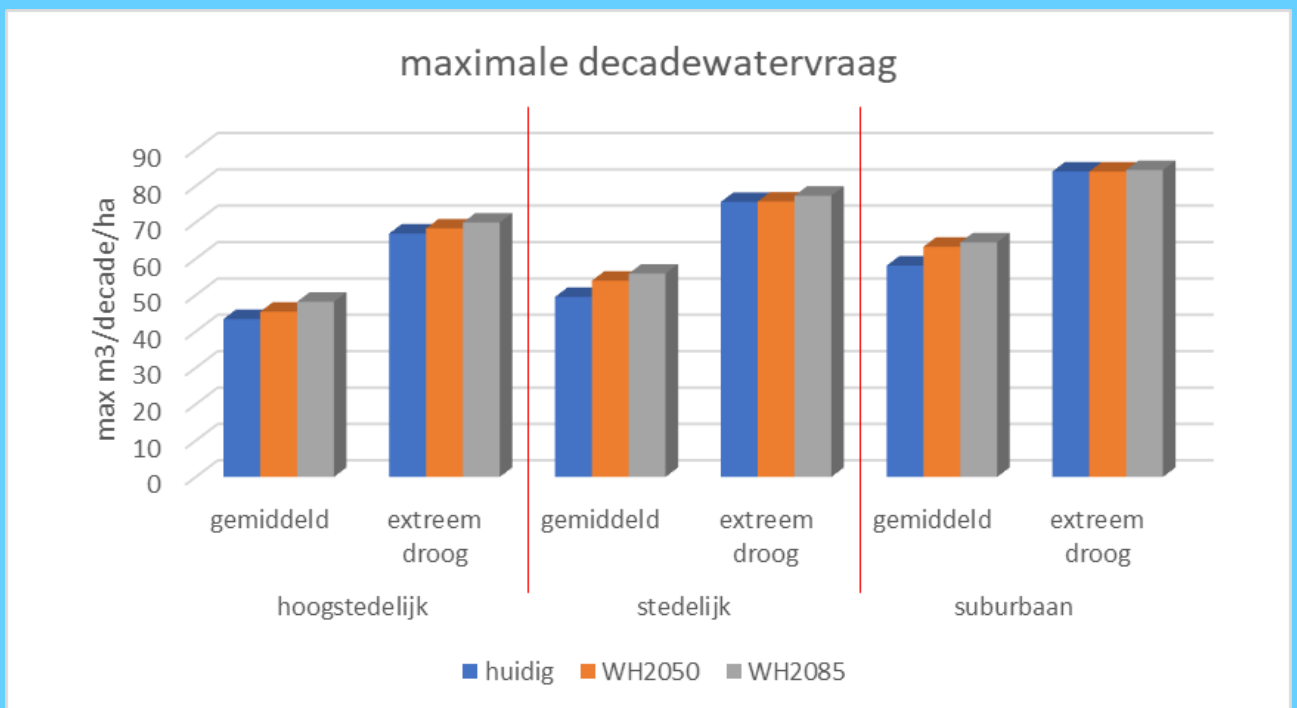
Illustratie Frank Wasselingh, Naturalis

Heuvellandschap

Het heuvellandschap in Zuid-Limburg is in feite een plateau, doorsneden door rivier- en beekdalen. Dit onderzoek richt zich op stedelijk gebied in deze rivier- en beekdalen. Er is over het algemeen relatief weinig oppervlaktewater aanwezig waar vaak geen strikt peilbeheer (met een vast peil) wordt toegepast. In de praktijk wordt geaccepteerd dat watergangen droogvallen en kunnen de grondwaterstanden daarom verder uitzakken dan bij een strikt peilbeheer. In de waterbalansberekeningen voor dit onderzoek is het oppervlaktewater wel op constant peil gehouden. Zo is de watervraag berekend voor de situatie dat water onbeperkt beschikbaar is en het grondwater bij verdamping door groen kan worden aangevuld.

Het gebied is vaak hellend. Door de lössbodem van het heuvel-landschap kan water makkelijk in de bodem infiltreren en wordt het goed vastgehouden in de bodem.

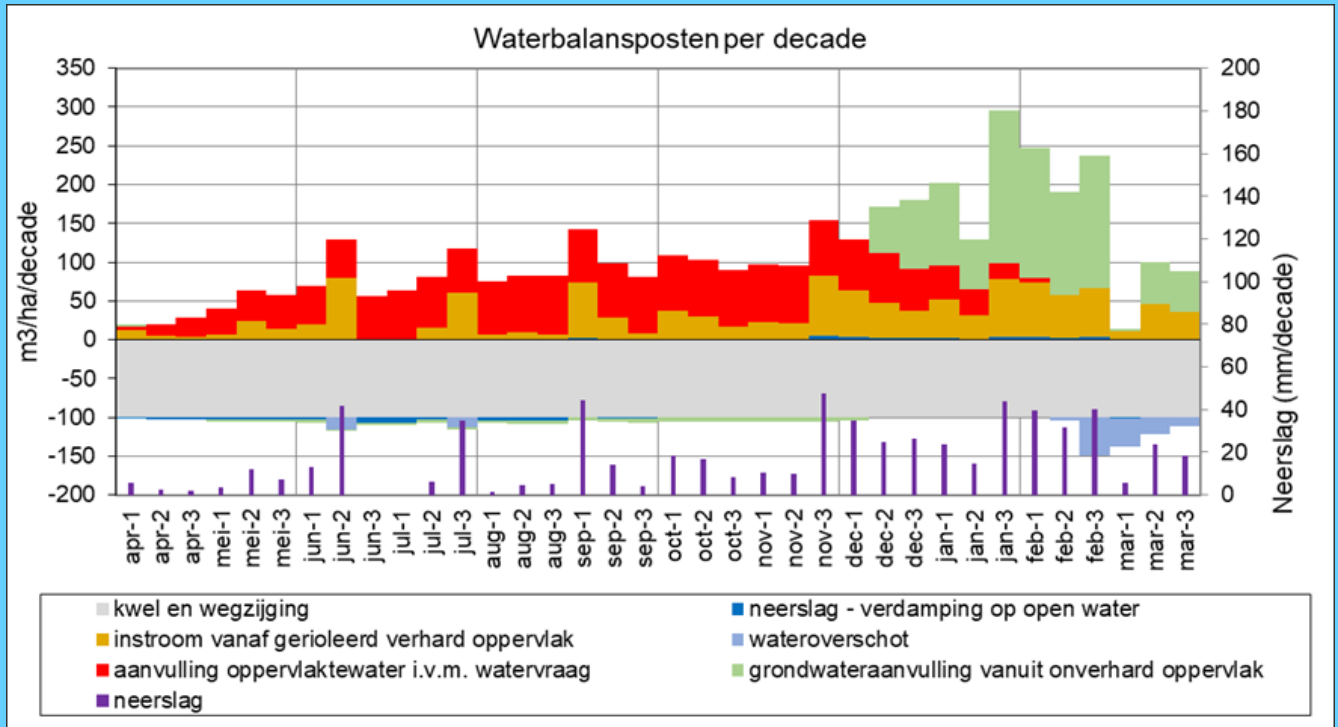
Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied, nu en in 2050 en 2085?



Door klimaatverandering neemt de watervraag in alle drie de inrichtingsvarianten licht toe met 1-10%. Bij langdurige droogte is de watervraag het grootst in suburbaan gebied door de grotere watervraag van groen, bij kortdurende droogte juist in hoogstedelijk gebied, omdat er minder water in de bodem infiltreert door het kleine aandeel groen. Zie ook Bijlage A5.1.2.

Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?

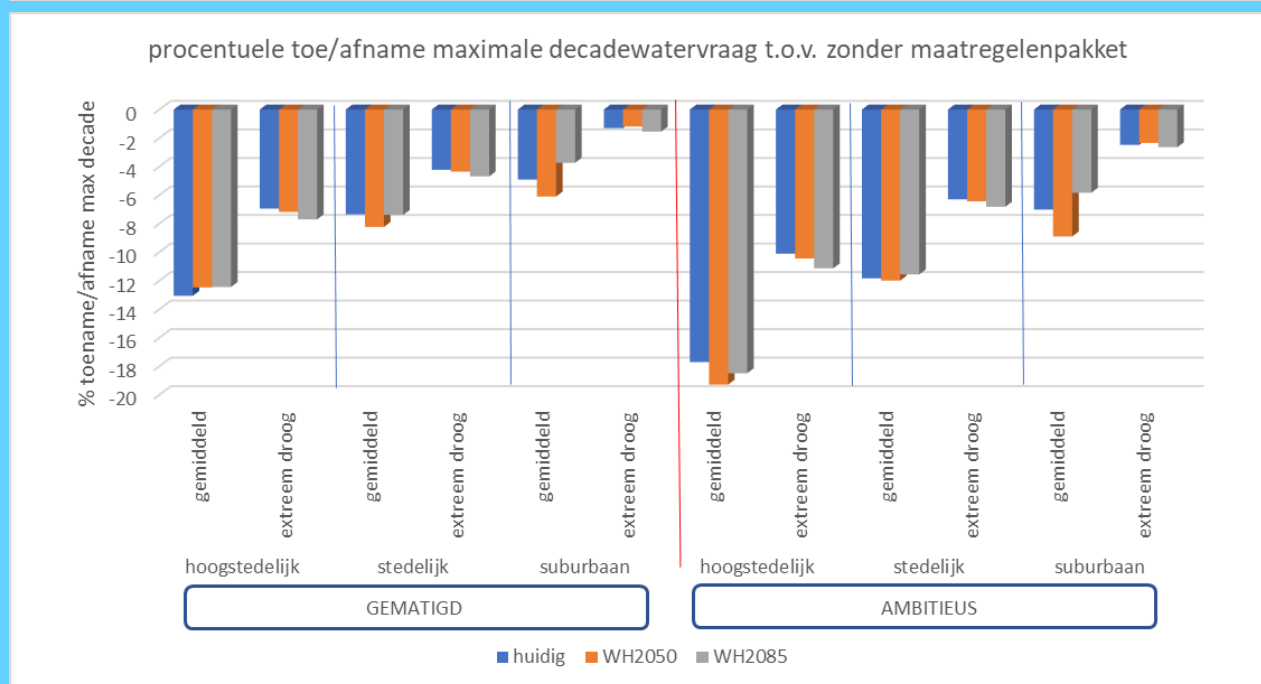
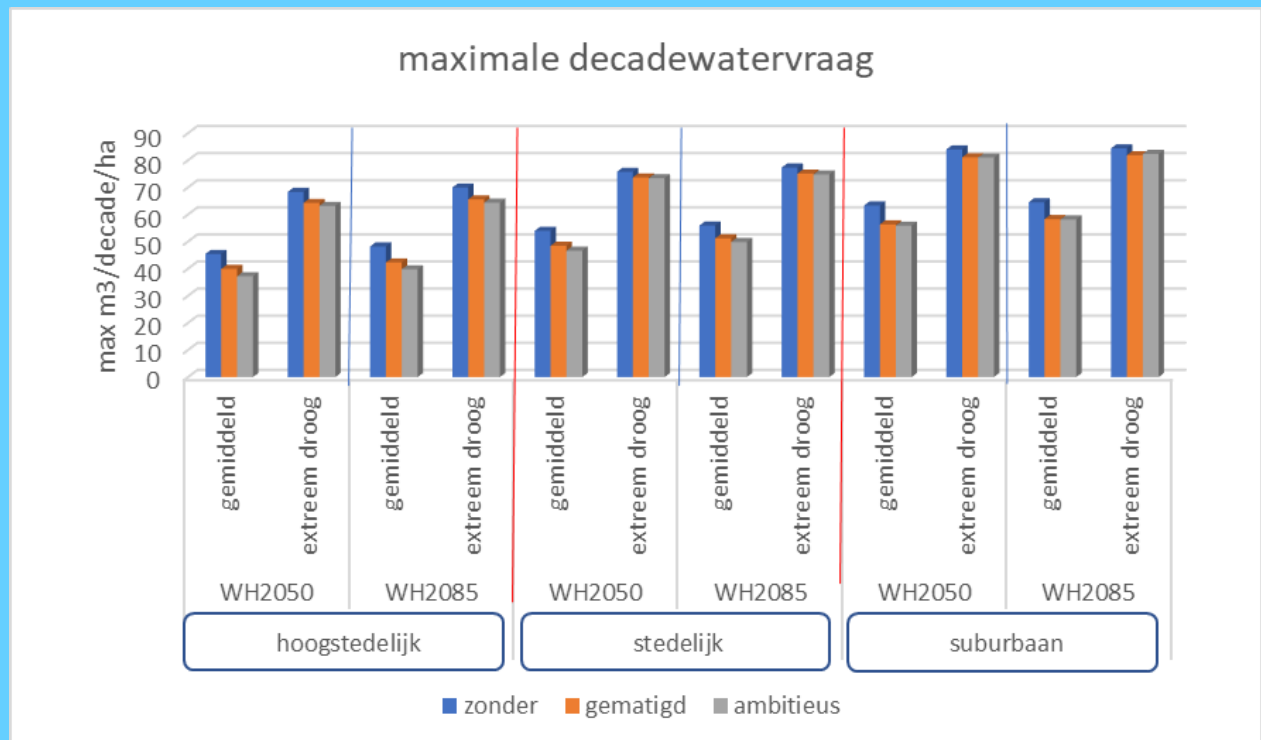
De figuur laat zien wat de bijdrage is van de verschillende balansposten per decade voor het klimaatscenario WH2050 voor stedelijk gebied in een extreem droog jaar.



De term 'aanvulling oppervlaktewater' in het rood, geeft de watervraag in het stedelijk gebied weer voor dit scenario in een extreem droog jaar. Het grootste deel van het jaar is er een watervraag (rood). Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de wegzijging van 1 mm/d (100 m3/ha/decade). In het winterhalfjaar is er een aanvulling van grondwater (lichtgroen). Door deze aanvulling verdwijnt het tekort en ontstaat er in februari een klein overschot (lichtblauw). Deze grondwateraanvulling is belangrijk voor het heuvellandschap. Zonder deze aanvulling zou het watertekort in het voorjaar groter zijn.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

De klimaatadaptatie-maatregelen in dit onderzoek bestaan uit vergroenen, afkoppelen⁴, waterdoorlatende verharding, groene daken en toename open water. Er is onderscheid gemaakt in een 'gematigd' en een 'ambitueus' maatregelenpakket (zie § 3.5). In onderstaande figuur is de maximale watervraag in een decade weergegeven voor de drie stedelijke inrichtingen en het WH klimaatscenario voor de twee zichtjaren 2050 en 2085. De bovenste figuur geeft de maximale decadewatervraag weer. In de figuur eronder is de procentuele afname van de watervraag als gevolg van de maatregelenpakketten.

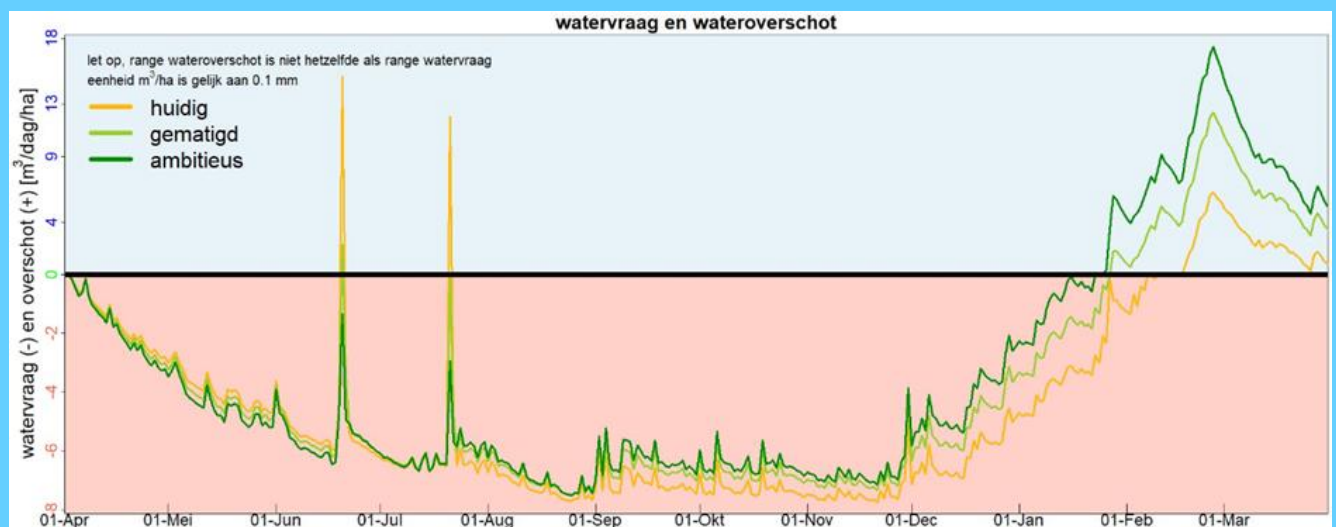


⁴ N.B.: Voor het heuvellandschap is ervan uitgegaan dat bij afkoppelen het hemelwater wordt geïnfiltreerd in de ondergrond. Het afgekoppelde hemelwater heeft daarom een reducerende invloed op de watervraag.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

Het nemen van klimaatadaptatiemaatregelen verlaagt de watervraag in het heuvellandschap ten opzichte van de situatie zonder maatregelenpakket: De blauwe balken in de figuur hierboven zijn in alle situaties hoger. De toename van infiltratiemogelijkheden zorgt ervoor dat de watervraag afneemt. Bij een ambitieus pakket is er meer infiltratie oppervlak dan bij een gematigd pakket. In een gemiddeld meteorologisch jaar zijn de grootste verschillen te zien in vergelijking met de situatie zonder maatregelenpakket. In hoogstedelijk gebied neemt de watervraag zelfs met maximaal 20% af bij een ambitieus pakket. De toename aan infiltratiemogelijkheden heeft hier een grote impact. De getallen en een uitgebreide beschrijving zijn te vinden in bijlage A5.3.

De grafiek hieronder geeft het verloop op dagbasis weer van watervraag (-) en wateroverschot (+) voor extreem droog jaar in WH2050 klimaatscenario met een stedelijke inrichting. (Let op: verschil in schaal op Y-as voor watervraag en -overschot.)



Beide maatregelenpakketten zorgen voor een afname van de watervraag in het zomerhalfjaar. In het winterhalfjaar is er een toename aan wateroverschot (dat uit het systeem wordt afgevoerd) te zien. Als dit wateroverschot kan worden vastgehouden (seizoensberging) kan daarmee de watervraag in het voorjaar enigszins worden beperkt.

Welke andere aandachtspunten zijn er?

Er dient altijd rekening gehouden te worden met de lokale omstandigheden. Het heuvellandschap kent een grote variatie m.b.t. hoogteligging, helling en de aanwezigheid en beschikbaarheid van water. In zandige gebieden is vaak weinig oppervlaktewater aanwezig en wordt geaccepteerd dat watergangen in droge periodes droogvallen - mede omdat er geen waterinlaat mogelijkheden zijn. Hierdoor kan in de praktijk minder snel een watertekort worden ervaren dan de in dit onderzoek berekende watervraag suggereert. Bij de keuze van aan te brengen planten is het verstandig rekening te houden met de waterbeschikbaarheid in het zandige gebied.

4.2.2 Factsheet Duinlandschap

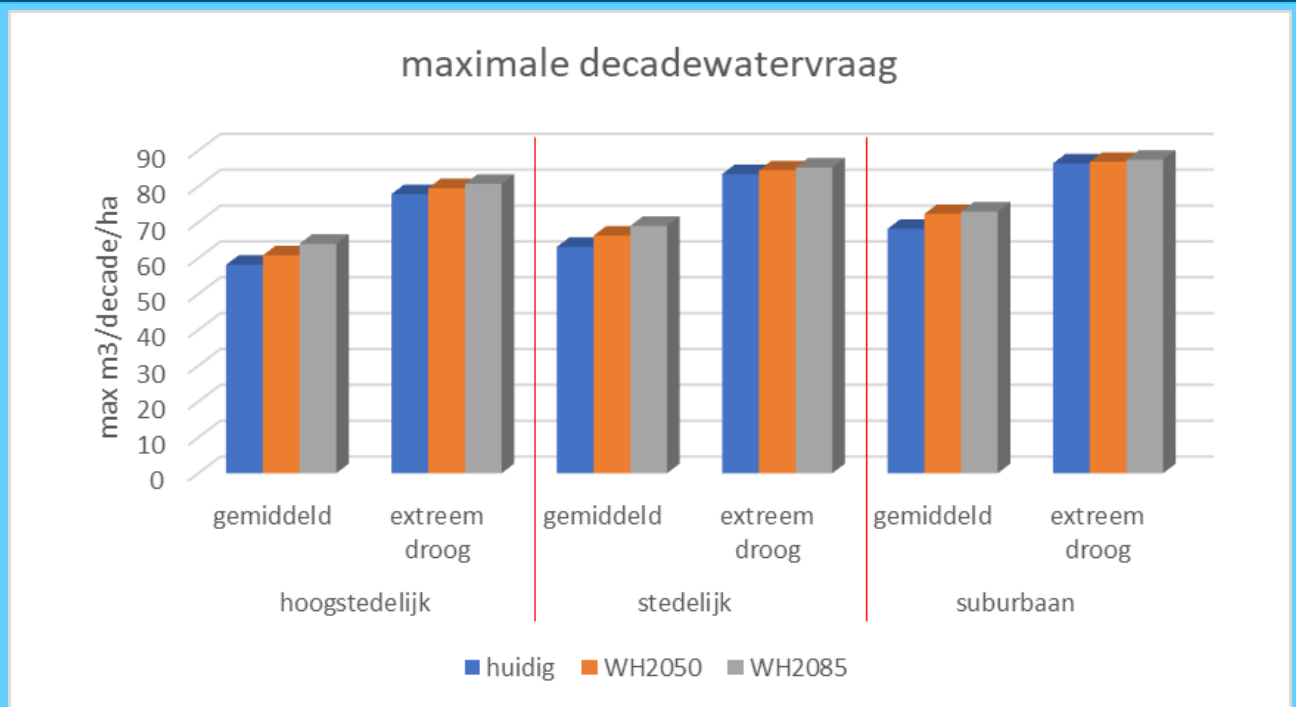


Duinlandschap

Het duinlandschap is een smalle strook tussen de zee en het 'binnenland'. Het duinlandschap heeft een zandige opbouw met weinig open water (1% in de berekeningen), waar het peil niet altijd middels peilbeheer op peil kan worden gehouden. In de praktijk kunnen de grondwaterstanden daarom verder uitzakken dan bij een strikt peilbeheer. In de waterbalansberekeningen voor dit onderzoek wordt het oppervlaktewater wel altijd op constant peil gehouden. Zo is de watervraag berekend voor de situatie dat water onbeperkt beschikbaar is en het grondwater bij verdamping door groen kan worden aangevuld.

Door de zandige opbouw kan water makkelijk in de bodem infiltreren en draineren en is er relatief veel berging in de bodem.

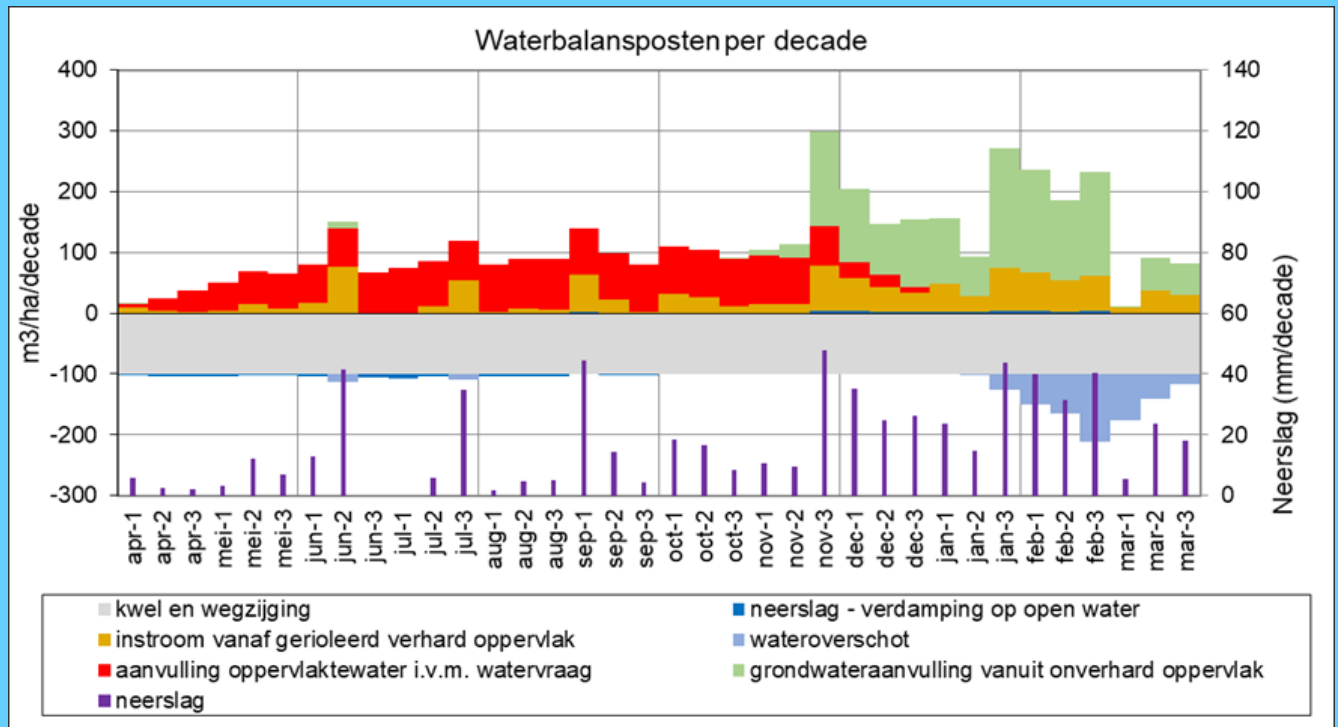
Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied, nu en in 2050 en 2085?



Door klimaatverandering neemt de watervraag in alle drie de inrichtingsvarianten toe (2-20%). Bij langdurige droogte is de watervraag het grootst in suburbaan gebied door de grotere watervraag van groen, bij kortdurende droogte juist in hoogstedelijk gebied, omdat er minder water in de bodem infiltreert door het kleine aandeel groen.

Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?

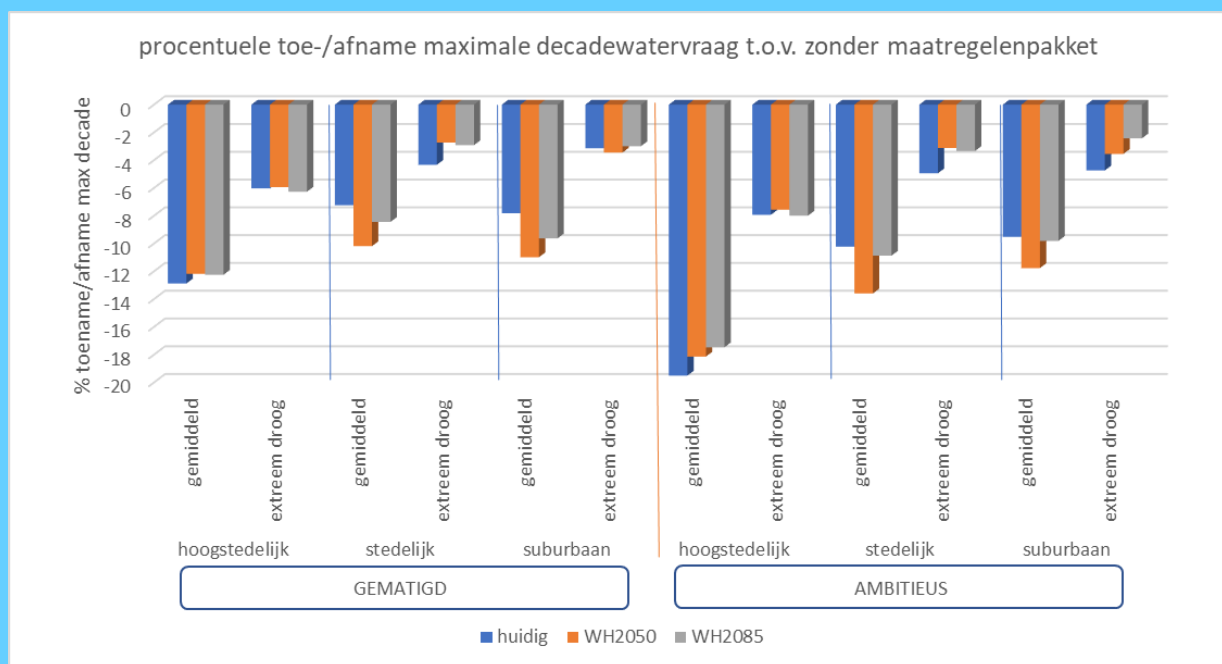
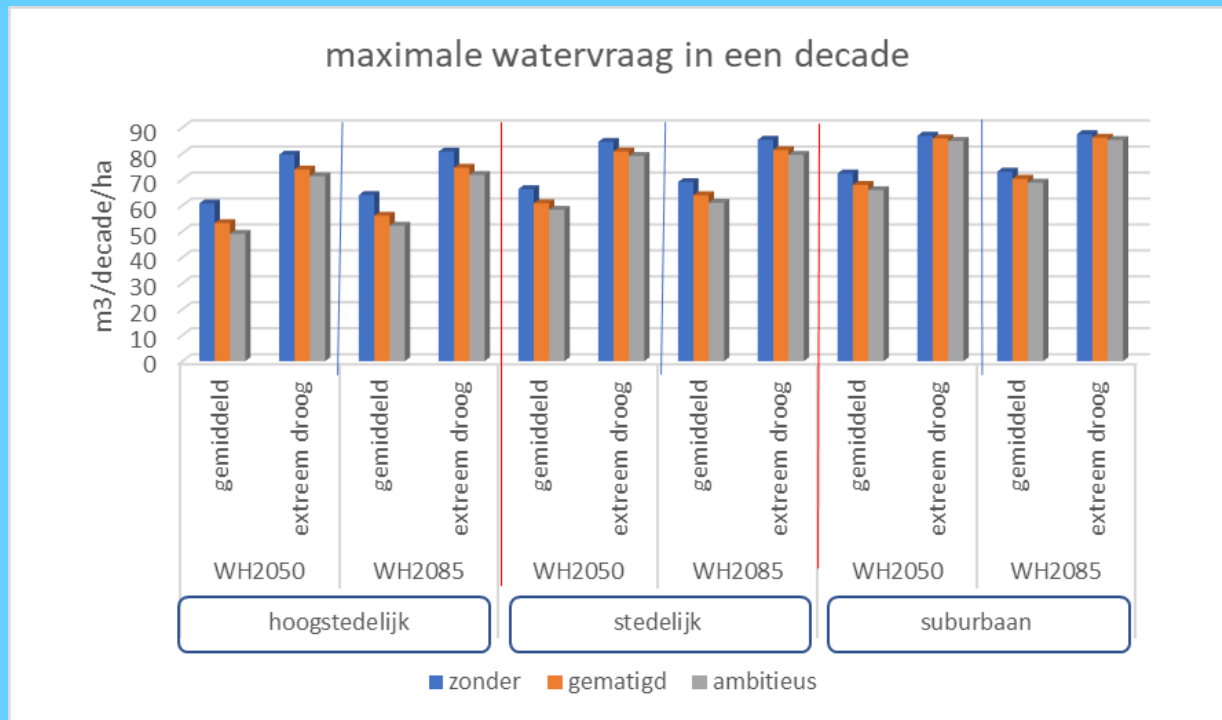
De figuur laat zien wat de bijdrage is van de verschillende balansposten per decade voor het klimaatscenario WH2050 voor stedelijk gebied in een extreem droog jaar.



De term 'aanvulling oppervlaktewater' in het rood, geeft de watervraag in het stedelijk gebied weer voor dit scenario in een extreem droog jaar. Het grootste deel van het jaar is er een watervraag (rood). Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de wegzijging van 1 mm/d (100 m³/ha/decade). In het winterhalfjaar is er een grondwateraanvulling (lichtgroen) zichtbaar vanuit het onverharde oppervlak. Er is meer neerslag en het groen verdampt in deze periode minder dan in het zomerhalfjaar.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

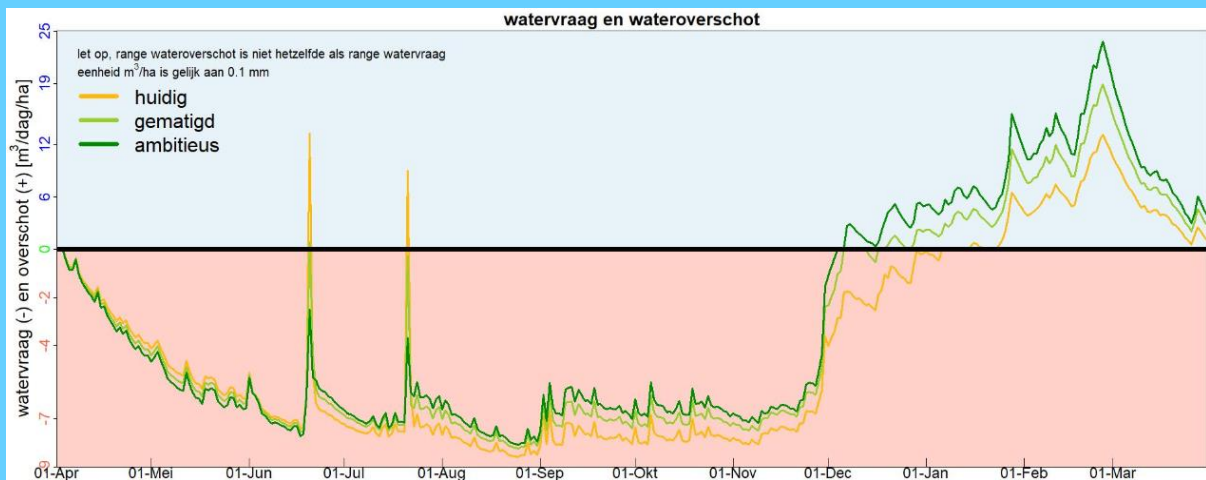
De klimaatadaptatie-maatregelen in dit onderzoek bestaan uit vergroenen, afkoppelen⁵, waterdoorlatende verharding, groene daken en toename open water. Er is onderscheid gemaakt in een 'gematigd' en een 'ambitieuw' maatregelenpakket (zie § 3.5.). In onderstaande figuur is de maximale watervraag in een decade weergegeven voor de drie stedelijke inrichtingen en het WH klimaatscenario voor de twee zichtjaren 2050 en 2085. De bovenste figuur geeft de maximale decadewatervraag weer. In de figuur eronder is de procentuele afname van de watervraag als gevolg van de maatregelenpakketten.



⁵ N.B.: Voor het duinlandschap is ervan uitgegaan dat bij afkoppelen het hemelwater wordt geïnfiltreerd in de ondergrond. Het afgekoppelde hemelwater heeft daarom een reducerende invloed op de watervraag.

Het nemen van klimaatadaptatiemaatregelen verlaagt de watervraag in het duinlandschap. De toename van infiltratie in de zandige ondergrond is voldoende om de toegenomen watervraag als gevolg van meer groen te compenseren. Deze impact is het grootst in een hoogstedelijk gebied waar zonder maatregelen weinig infiltratiemogelijkheden zijn. In het hoogstedelijk gebied neemt de watervraag met maximaal 20% af bij een ambitieus maatregelenpakket. In het suburbane gebied is de maximale afname bijna 10%.

De figuur hieronder geeft het verloop op dagbasis weer van watervraag (-) en wateroverschot (+) voor WH 2050 klimaatscenario in een extreem droog jaar bij een stedelijke inrichting. (Let op: verschil is schaal op Y-as voor watervraag en -overschot.)



Duidelijk is te zien dat beide maatregelenpakketten zorgen voor een afname van de watervraag in het zomerhalfjaar. In het winterhalfjaar is een toename aan wateroverschot (dat uit het systeem wordt afgevoerd) te zien. Als dit wateroverschot kan worden vastgehouden (seizoensberging) kan daarmee de watervraag in het voorjaar enigszins worden beperkt.

Welke andere aandachtspunten zijn er?

Er dient altijd rekening gehouden te worden met de lokale omstandigheden. Het duinlandschap kent een grote variatie m.b.t. hoogteligging, helling en de aanwezigheid en beschikbaarheid van water.

In zandige gebieden is vaak weinig oppervlaktewater aanwezig en wordt geaccepteerd dat watergangen in droge periodes droogvallen - mede omdat er geen waterinlaat mogelijkheden zijn. Hierdoor kan in de praktijk minder snel een watertekort worden ervaren dan de in dit onderzoek berekende watervraag suggereert.

4.2.3 Factsheet Zandlandschap

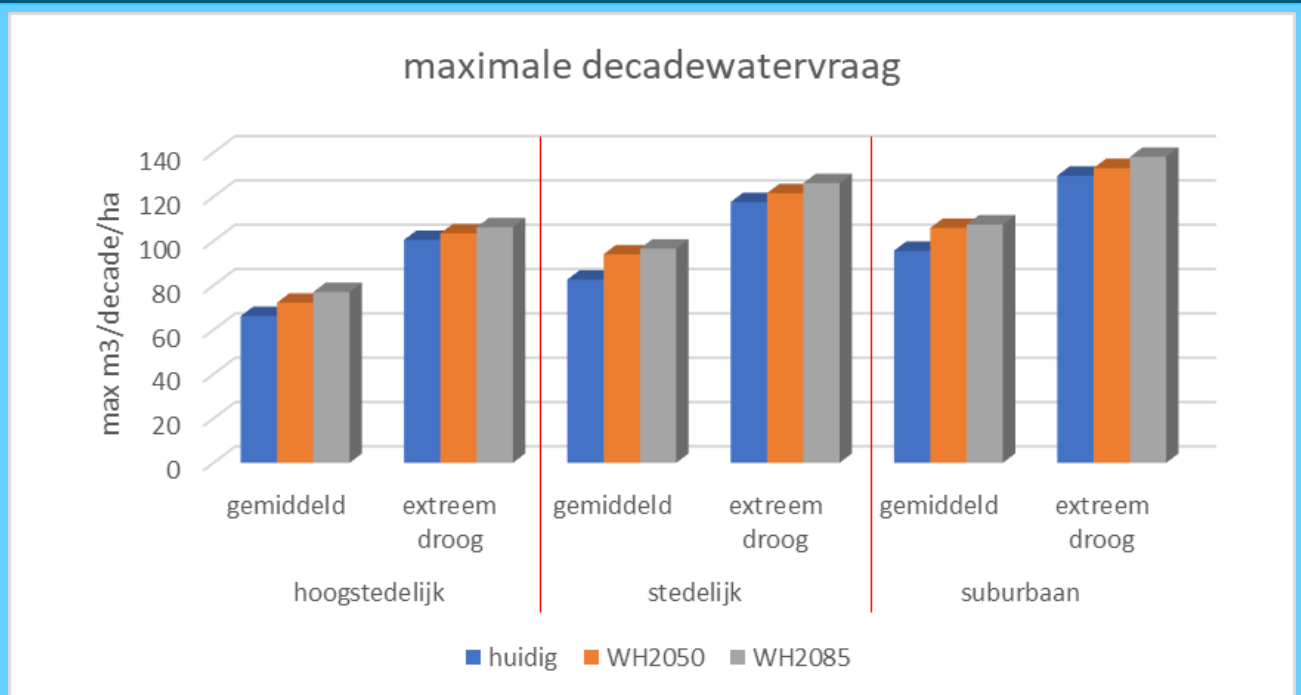


Zandlandschap

Het zandlandschap beslaat grote delen van het oosten en zuiden van ons land. Er is over het algemeen relatief weinig oppervlaktewater aanwezig waar vaak geen strikt peilbeheer (met een vast peil) wordt toegepast. In de praktijk wordt geaccepteerd dat watergangen droogvallen en kunnen de grondwaterstanden daarom verder uitzakken dan bij een strikt peilbeheer. In de waterbalansberekeningen voor dit onderzoek wordt het oppervlaktewater wel altijd op constant peil gehouden. Zo is de watervraag berekend voor de situatie dat water onbeperkt beschikbaar is en het grondwater bij verdamping door groen kan worden aangevuld.

Door de zandige opbouw van het zandlandschap kan water makkelijk in de bodem infiltreren en draineren en is er relatief veel berging in de bodem.

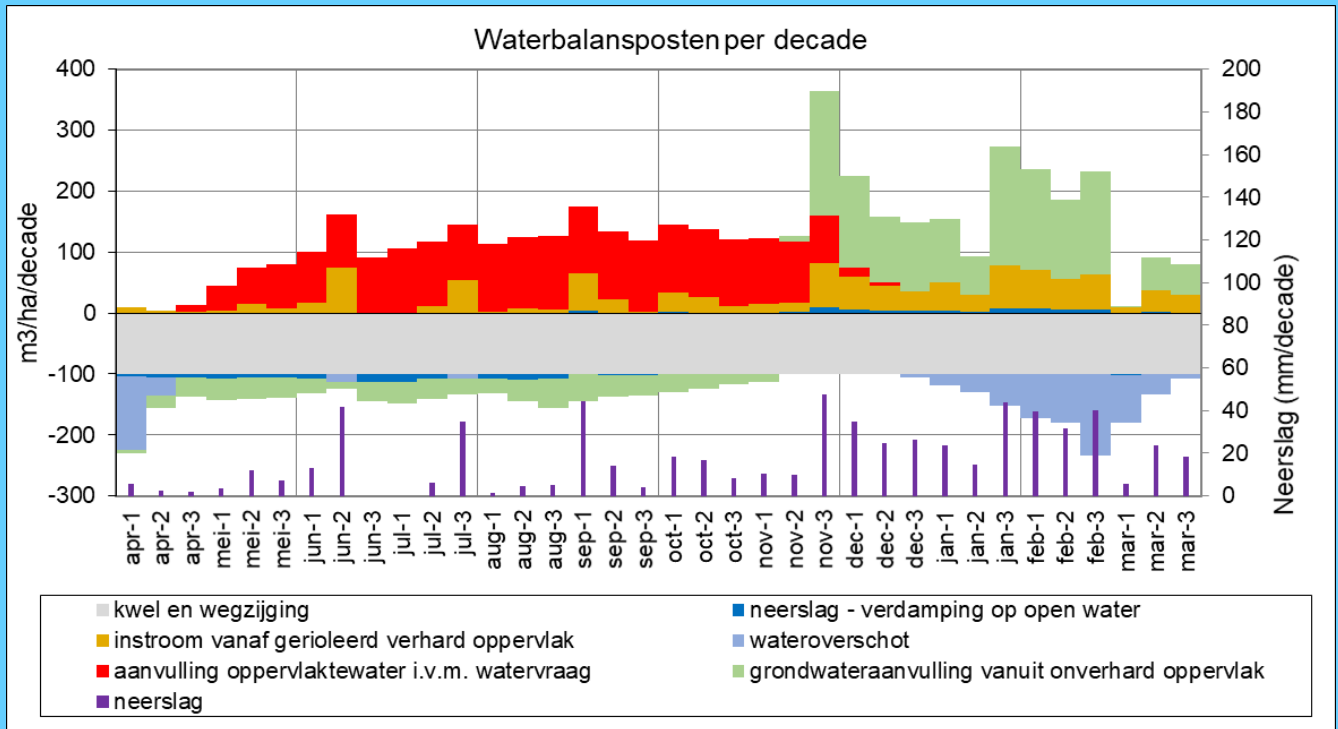
Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied, nu en in 2050 en 2085?



Door klimaatverandering neemt de watervraag in alle drie de inrichtingsvarianten toe (5- 10%). Bij langdurige droogte is de watervraag het grootst in suburbaan gebied door de grotere watervraag van groen. Bij kortdurende droogte is dat juist in hoogstedelijk gebied zo, omdat er minder water in de bodem infiltreert door het kleine aandeel groen.

Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?

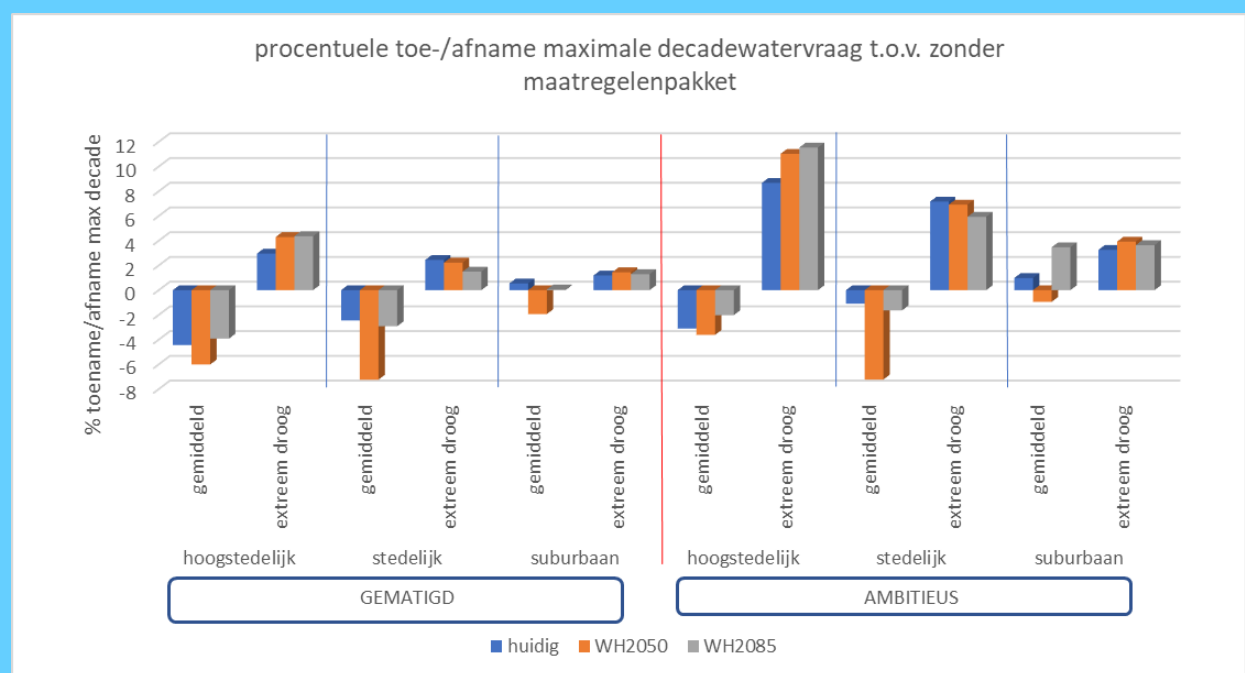
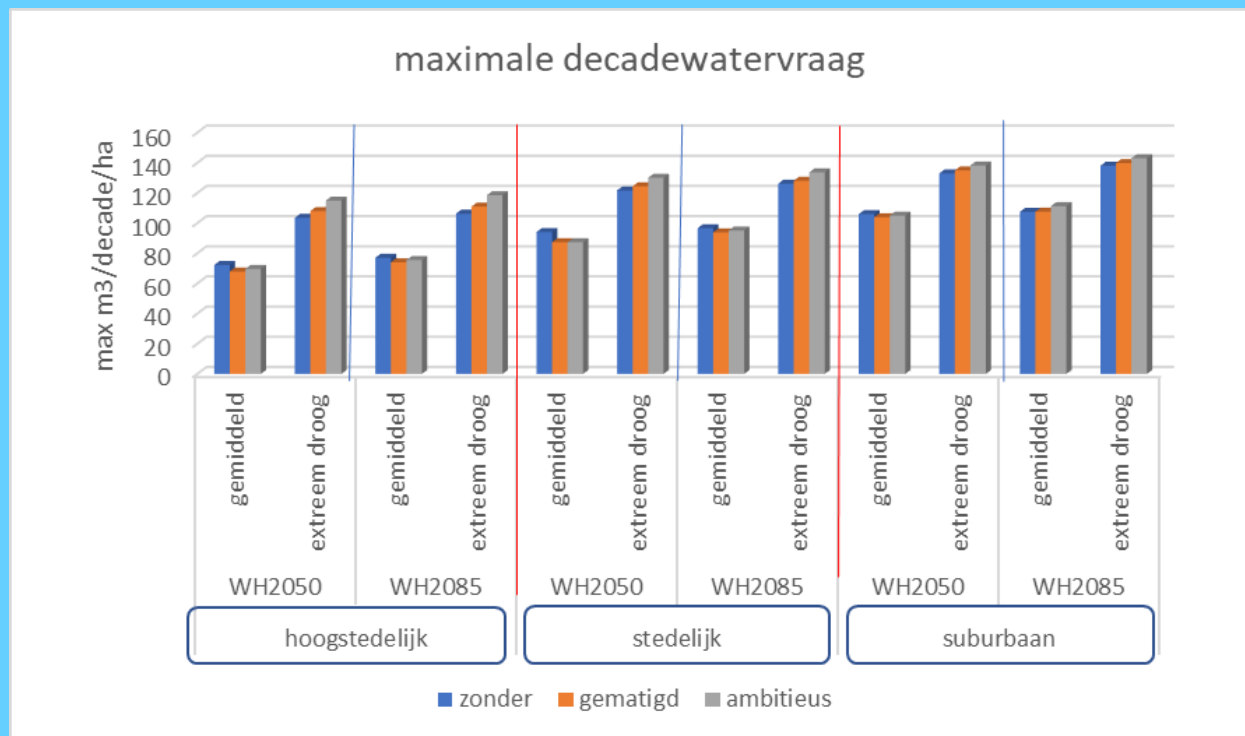
De figuur laat zien wat de bijdrage is van de verschillende balansposten per decade voor het klimaatscenario WH2050 voor stedelijk gebied in een extreem droog jaar.



De term 'aanvulling oppervlaktewater' in het rood, geeft de watervraag in het stedelijk gebied weer voor dit scenario in een extreem droog jaar. Het grootste deel van het jaar is er een watervraag (rood). Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de wegzijging van 1 mm/d (100 m3/ha/decade). In het winterhalfjaar is er een aanvulling van grondwater (lichtgroen). Door deze aanvulling verdwijnt het tekort en ontstaat er in februari een klein overschot (lichtblauw). Deze grondwateraanvulling is belangrijk voor het zandlandschap. Zonder deze aanvulling zou het watertekort in het voorjaar groter zijn.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

De klimaatadaptatie-maatregelen in dit onderzoek bestaan uit vergroenen, afkoppelen⁶, waterdoorlatende verharding, groene daken en toename open water. Er is onderscheid gemaakt in een 'gematigd' en een 'ambitieuw' maatregelenpakket (zie § 3.5). In onderstaande figuur is de maximale watervraag in een decade weergegeven voor de drie stedelijke inrichtingen en het WH klimaatscenario voor de twee zichtjaren 2050 en 2085. In de figuur eronder is de procentuele toe-/afname van de watervraag als gevolg van de maatregelenpakketten.



⁶ N.B.: Voor het zandlandschap is ervan uitgegaan dat bij afkoppelen het hemelwater wordt geïnfiltreerd in de ondergrond. Het afgekoppelde hemelwater heeft daarom een reducerende invloed op de watervraag.

De maatregelpakketten resulteren in een toename van de watervraag in het extreem droge jaar, tot 11%, terwijl er in het gemiddelde jaar over het algemeen een afname van de watervraag is, tot 7%. Door de maatregelen infiltreert er meer water in de bodem. Hierdoor is er vlak na een periode van neerslag meer water de grond ingetrokken, waardoor de watervraag lager is. Door de toename aan groen verdampt er wel meer water. Als vervolgens de periode van droogte lang genoeg duurt, is de uiteindelijke watervraag groter. In het extreem droge jaar neemt daardoor de watervraag toe.

De figuur hieronder geeft het verloop op dagbasis weer van watervraag (-) en wateroverschot (+) voor WH 2050 klimaatscenario in een extreem droog jaar bij een stedelijke inrichting. (Let op: verschil is schaal op Y-as voor watervraag en -overschot.)



Beide maatregelenpakketten zorgen voor een afname van de watervraag in het zomerhalfjaar. In het winterhalfjaar is een toename aan wateroverschot (dat uit het systeem wordt afgevoerd) te zien. Als dit wateroverschot kan worden vastgehouden (seizoensberging) kan daarmee de watervraag in het voorjaar enigszins worden beperkt.

**Welke andere
aandachtspunten
zijn er?**

Er dient altijd rekening gehouden te worden met de lokale omstandigheden. Het zandlandschap kent een grote variatie m.b.t. hoogteligging en de aanwezigheid en beschikbaarheid van water. In zandige gebieden is vaak weinig oppervlaktewater aanwezig en wordt geaccepteerd dat watergangen in droge periodes droogvallen - mede omdat er geen waterinlaat mogelijkheden zijn. Hierdoor kan in de praktijk minder snel een watertekort worden ervaren dan de in dit onderzoek berekende watervraag suggereert. Bij de keuze voor de aan te brengen planten is het verstandig hier rekening mee te houden.

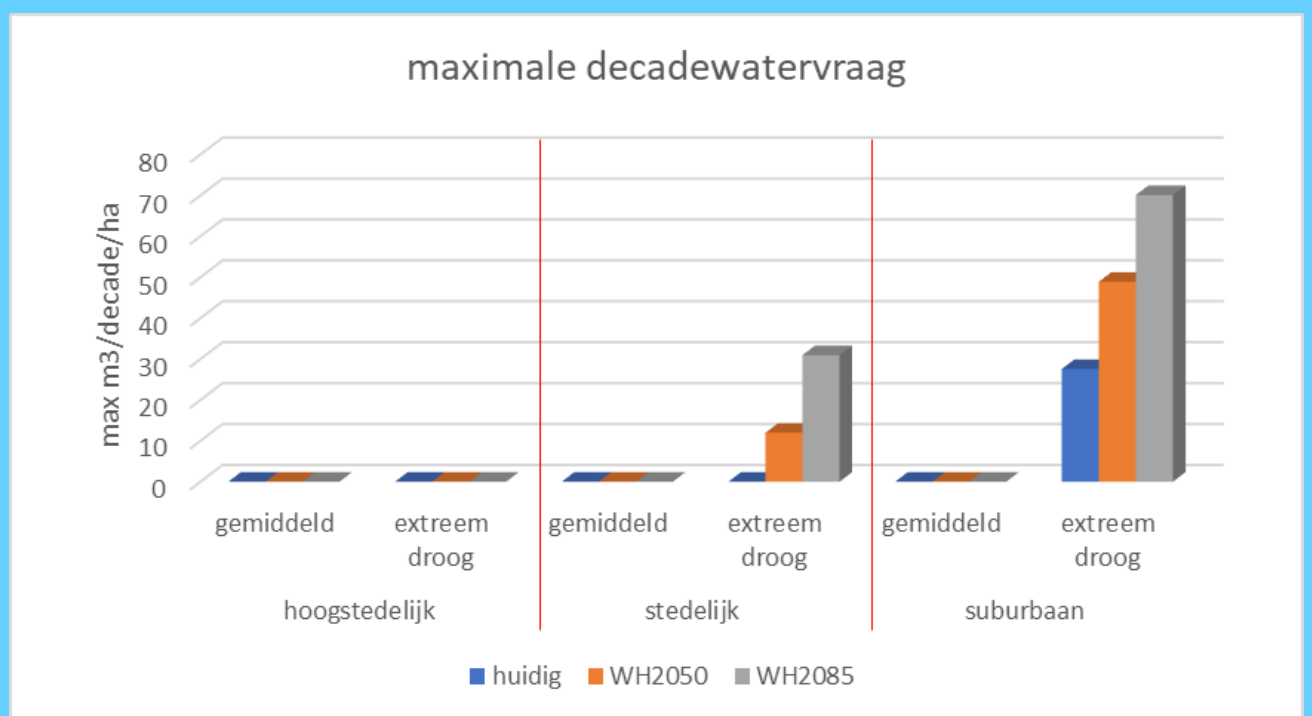
4.2.4 Factsheet Rivierkleilandschap



Rivierkleilandschap

Het rivierkleilandschap omvat de stroomgebieden van de Maas en de Rijn. Door de kleiige opbouw van de bodem kan water niet eenvoudig infiltreren in en draineren uit de bodem. Er is relatief veel oppervlaktewater aanwezig waar vaste streefpeilen (ook in droge periodes) in worden gehanteerd. In de berekeningen is uitgegaan van een situatie met kwel.

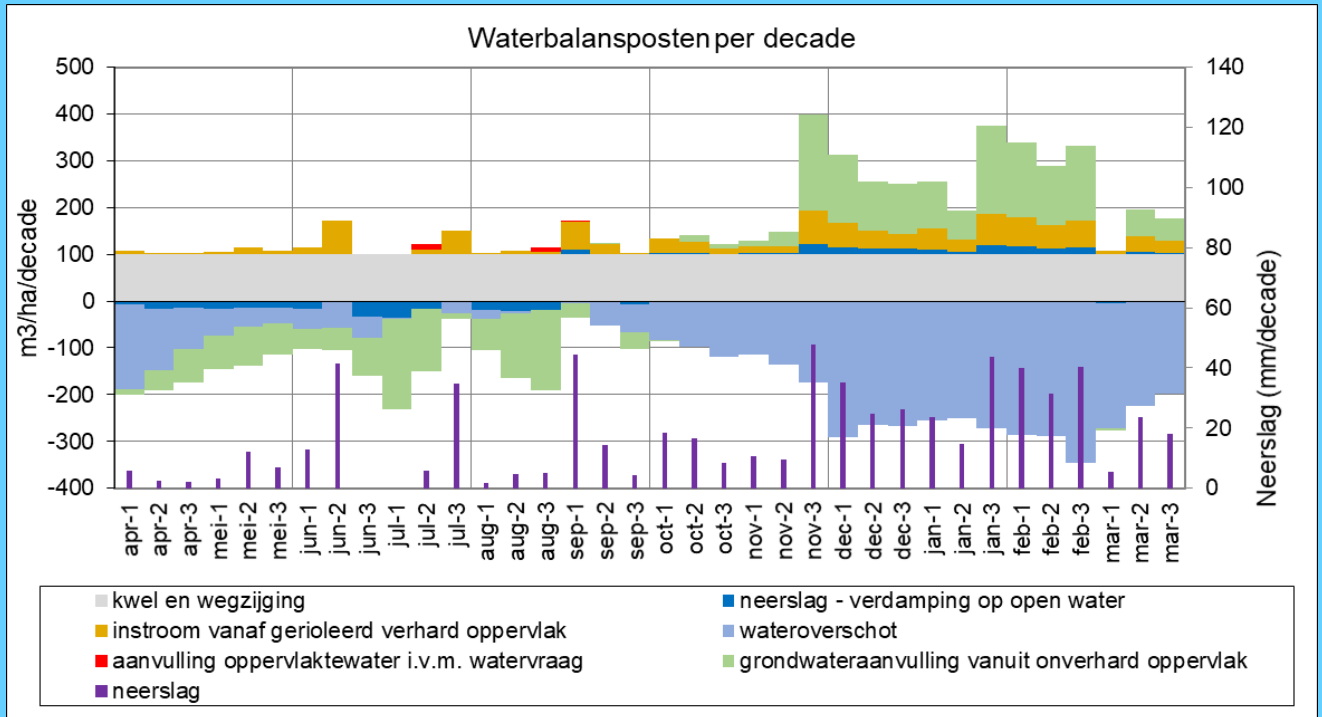
Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied, nu en in 2050 en 2085?



Door de kwel is de watervraag in het rivierkleilandschap klein. Alleen in de suburbane en stedelijke gebieden is er in het extreem droge jaar een watervraag, omdat hier meer groen aanwezig is.

Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?

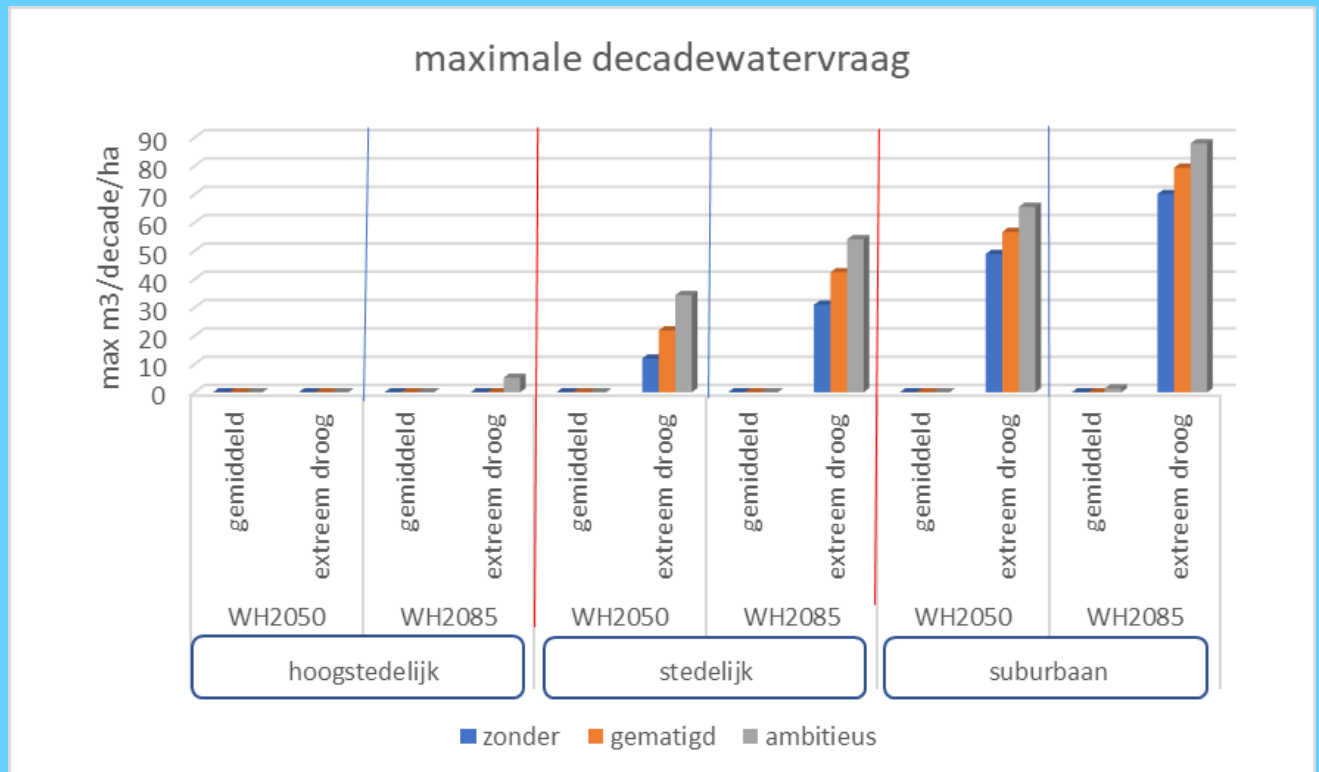
De figuur laat zien wat de bijdrage is van de verschillende balansposten per decade voor het klimaatscenario WH2050 voor stedelijk gebied in een extreem droog jaar.



De term 'aanvulling oppervlaktewater' in het rood, geeft de watervraag in het stedelijk gebied weer voor dit scenario in een extreem droog jaar. Het grootste deel van het jaar is er een wateroverschot (lila). Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de kwel van 1 mm/d (100 m3/ha/decade). Dit laat zien hoe gevoelig het rivierkleigebied voor de hoeveelheid kwel/wegzijing is. Wanneer er wegzijing is, zal er een watervraag optreden.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

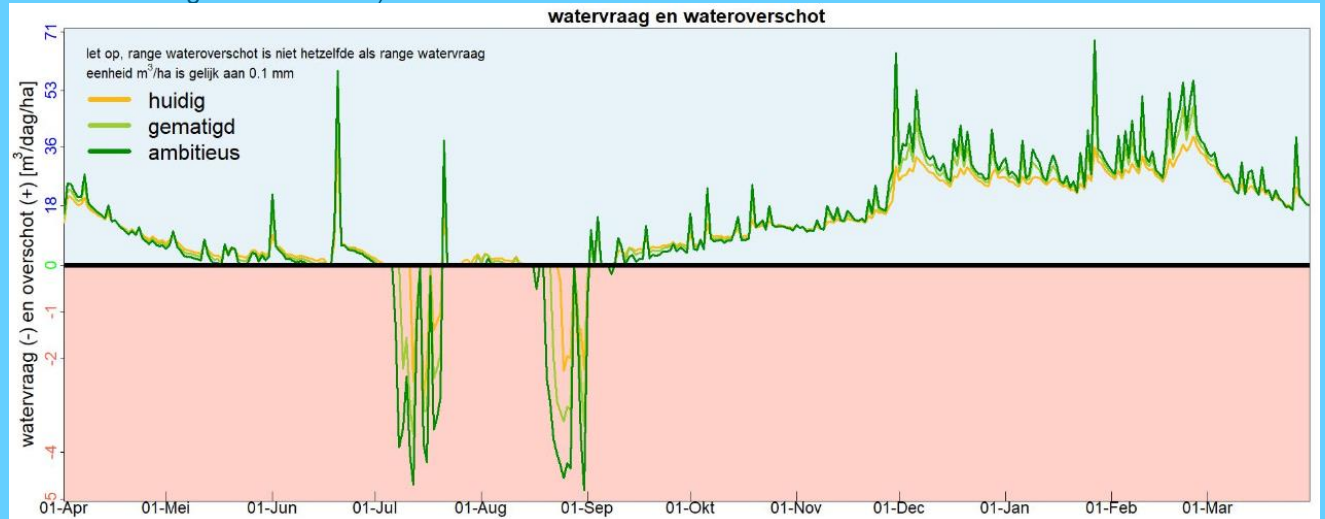
De klimaatadaptatie-maatregelen in dit onderzoek bestaan uit vergroenen, afkoppelen⁷, waterdoorlatende verharding, groene daken en toename open water. Er is onderscheid gemaakt in een 'gematigd' en een 'ambitieuw' maatregelenpakket (zie § 3.5). In onderstaande figuur is de maximale watervraag in een decade weergegeven voor de drie stedelijke inrichtingen en het WH klimaatscenario voor de twee zichtjaren 2050 en 2085. (De procentuele toename van de watervraag als gevolg van de maatregelen is hier niet weergegeven omdat er in de situatie zonder maatregelen geen watervraag is, waardoor de procentuele toename niet kan worden weergegeven.)



De maatregelenpakketten leiden in het rivierkleilandschap tot een toename van de maximale watervraag in een extreem droog jaar. De toename van de infiltratiemogelijkheden door extra groen en extra waterdoorlatende verharding is onvoldoende om de watervraag van het extra groen te compenseren - zeker in droge perioden.

⁷ N.B.: Voor het rivierkleilandschap is ervan uitgegaan dat bij afkoppelen het hemelwater afstroomt naar het oppervlaktewater en dus niet wordt geïnfilteerd in de ondergrond. Na een bui is dit hemelwater afgevoerd uit het gebied. Het oppervlaktewaterpeil wordt immers constant gehouden waardoor daar niet wordt gebufferd. Het afgekoppelde hemelwater is daarom niet beschikbaar voor het grondwater en het groen en heeft derhalve geen reducerende invloed op de watervraag.

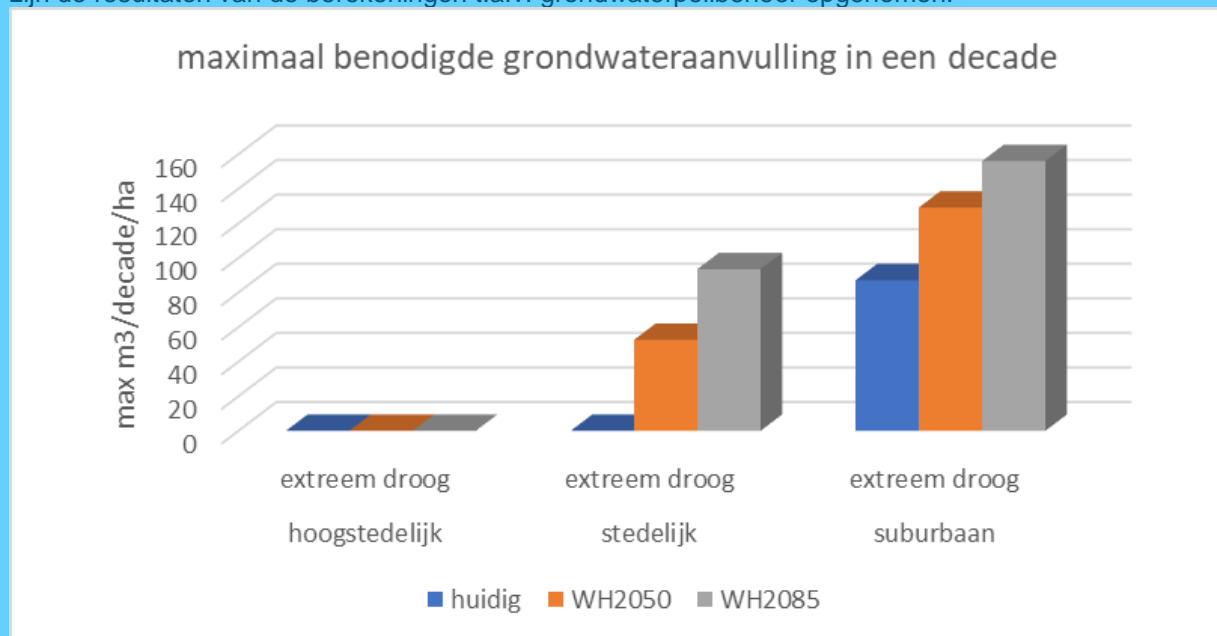
De figuur hieronder geeft het verloop op dagbasis weer van watervraag (-) en wateroverschot (+) voor WH 2050 klimaatscenario in een extreem droog jaar bij een stedelijke inrichting. (Let op: verschil is schaal op Y-as voor watervraag en -overschot.)



Beide maatregelenpakketten zorgen voor een toename van de watervraag tijdens droge periodes omdat er meer groen is. Het wateroverschot neemt bij neerslag juist toe doordat hemelwater van afgekoppeld oppervlak direct naar het oppervlaktewater afstroomt en dus niet wordt vastgehouden of vertraagd afgevoerd.

Hoeveel extra water heb ik nodig om het uitzakken van de grondwaterstand te beperken middels grondwaterpeilbeheer?

Hieronder is het maximaal benodigde debiet (m³/decade/ha) aan grondwateraanvulling weergegeven om een minimaal vereiste grondwaterstand niet te onderschrijven. Deze minimaal vereiste grondwaterstand verschilt in dit onderzoek zowel per landschapstypologie als per stedelijke inrichting. Zie Bijlage A4.2.2. In bijlage A5.3.2 zijn de resultaten van de berekeningen t.a.v. grondwaterpeilbeheer opgenomen.



Wanneer grondwaterpeilbeheer wordt toegepast om de grondwaterstand niet onder een minimum niveau te laten komen, is in de maximale decade 0 tot 150 m³ water nodig. Het minimum niveau is per situatie verschillend, zie hiervoor tabel A4-4 in de bijlage. De benodigde aanvulling is het grootst in suburbaan gebied door de grotere hoeveelheid groen die daar aanwezig is. Door klimaatverandering neemt de benodigde aanvulling sterk toe.

*Welke andere
aandachtspunten
zijn er?*

Rivierkleigebieden hebben vaak te maken met bodemdaling. Het zo veel mogelijk op peil houden van het oppervlaktewaterpeil en daarmee de grondwaterstanden, draagt bij aan het beperken van de bodemdaling. Het borgen van voldoende wateraanvoer is in deze gebieden daarom extra belangrijk.

In de hier gepresenteerde resultaten is voor rivierkleilandschap uitgegaan 1 mm/dag kwel. Als de kwel groter of kleiner is of als er zelfs sprake is van wegzijging, dan beïnvloedt dat de watervraag en het wateroverschot sterk.

In droge periodes kan er onvoldoende water beschikbaar zijn om het oppervlaktewaterpeil op peil te houden. De grondwaterstanden zullen dan nog verder uitzakken dan bij wanneer het oppervlaktewater wel op peil wordt gehouden, waardoor de situatie minder geschikt wordt voor groen, funderingen en bodemdaling.

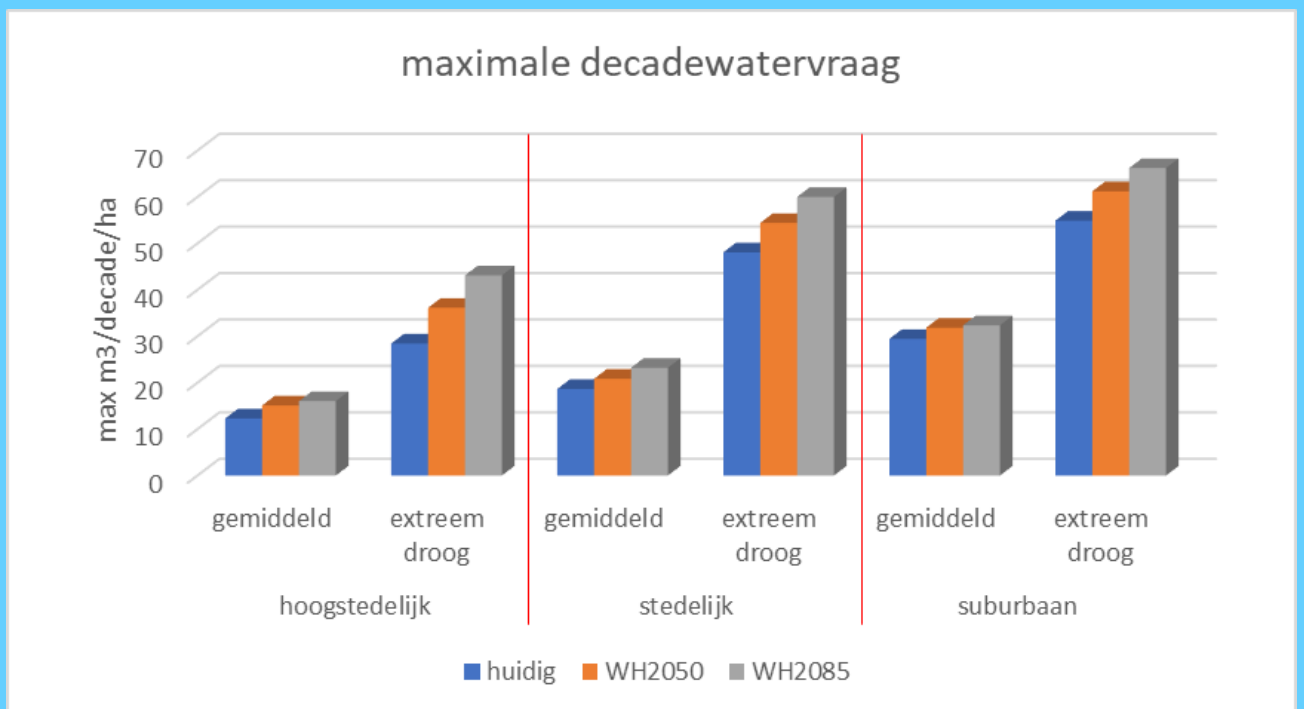
4.2.5 Factsheet Zeekleilandschap



Zeekleilandschap

Het zeekleilandschap is te vinden in grote delen van het laagland van Noord- en West-Nederland. Het zeekleilandschap begint achter de duinen en de zeedijken en loopt tientallen kilometers landinwaarts. Door de kleiige opbouw van de bodem kan water niet eenvoudig infiltreren in en draineren uit de bodem. Er is relatief veel oppervlaktewater aanwezig waar vaste streefpeilen in worden gehanteerd (ook in droge periodes). Er is in de analyses uitgegaan van afwezigheid van kwel of wegzijging.

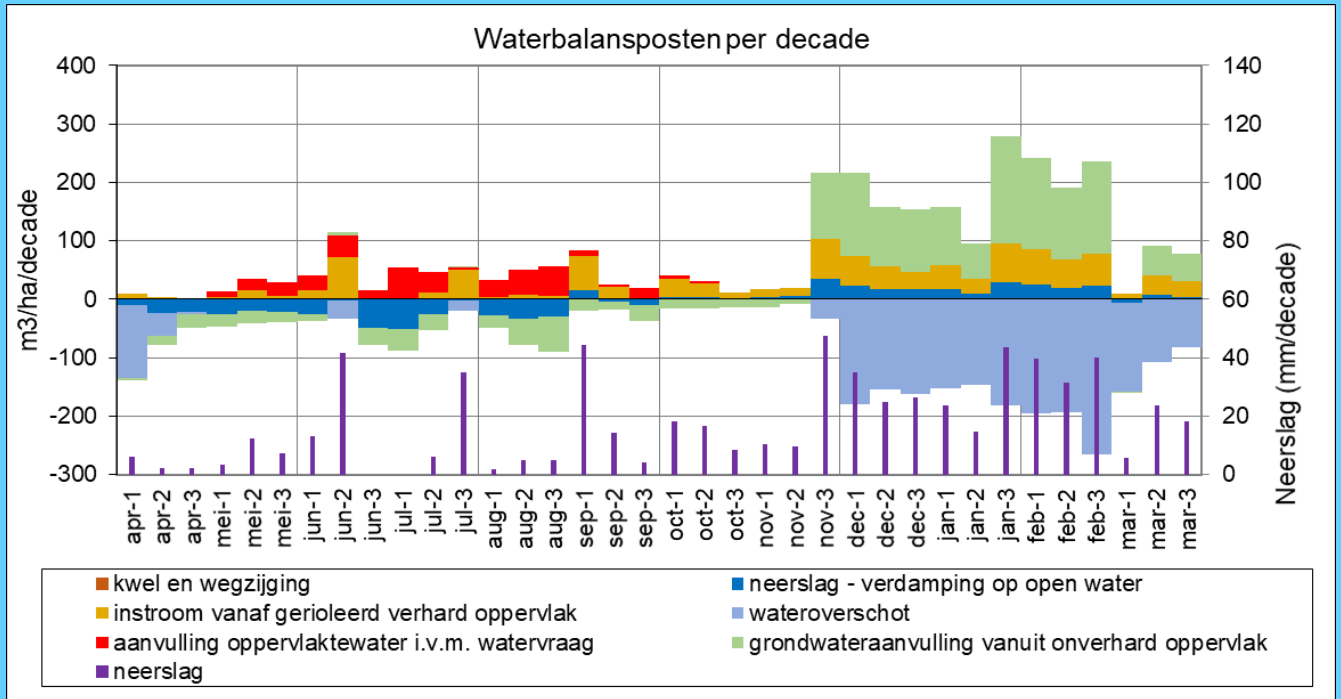
Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied, nu en in 2050 en 2085?



Door klimaatverandering neemt de watervraag sterk toe (10-35%). In absolute zin is de watervraag echter relatief gering. Het zeekleilandschap reageert snel op neerslag en verdamping. Bij een korte periode zonder neerslag is er snel een watervraag terwijl deze ook snel weer weggewerkt is bij een korte periode met neerslag.

Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?

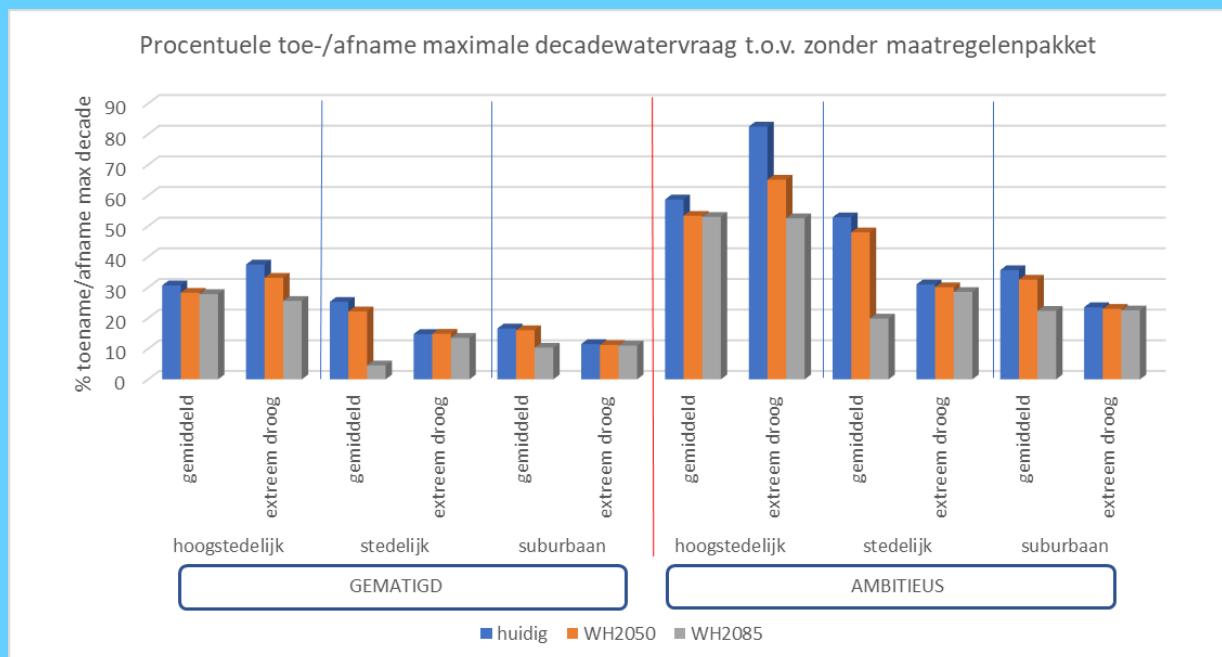
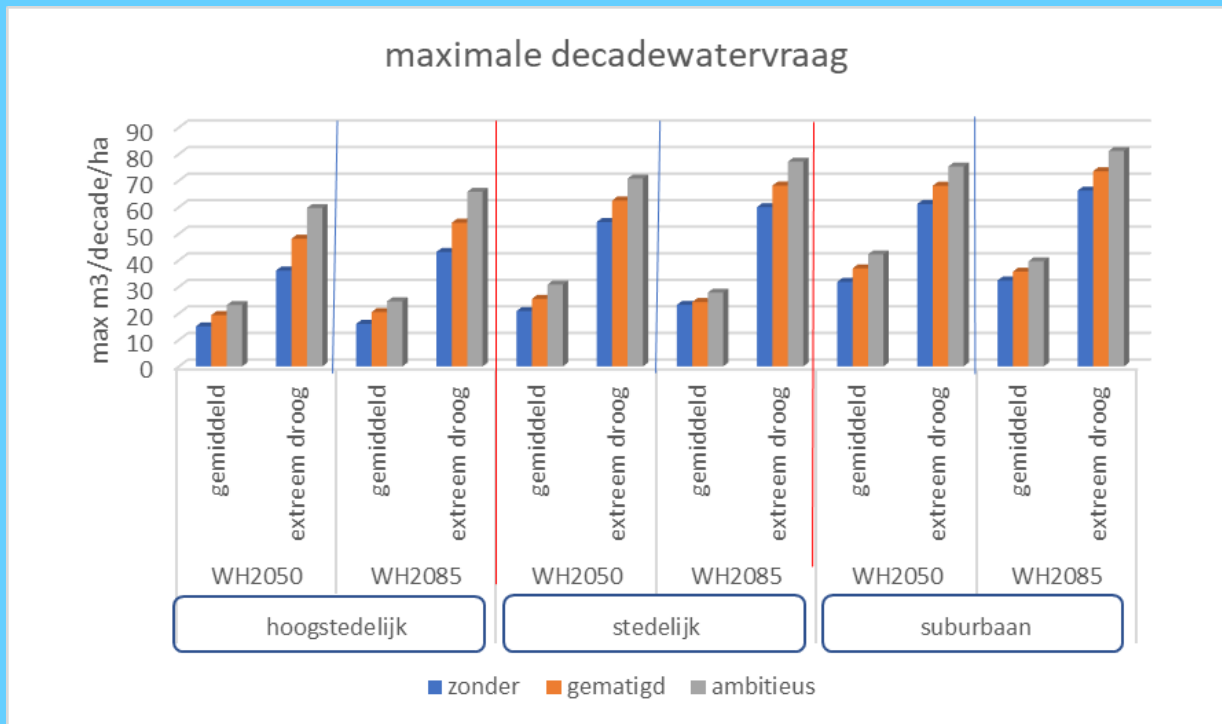
De figuur laat zien wat de bijdrage is van de verschillende balansposten per decade voor het klimaatscenario WH2050 voor stedelijk gebied in een extreem droog jaar.



De term 'aanvulling oppervlaktewater' in het rood, geeft de watervraag in het stedelijk gebied weer voor dit scenario in een extreem droog jaar. In het zomerhalfjaar is er een watervraag (rood). In het winterhalfjaar is er een wateroverschot (lichtblauw) (dat beduidend groter is dan de watervraag bedraagt in het zomerhalfjaar).

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

De klimaatadaptatie-maatregelen in dit onderzoek bestaan uit vergroenen, afkoppelen⁸, waterdoorlatende verharding, groene daken en toename open water. Er is onderscheid gemaakt in een 'gematigd' en een 'ambitieuw' maatregelenpakket (zie § 3.5). Hieronder is de maximale watervraag in een decade weergegeven voor de 3 stedelijke inrichtingen en het WH klimaatscenario voor 2050 resp. 2085. De bovenste figuur geeft de maximale watervraag in absolute waarde (m³/ha/decade). De onderste toont de procentuele toename van de watervraag als gevolg van de maatregelenpakketten.

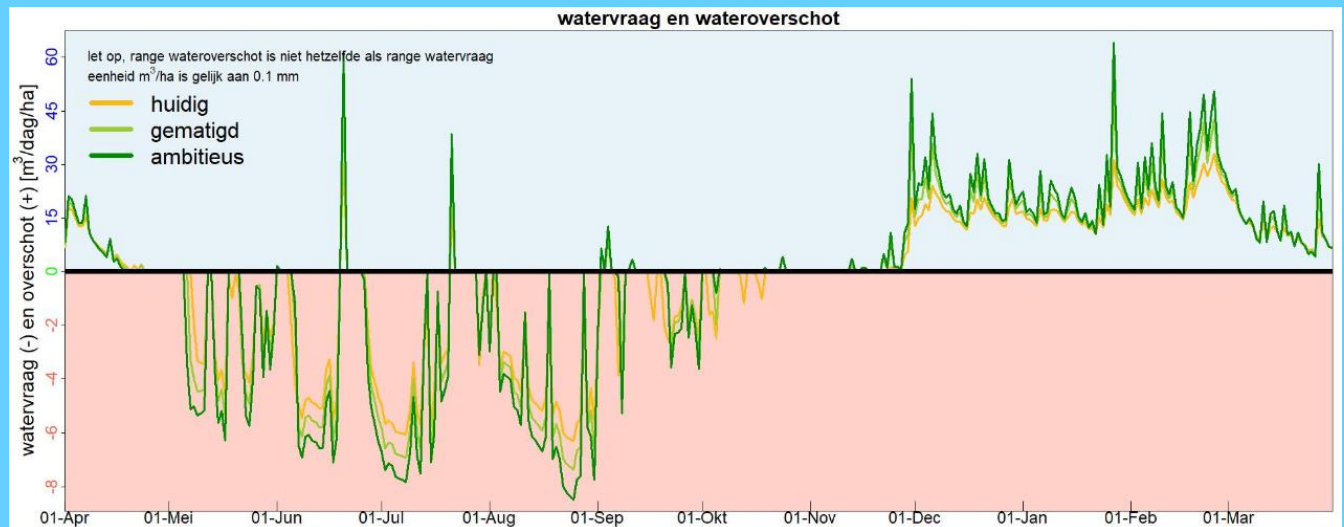


⁸ N.B.: Voor het zeekleilandschap is ervan uitgegaan dat bij afkoppelen het hemelwater afstroomt naar het oppervlaktewater en dus niet wordt geïnfilterd in de ondergrond. Na een bui is dit hemelwater afgevoerd uit het gebied. Het oppervlaktewaterpeil wordt immers constant gehouden waardoor daar niet wordt gebufferd. Het afgekoppelde hemelwater is daarom niet beschikbaar voor het grondwater en het groen en heeft derhalve geen reducerende invloed op de watervraag.

De maatregelenpakketten leiden in het zeeleilandschap tot een toename van de maximale watervraag. De toename van de infiltratiemogelijkheden door extra groen en extra waterdoorlatende verharding is onvoldoende om de watervraag van het extra groen te compenseren - zeker in droge perioden.

De impact van het ambitieuze pakket op de maximale decadewatervraag is in een extreem droog jaar ongeveer het dubbele van de impact van het gematigde pakket. De procentuele toename van de maximale watervraag is in hoogstedelijk gebied het grootst - ca. 80% in een extreem droog jaar.

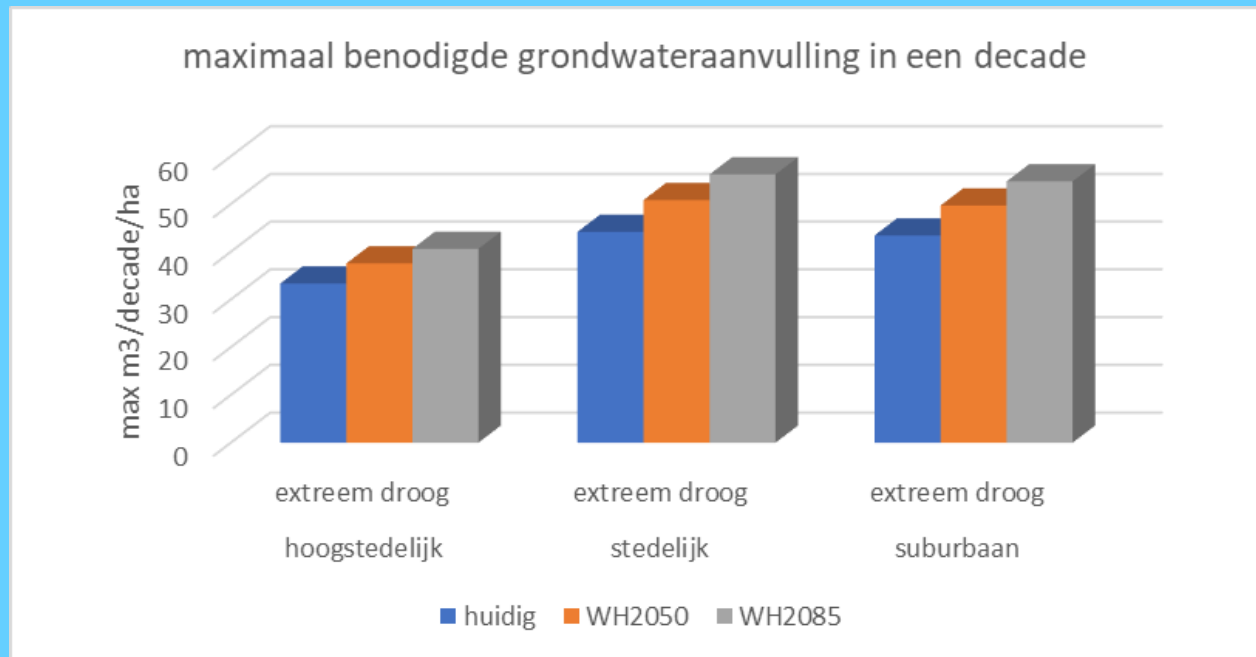
De figuur hieronder geeft het verloop op dagbasis weer van watervraag (-) en wateroverschot (+) voor WH 2050 klimaatscenario in een extreem droog jaar bij een stedelijke inrichting. (Let op: verschil is schaal op Y-as voor watervraag en -overschot.)



Beide maatregelenpakketten zorgen voor een toename van de watervraag tijdens droge periodes omdat er meer groen is. Het wateroverschot neemt bij neerslag juist toe doordat hemelwater van afgekoppeld oppervlak direct naar het oppervlaktewater afstroomt en dus niet wordt vastgehouden of vertraagd afgevoerd.

Hoeveel extra water heb ik nodig om het uitzakken van de grondwaterstand te beperken middels grondwaterpeilbeheer?

Hieronder is het maximaal benodigde debiet (m³/decade/ha) aan grondwateraanvulling weergegeven om een minimaal vereiste grondwaterstand niet te onderschrijden. Deze minimaal vereiste grondwaterstand verschilt in dit onderzoek niet alleen per landschapstypologie, maar ook per stedelijke inrichting. Zie Bijlage A4.2.2. In bijlage A5.3.2 zijn de resultaten van de berekeningen t.a.v. grondwaterpeilbeheer opgenomen.



Wanneer grondwaterpeilbeheer wordt toegepast om de grondwaterstand niet onder een minimum niveau te laten komen, is in de maximale decade circa 30 tot 50 m³ water per hectare nodig. De verschillen tussen de inrichtingsvarianten zijn beperkt, de benodigde aanvulling is het grootst in suburbaan gebied door de grotere hoeveelheid groen die daar aanwezig is.

Door klimaatverandering neemt de benodigde aanvulling en daarmee ook licht toe.

Welke andere aandachtspunten zijn er?

Zeekleigebieden hebben vaak te maken met bodemdaling. Het zo veel mogelijk op peil houden van het oppervlaktewaterpeil en daarmee de grondwaterstanden, draagt bij aan het beperken van deze bodemdaling. Het borgen van voldoende wateraanvoer is in deze gebieden daarom extra belangrijk.

In de hier gepresenteerde resultaten is voor zeekleilandschap uitgegaan van afwezigheid van kwel of wegzijging. Als er wél sprake is van kwel of wegzijging, dan beïnvloedt dat de watervraag en het wateroverschot sterk.

4.2.6 Factsheet Veenlandschap



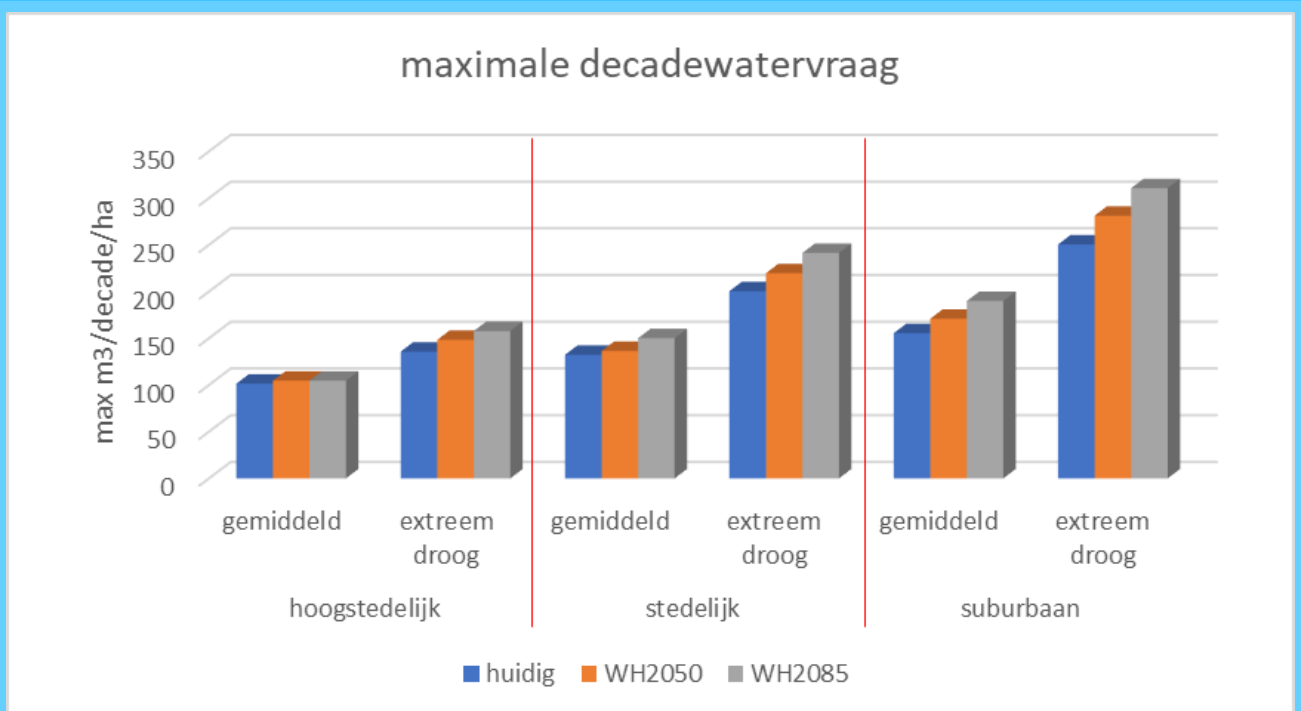
Illustratie Frank Wesselingh, Naturalis

Veenlandschap

Het overgrote deel van de veengebieden is ontgonnen. Omdat deze gebieden van oudsher nat zijn, zijn er vaak dichte netwerken van sloten aanwezig, die voor een goede afwatering moeten zorgen. Daardoor is er in het veengebied veel open water (10% in de berekeningen). Het oppervlaktewaterpeil ligt vaak vlak onder het maaiveld en wordt ook in droge periodes op peil gehouden. (In de berekeningen is uitgegaan van 0,5 m onder maaiveld.) Hierdoor liggen de grondwaterstanden ook hoog en is er weinig berging in de bodem.

De geringe berging in de bodem maakt dat neerslag slechts in beperkte mate kan worden gebufferd in de ondergrond. Daardoor kan er relatief kort na een neerslagdag alweer sprake zijn van watervraag. De ondiepe grondwaterstand - in combinatie met de goede capillaire werking van veen - maakt dat er altijd water beschikbaar is voor het groen (ook voor ondiep wortelend gras). Dat bevordert - ook in droge tijden - de verdamping en daarmee de watervraag.

Wat is de piekvraag in mijn stedelijk gebied, nu en in 2050 en 2085?

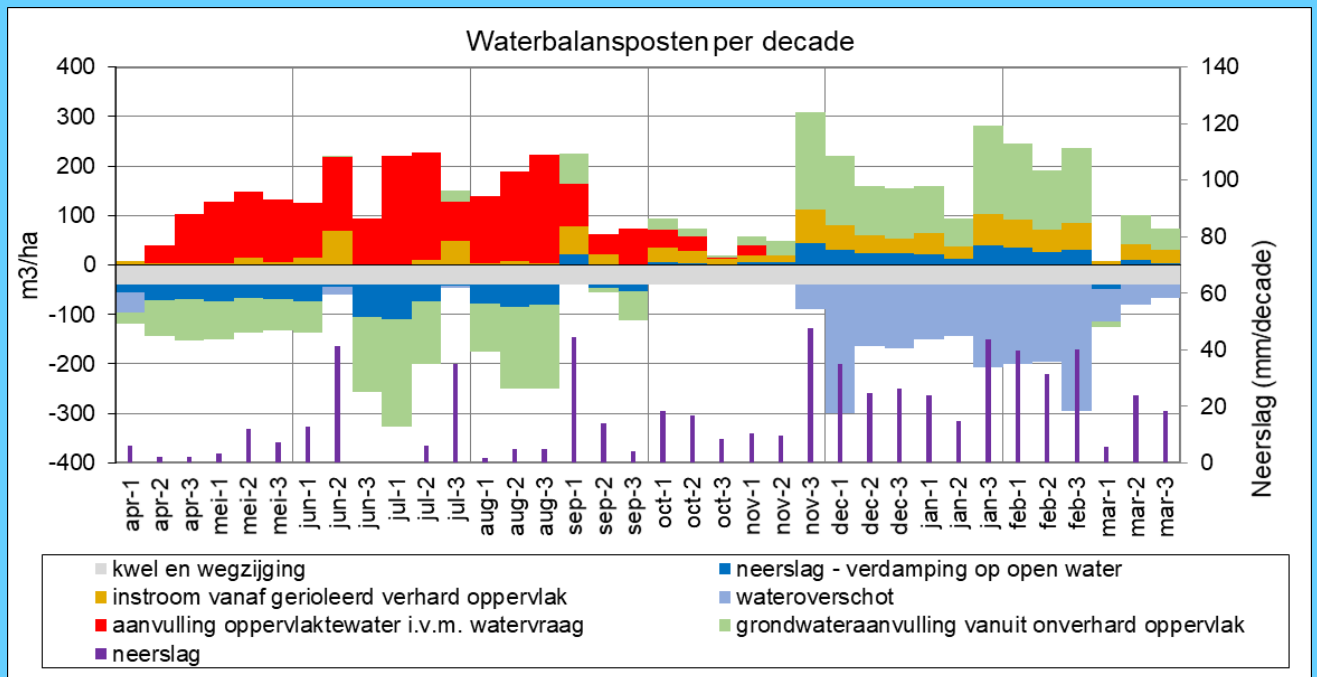


Door klimaatverandering neemt de watervraag toe met 10 tot 20%.

Suburbane gebieden hebben de grootste watervraag omdat hier meer groen aanwezig is.

De toename (als gevolg van klimaatverandering) van de maximale watervraag is in suburbane gebieden het grootst - zowel procentueel als in absolute waarde.

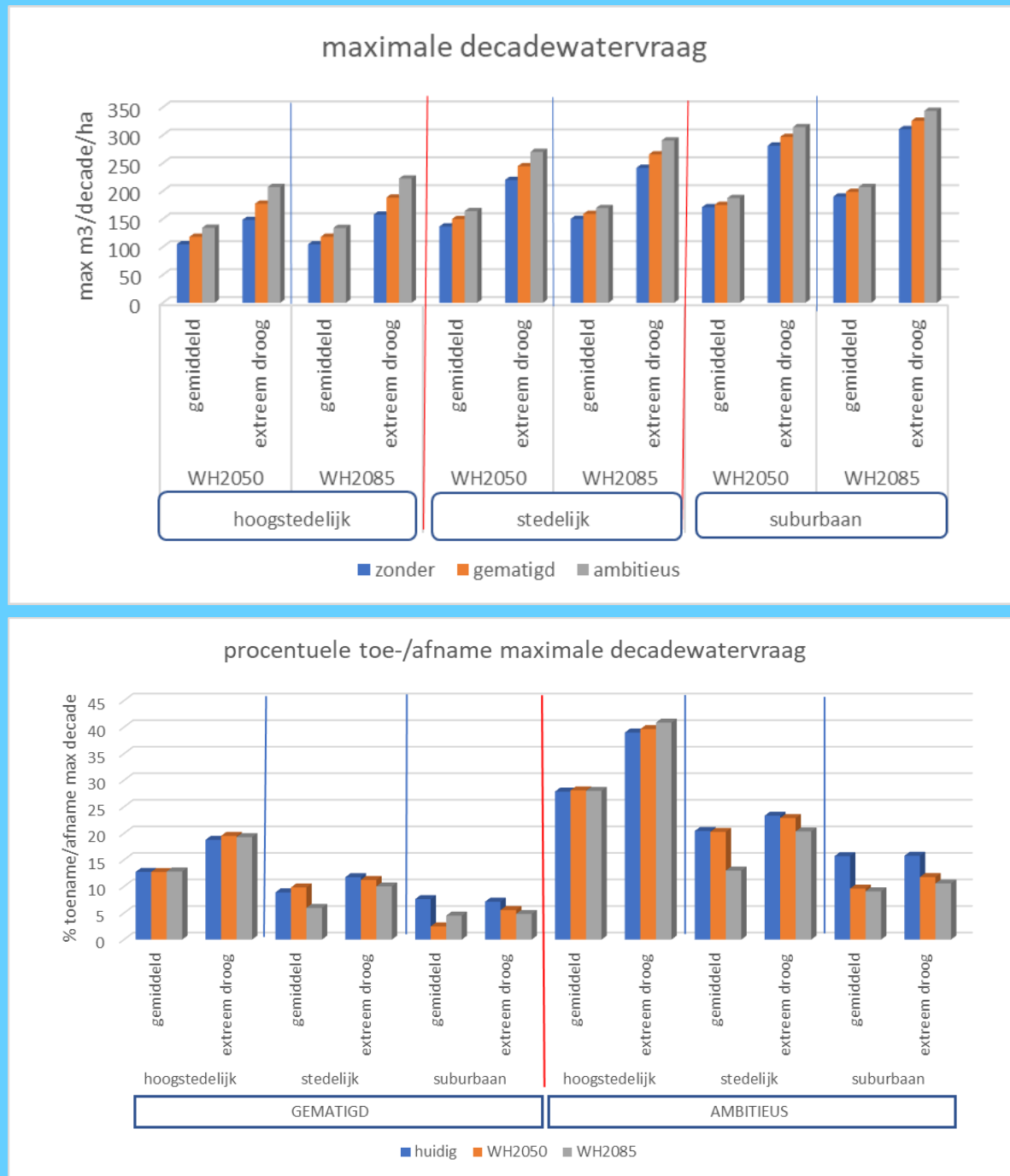
Wat zijn de waterbalansposten per decade (WH 2050 stedelijk gebied)?



De term 'aanvulling oppervlaktewater' in het rood, geeft de watervraag in het stedelijk gebied weer voor dit scenario in een extreem droog jaar. De wegzijging (hier aangehouden op 0,4 mm/d ofwel (100 m3/ha/decade) vergroot in het zomerhalfjaar de watervraag en beperkt in het winterhalfjaar het wateroverschot. Er is alsnog in het winterhalfjaar sprake van een substantieel wateroverschot (lichtblauw). Gezien dit overschot kan er gedacht worden aan seizoensberging om de watervraag te verminderen.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

De klimaatadaptatiemaatregelen in dit onderzoek bestaan uit vergroenen, afkoppelen⁹, waterdoorlatende verharding, groene daken en toename open water. Onderscheid is gemaakt tussen een 'gematigd' en een 'ambitueus' maatregelenpakket (zie § 3.5). Hieronder is de maximale watervraag in een decade weergegeven voor de 3 stedelijke inrichtingen en het WH klimaatscenario voor 2050 resp. 2085. De bovenste figuur geeft de maximale watervraag in absolute waarde (m³/ha/decade). De onderste toont de procentuele toename van de watervraag als gevolg van de maatregelenpakketten.



⁹ N.B.: Voor het veenlandschap is ervan uitgegaan dat bij afkoppelen het hemelwater afstroomt naar het oppervlaktewater en dus niet wordt gefiltreerd in de ondergrond. Na een bui is dit hemelwater afgevoerd uit het gebied. Het oppervlaktewaterpeil wordt immers constant gehouden waardoor daar niet wordt gebufferd. Het afgekoppelde hemelwater is daarom niet beschikbaar voor het grondwater en het groen en heeft derhalve geen reducerende invloed op de watervraag.

Wat is de impact van klimaatadaptatiemaatregelen?

De maatregelenpakketten leiden in veenlandschap tot een grotere maximale watervraag. De toename van de infiltratiemogelijkheden door extra groen en extra waterdoorlatende verharding is onvoldoende om de watervraag van het extra groen te compenseren - zeker in droge perioden.

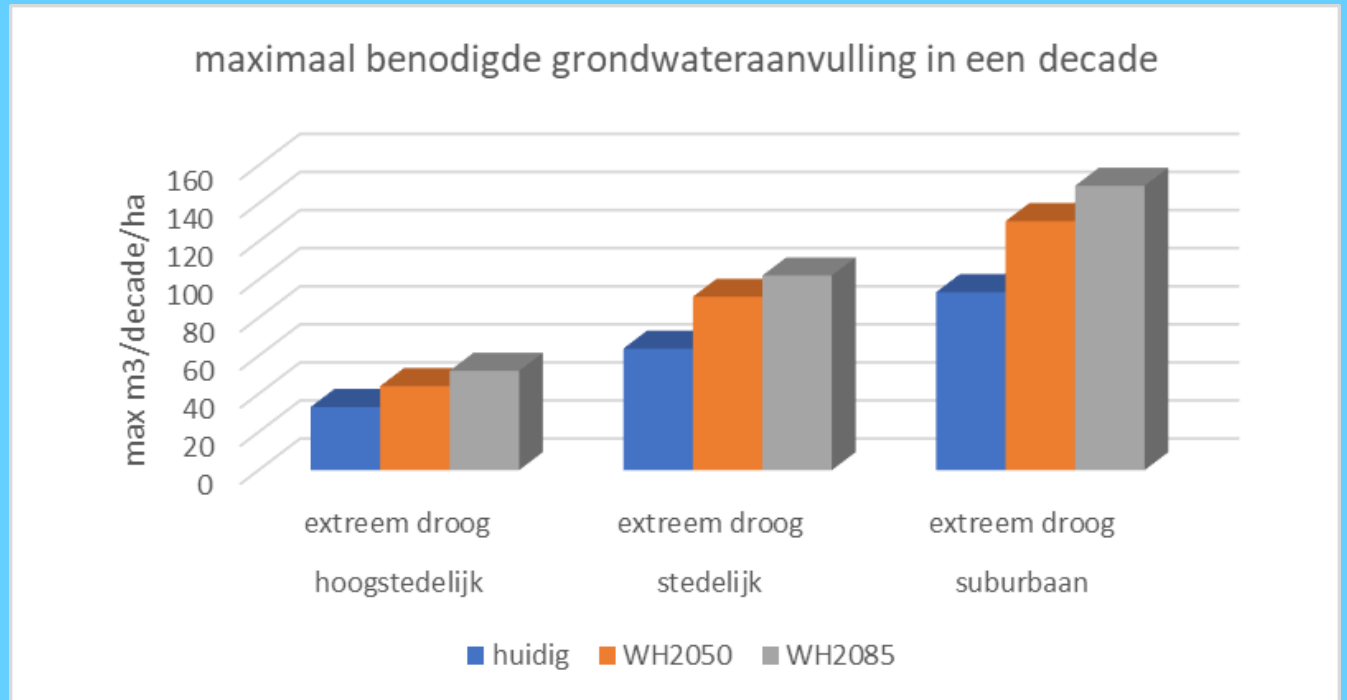
De impact van het ambitieuze pakket op de maximale decadewatervraag verdubbelt t.o.v. van de impact van het gematigde pakket. In hoogstedelijk gebied leiden de maatregelen - zowel procentueel (tot wel 40%) als in absolute waarde - tot de grootste toename van de maximale watervraag.

De figuur hieronder geeft het verloop op dagbasis weer van watervraag (-) en wateroverschot (+) voor WH 2050 klimaatscenario in een extreem droog jaar bij een stedelijke inrichting. (Let op: verschil is schaal op Y-as voor watervraag en -overschot). Ook het effect van de maatregelenpakketten is weergegeven. Het is ook te zien dat er in het zomerhalfjaar vooral sprake is van watervraag en in het winterhalfjaar van wateroverschot.



Hoeveel extra water heb ik nodig om het uitzakken van de grondwaterstand te beperken middels grondwaterpeilbeheer?

Hieronder is het maximaal benodigde debiet (m³/decade/ha) aan grondwateraanvulling weergegeven om een minimaal vereiste grondwaterstand niet te onderschrijden. Deze minimaal vereiste grondwaterstand verschilt in dit onderzoek niet alleen per landschapstypologie, maar ook per stedelijke inrichting. Zie Bijlage A4.2.2. In bijlage A5.3.2 zijn de resultaten van de berekeningen t.a.v. grondwaterpeilbeheer opgenomen.



Wanneer grondwaterpeilbeheer wordt toegepast om de grondwaterstand niet onder een minimum niveau te laten komen, is in de maximale decade circa 30 tot 150 m³ water per hectare nodig in een extreem droog jaar. Het minimum niveau is per situatie verschillend, zie hiervoor tabel A4-4 in de bijlage. De benodigde aanvulling is het grootst in suburbaan gebied door de grotere hoeveelheid groen die daar aanwezig is. Door klimaatverandering neemt de benodigde aanvulling toe.

Welke andere aandachtspunten zijn er?

Er dient altijd rekening gehouden te worden met de lokale omstandigheden. Het veenlandschap heeft te maken met bodemdaling. Het zo veel mogelijk op peil houden van het oppervlaktewaterpeil en daarmee de grondwaterstanden, draagt bij aan het beperken van de bodemdaling. Het borgen van voldoende wateraanvoer is in deze gebieden daarom extra belangrijk.

In de hier gepresenteerde resultaten is voor veenlandschap uitgegaan 0,5 mm/dag wegzijging. Als de wegzijging groter of kleiner is of als er zelfs sprake is van kwel, dan beïnvloedt dat de watervraag en het wateroverschot sterk.

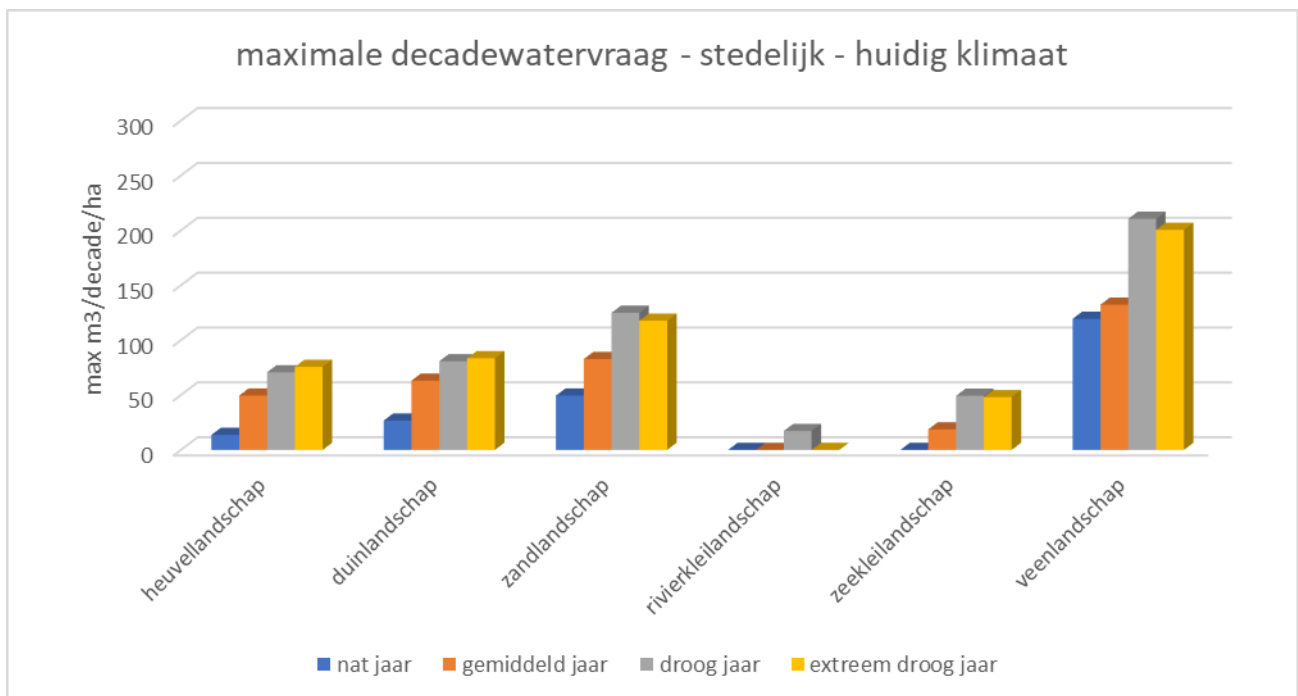
In dit onderzoek is voor het veenlandschap geen rekening gehouden met ophoging met zand in de bebouwde gebieden. De aanwezigheid van een ophooglaag vergroot de bergingscapaciteit van de bodem. Dit kan de toename van de watervraag beperken.

4.3 Synthese

In de factsheets in § 4.2 kwamen de landschappen een voor een aan bod. In deze paragraaf vergelijken we de landschappen onderling en gaan we ook apart in op kwel en wegzijging, stedelijke inrichting, klimaatadaptatiemaatregelen, variaties binnen een landschapstype, rioolvreemd water, afvalwater en doorspoelen van oppervlaktewater.

4.3.1 Landschappen en maximale watervraag

In figuur 4-1 is voor elk van de 6 landschappen de maximale berekende watervraag per decade weergegeven voor het huidige klimaat en de vier beschouwde meteorologische jaren: nat, gemiddeld, droog en zeer droog. Hieruit volgt een groot verschil tussen de landschappen en tussen de meteorologische jaren.



Figuur 4-1: Verschillen in de maximale watervraag per decade per landschapstype bij stedelijke inrichting in het huidige klimaat

Opvallend is dat de maximale watervraag voor een aantal landschappen in het beschouwde extreem droge jaar kleiner is dan in het droge jaar. Dat komt doordat de maximale watervraag niet alleen afhankelijk is van de totale neerslag of het maximale neerslagtekort in een jaar. In het beschouwde extreem droge jaar vielen tijdens een lange droge periode twee buien die de geleidelijk toenemende watervraag reduceerden. Het effect daarvan verschilt per landschap.

De hoog gelegen landschappen (**heuvel landschap**, **duin landschap** en **zand landschap**) laten een watervraag zien in alle meteorologische jaren. Dit komt omdat deze landschappen met wegzijging te maken hebben. Die wegzijging wordt in het model aangevuld om het oppervlaktewaterpeil op niveau te houden. In de praktijk is het uitzakken van het waterniveau bij deze landschappen vaak toegestaan en levert dat niet direct problemen op omdat het risico op bodemdaling kleiner is en er geen houten funderingspalen van gebouwen zijn. Consequentie is dan wel dat er minder water beschikbaar is voor het groen dan in de situatie dat het oppervlaktewaterpeil gelijk zou worden gehouden. Dit hoeft niet te betekenen dat het groen een droge periode niet overleeft, maar door de verminderde verdamping door het groen wordt ook de temporiserende werking op hittestress verminderd.

In extreem droge situaties kan de grondwaterstand in de hoog gelegen landschappen ook dusdanig uitzakken (verder dan de historisch laagste opgetreden grondwaterstanden) dat dieper gelegen leem- en kleilagen kunnen inklinken. Dit kan gevolgen hebben voor panden met funderingen op staal.

In het **rivierkleilandschap** is er in het huidige klimaat alleen een watervraag in een droog jaar. Alleen in het beschouwde droge jaar is er een watervraag berekend. In het natte en het gemiddelde jaar is de aanvulling door kwel voldoende om het waterniveau op peil te houden. In het extreem droge jaar waren twee buien (in combinatie met de kwel) in een verder droge periode voldoende om watervraag te voorkomen. In het **zeekleilandschap** is in tegenstelling tot het rivierkleilandschap geen kwel (en ook geen wegzijging) verondersteld. Daarom is daar - op het natte jaar na - wél sprake van watervraag.

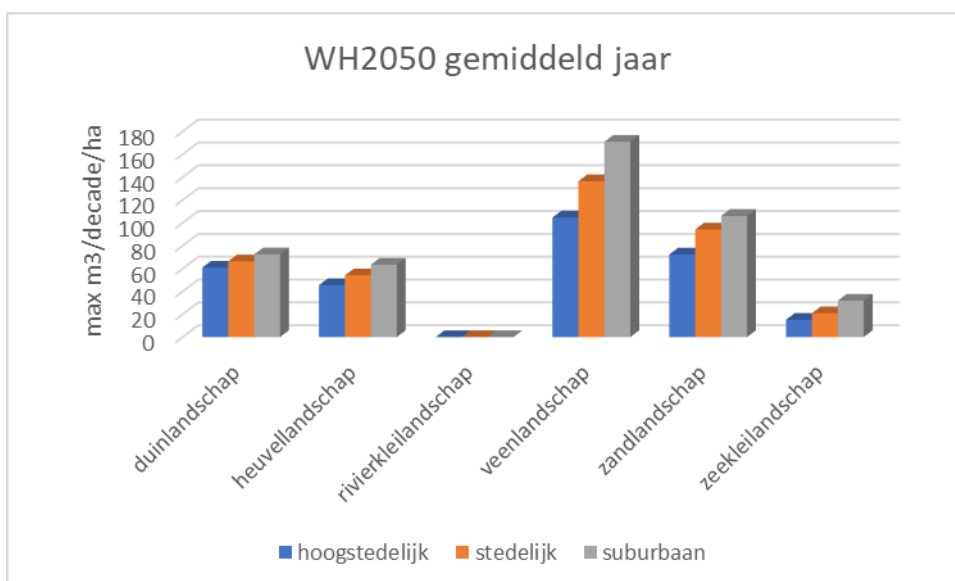
In het **veenlandschap** is de grootste maximale watervraag zichtbaar. Dit komt omdat er in veenlandschappen doorgaans wegzijging optreedt die aangevuld moet worden om het oppervlaktewaterniveau op peil te houden. Daarnaast is er in het veenlandschap meer oppervlaktewater aanwezig en is de drooglegging relatief klein. Dat - in combinatie met de goede capillaire werking van veen - maakt dat er vaak ruimschoots water beschikbaar voor het groen en is er nauwelijks beperking voor de verdamping via groen.

4.3.2 Kwel en wegzijging

Het optreden van kwel of wegzijging heeft grote invloed op de berekende watervraag. In dit onderzoek is de hoeveelheid kwel of wegzijging constant gehouden per landschap, ook in de tijd. In werkelijkheid varieert deze lokaal en in de tijd. Zo zijn in een rivierkleilandschap ook wegzijgingsgebieden en in een zandlandschap onderaan een stuwwal ook kwelgebieden. Dit heeft een grote invloed op het resultaat.

4.3.3 Stedelijke inrichting

Voor de landschappen met een grote drooglegging en wegzijging (duin- en heuvellandschap) geldt dat de onderlinge verschillen tussen de inrichtingsvarianten relatief klein zijn. Dit komt door de diepe ligging van de grondwaterstanden waardoor minder verdamping plaatsvindt in combinatie met dat er in deze landschappen relatief eenvoudig water in de bodem kan infiltreren. In het veen-, zeeklei- en zandlandschap zijn de verschillen groter. In figuur 4-2 is de watervraag van de maximale decade weergegeven voor WH2050 klimaatscenario voor een gemiddeld jaar.



Figuur 4-2: Invloed van stedelijke inrichting op de maximale watervraag bij gemiddeld jaar WH2050

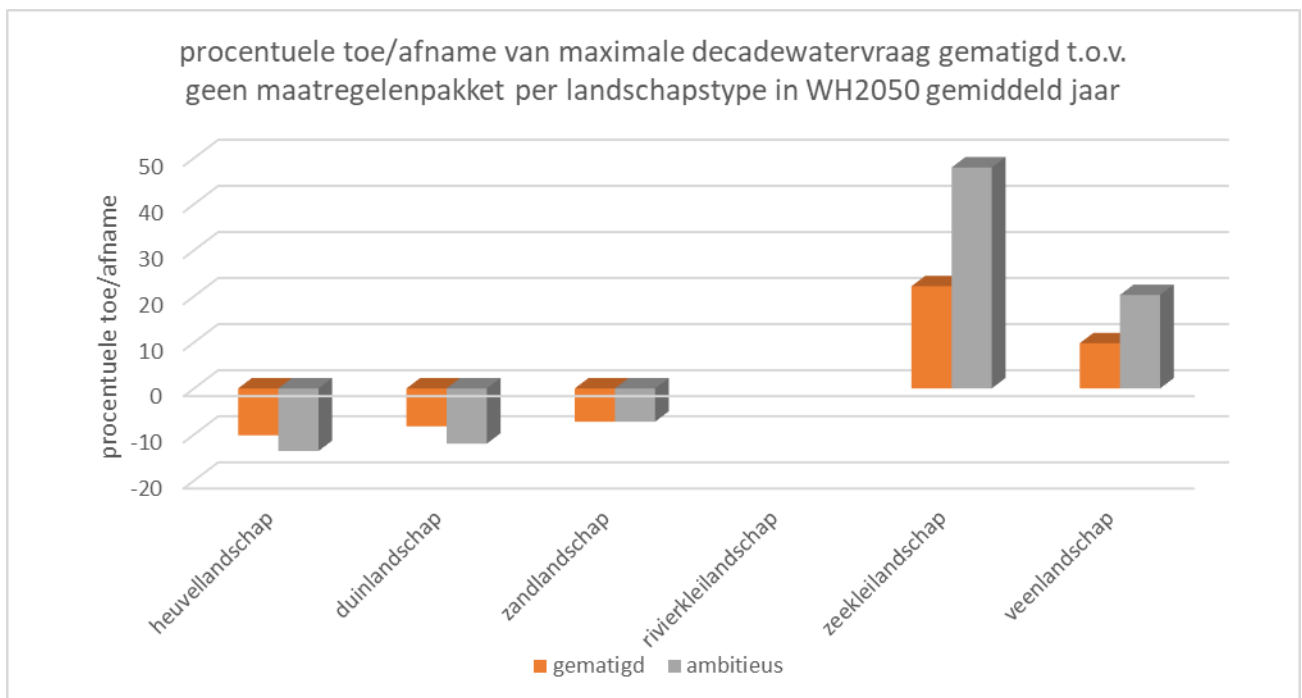
In alle landschappen geldt dat de suburbane inrichtingsvariant de grootste watervraag heeft. Dit komt doordat de extra verdamping als gevolg van extra groen - zeker in droge perioden - niet voldoende wordt gecompenseerd door extra infiltratie van onverhard oppervlak.

4.3.4 Invloed klimaatadaptatiemaatregelen

De invloed van de pakketten met klimaatadaptatiemaatregelen is in figuur 4-3 in beeld gebracht met de stedelijke inrichting voor een gemiddeld jaar in het WH2050 klimaatscenario.

- In de drie zandlandschappen neemt de watervraag af met 7 – 10% met een gematigd pakket en met 7 – 13% met een ambitieus pakket.
- In het zeekleilandschap treedt de grootste verandering op. Bij het gematigde pakket neemt de watervraag met 22% toe en bij het ambitieuze pakket met 45%.
- In het veenlandschap neemt de watervraag toe met 10% bij een gematigd pakket en met 20% bij een ambitieus pakket.
- Voor het rivierkleilandschap is de watervraag zowel met als zonder maatregelenpakket nul.

Verschillen worden veroorzaakt doordat water in de zandlandschappen beter infiltreert in de bodem dan in klei- en veenlandschappen en door de wijze van afkoppelen van het verhard oppervlak. Voor zandlandschappen zijn we van het infiltreren van het hemelwater van afgekoppelde oppervlakken uitgegaan en voor veen- en kleilandschappen van afvoer van het hemelwater naar het oppervlaktewater. Bij afkoppelen naar oppervlaktewater wordt het hemelwater direct afgevoerd uit het gebied. Het oppervlaktewaterpeil wordt in de berekeningen immers constant gehouden waardoor daar niet wordt gebufferd. Het afgekoppelde hemelwater is daarom niet beschikbaar voor het grondwater en het groen en heeft derhalve geen reducerende invloed op de watervraag.



Figuur 4-3: Invloed van klimaatadaptatiemaatregelen op de maximale watervraag bij gemiddeld jaar WH2050. Voor het rivierkleilandschap is de watervraag zowel met als zonder maatregelenpakket nul.

4.3.5 Variatie binnen landschapstype

Binnen een landschapstype is er veel variatie in de kenmerken die de watervraag bepalen. Zowel de bodemsamenstelling als bijvoorbeeld de kwel c.q. wegzijging, de drooglegging en de hoeveelheid open water kunnen lokaal sterk verschillen en dat kan grote impact hebben op de watervraag. Die verschillen kunnen ook binnen een stedelijk gebied van wijk tot wijk groot zijn. Bij de vertaling van de resultaten van dit onderzoek naar een specifieke situatie is het daarom belangrijk die variatie in ogenschouw te nemen en waar nodig met een maatwerk-analyse een inschatting te maken van de werkelijk te verwachten watervraag.

4.3.6 Afvalwaterketen

In hoofdstuk 2 kwam naar voren dat rioolvreemd water (water dat onbedoeld in het riool komt) een grote post kan zijn in de waterbalans van stedelijk gebied. Dit rioolvreemde water is veelal afkomstig van oppervlaktewater dat via lekke of te lage overstortconstructies het riool instroomt of van grondwater dat via lekke riolen binnentreedt. Vervolgens wordt dit water met het afvalwater van huishoudens en bedrijven naar de afvalwaterzuivering gevoerd. Daarmee wordt het onttrokken aan het stedelijke watersysteem. De impact hiervan op de daadwerkelijke watervraag van een gebied kan zeer groot zijn. (Zelfde ordegrrootte als kwel en wegzijging.) Het terugdringen van de hoeveelheid rioolvreemd water kan bij een groot aandeel rioolvreemd water flink bijdragen aan de vermindering van de watervraag. Ook de afvalwaterstroom is groot (zie hoofdstuk 2) in vergelijking met andere posten van de stedelijke waterbalans Dit water verdwijnt nu uit het stedelijke watersysteem naar de afvalwaterzuivering.

4.3.7 Doorspoelen oppervlaktewater

Droogte en hitte kunnen de oppervlaktewaterkwaliteit verslechteren. Doorspoelen van stedelijk oppervlaktewater kan dan gewenst zijn om de waterkwaliteit te verbeteren. Door klimaatverandering zal de doorspoelbehoefte in laag Nederland verder toenemen. De hoeveelheid water die nodig is om door te spoelen kan van dezelfde orde zijn van de berekende benodigde watervraag voor kwantiteit. De impact van doorspoelen op de totale watervraag kan dus groot zijn. . (Zie bijlage A4.).

5 Aan de slag

We hebben geconstateerd dat klimaatverandering, adaptatiemaatregelen die we daarvoor treffen en andere ontwikkelingen een grote impact kunnen hebben op de watervraag van stedelijk gebied. Maatregelen tegen hittestress (creëren van extra groen) kunnen een extra watervraag veroorzaken. Tegelijkertijd kan extra water juist gewenst zijn om het stedelijk water door te spoelen ten behoeve van de waterkwaliteit.

Of een toenemende watervraag ook daadwerkelijk een probleem zal zijn verschilt per locatie. In dit hoofdstuk schetsen wij mogelijke stappen om voor een specifiek stedelijk gebied aan de slag te gaan met 'Klimaat en Watervraag en Stedelijk Gebied'.

5.1 Lokale watervraag en waterbeschikbaarheid

Als eerste stap kan met de resultaten van dit onderzoek een inschatting worden gemaakt van hoe de watervraag zich in een specifiek stedelijk gebied gaat ontwikkelen:

- Stedelijk gebied opdelen in deelgebieden met (ongeveer) gelijke kenmerken met betrekking tot stedelijke inrichting, ondergrond en hydrologische kenmerken.
 - Hectares hoogstedelijk, stedelijk en suburbaan gebied.
 - Daarbinnen een verdere onderverdeling:
 - Type ondergrond (zand, klei, veen - ophoogzand).
 - Drooglegging.
 - Kwel en wegzijging.
- N.B.: Zoals eerder aangegeven kan de variatie binnen een stedelijk gebied groot zijn.
- Hierbij ook toekomstige ontwikkelingen in beschouwing nemen. (Zie § 5.2.).
 - Met deze kenmerken kan een eerste inschatting worden gemaakt van de maximale watervraag.
 - Per deelgebied met gelijke kenmerken:
 - Welk landschapstype komt hier het best mee overeen en wat is daarvan de maximale watervraag voor een gemiddeld, droog en zeer droog jaar - nu en in de toekomst?
 - Bij afwijkende kenmerken: indicatieve correctie van de watervraag op basis van de in bijlage A4.3 opgenomen gevoeligheidsanalyse. (Bruikbaar voor een grove indicatie - niet voor locatiespecifiek maatwerk.)
 - Sommeren naar totalen voor het stedelijk gebied.

Nu de watervraag (indicatief) bekend is kan worden getoetst of aan deze vraag kan worden voldaan.

- Wij bevelen aan om hierbij aan te sluiten bij het proces van de zoetwaterregio's.
- Nader onderzoek nodig?
 - Indien voor de beschouwde (toekomstige) situatie de waterbeschikbaarheid op basis van bovengenoemde stappen ruim voldoende is, is vooralsnog geen nader onderzoek nodig.
 - Als er een knelpunt kan worden verwacht m.b.t. de beschikbaarheid van zoetwater kan het gewenst zijn om de watervraag voor de lokale situatie nauwkeuriger in beeld te brengen. Dat is ook afhankelijk van de mogelijke impact en urgentie (zie § 5.3).
- Nader onderzoek.
 - Een betere inschatting kan worden gemaakt door (bijvoorbeeld met het voor het voorliggende onderzoeksrapport gebruikte model STUW) doorrekenen van de watervraag voor de deelgebieden met hun specifieke kenmerken.
 - Eventueel kunnen daar ook het regionale grondwatersysteem en oppervlaktewater-systeem bij worden betrokken.

5.2 Ontwikkelingen

Bij het inschatten van de toekomstige watervraag is het van belang om (niet alleen wat klimaatverandering betreft) ver vooruit te kijken en daarbij voor de verschillende aspecten een realistische bandbreedte te beschouwen:

- Hoe ontwikkelt de waterinfrastructuur en het gebruik daarvan zich? (Oppervlaktewater, riolering, grondwater, drinkwater, ...)
- Hoe gaat het stedelijk gebied zich ontwikkelen en welke overige ontwikkelingen, zoals verdichting, energietransitie, bodemdaling, ect., kunnen de watervraag beïnvloeden? (Zie bijlage A4.4.)
- Welke effecten hebben klimaatadaptatiemaatregelen op de watervraag?

5.3 Impact inschatten - Urgentie?

Als er inderdaad een knelpunt dreigt tussen watervraag en waterbeschikbaarheid is het van belang om een eerste inschatting te maken van de impact van dit knelpunt en daarmee van de urgentie om het knelpunt. Bijvoorbeeld:

- Leidt de discrepantie tussen watervraag en -beschikbaarheid tot schade aan groen?
- Neemt de hittestress toe c.q. zijn te treffen hittestressmaatregelen minder effectief? En wat is daarvan de impact voor bewoners en bedrijven?
- Kan een verlaging van de grondwaterstand leiden tot paalrot van funderingen?
- Kan bodemdaling optreden door oxidatie van veen en/of samendrukken van slappe lagen in de ondergrond?

5.4 Handelingsperspectief

Als een knelpunt dreigt tussen watervraag en waterbeschikbaarheid kunnen - eerst op basis van kengetallen - mogelijke opties in beeld worden gebracht. Bijvoorbeeld:

- Extra aanvoer van zoetwater.
- (Seizoens)berging om (eventueel) wateroverschot uit de winter - of van piekbuien in de zomer - te kunnen bufferen voor gebruik bij watervraag. (Kan berging buiten het stedelijk gebied worden gecreëerd?)
- Hoeveelheid rioolvreemd water reduceren (en daarmee de watervraag verkleinen).
- Afvalwater lokaal zuiveren en in het stedelijk gebied houden.
- Reduceren van de (toename van de) watervraag - door aanpassing van (klimaatadaptatie)-maatregelen.

Hierbij is het van belang om niet alleen naar maatregelen en ontwikkelingen voor de korte of middellange termijn te kijken, maar ook te onderzoeken hoe e.e.a. doorwerkt op de lange termijn - tot bijvoorbeeld 2050.

5.5 Haalbaarheid, Draagvlak en Strategie

In het (DPRA) traject van risicodialoog en uitvoeringsagenda kunnen kwetsbaarheden, belangen en prioriteiten in beeld worden gebracht en afgewogen om tot een breed gedragen strategie te komen voor de watervraag in stedelijk gebied en de risico's op watertekort. Wij bevelen aan om hierbij afstemming te zoeken met de processen van waterbeschikbaarheid uit het Deltaprogramma Zoetwater.

A1 Samenstelling BC en team RHDHV

De begeleidingscommissie voor dit project bestaat uit:

Voorzitter:

Han Frankfort, Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA), Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, han.frankfort@minienw.nl

Leden:

Kees Broks, STOWA, broks@stowa.nl

Thuy Do, VNG, gemeente Rotterdam, tt.do@Rotterdam.nl

Marco Hoogvliet, Deltares, marco.hoogvliet@deltares.nl

Dolf Kern, Deltaprogramma Zoetwater (DPZW), Hoogheemraadschap Rijnland, dolf.kern@deltacommissaris.nl, is in de eindfase van het onderzoek opgevolgd door:

Matthijs Bonte, Deltaprogramma Zoetwater (DPZW), Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, matthijs.bonte@minienw.nl

Hilde Westera, Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA), Rijkswaterstaat, hilde.westera@rws.nl

Het projectteam van RHDHV bestaat uit:

Projectleider

Wouter Stapel, adviseur stedelijk water, wouter.stapel@rhdhv.com

Leden:

Danny Heuvelink, modelleur watersystemen, danny.heuvelink@rhdhv.com

Ingrid Jensen, grondwaterspecialist, ingrid.jensen@rhdhv.com

Rineke Hulsman, oppervlaktewaterspecialist, rineke.hulsman@rhdhv.com

A2 Methodiek waterbalans

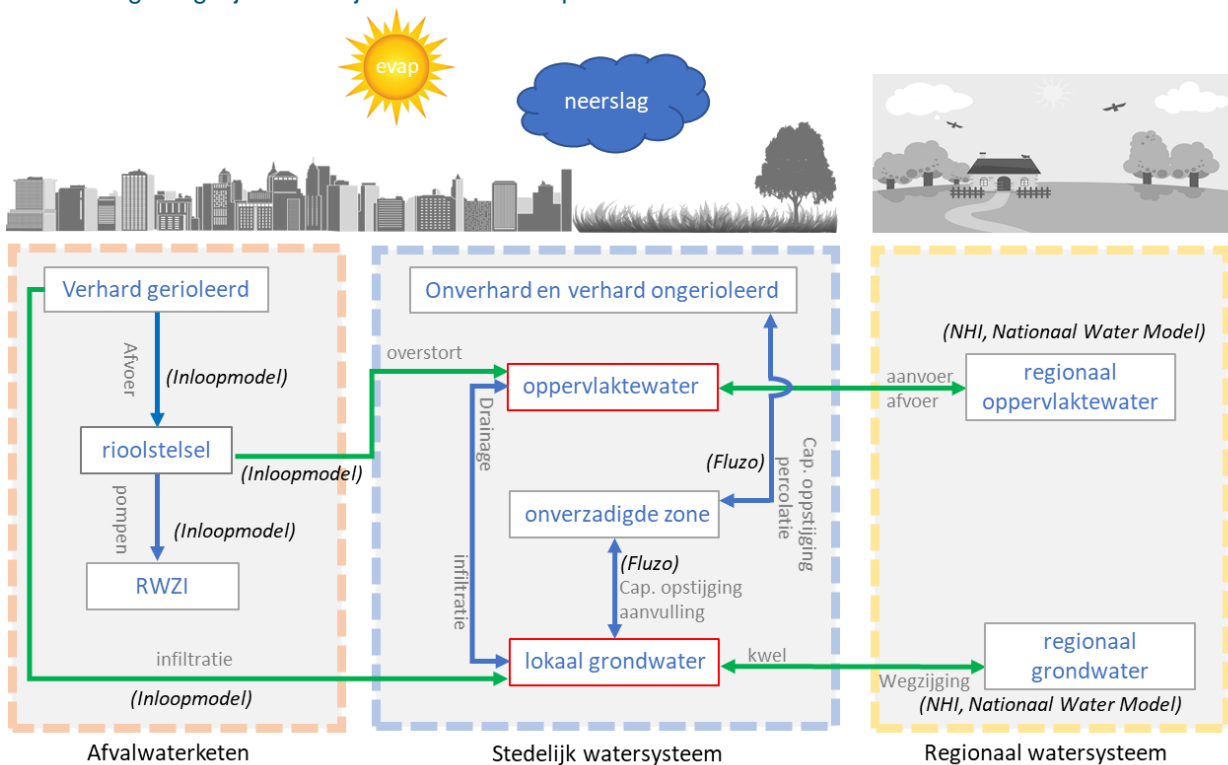
In deze bijlage wordt de methodiek van waterbalans-model STUW (Stedelijke Uniforme Waterbalans) toegelicht.

Het waterbalansmodel is opgezet als conceptueel model met verschillende bakjes, waartussen uitwisseling plaats kan vinden. De rekenkern van het model is opgezet in Excel. Op dagbasis wordt uitgerekend hoeveel water er het oppervlaktewatersysteem en het grondwatersysteem in- en uitgaan, evenals de onderlinge uitwisseling tussen het oppervlaktewater- en het grondwatersysteem.

Het model wordt gevoed door neerslag. De neerslag op onverhard terrein stroomt via verschillende afvoerroutes naar het grondwater en oppervlaktewatersysteem. De neerslag op gerioleerd verhard gebied voert af via het rioolstelsel, waarvoor een inloopmodel is opgezet. Met het inloopmodel wordt gesimuleerd hoe neerslag op verhard terrein afvoert naar de riolering of infiltreert in de bodem. Ook wordt bepaald of er vanuit de riolering overstorten op het open water optreden.

De interactie tussen het lokale grondwater en het regionale grondwater vindt plaats door kwel en wegzijging. De hoeveelheid water die moet worden ingelaten naar het oppervlaktewaterbakje vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem is de uiteindelijke watervraag. Wanneer er water moet worden uitgelaten vanuit het oppervlaktewaterbakje naar het regionale oppervlaktewatersysteem, is er sprake van een wateroverschot,

In onderstaande figuur (Figuur A2-1) is het overzicht te vinden van de waterbalansposten die zijn beschouwd in dit onderzoek. In de middelste kolom is het stedelijk watersysteem zichtbaar. Met pijlen is aangegeven welke uitwisselingen er mogelijk zijn tussen de waterbalansposten. Per onderdeel lichten we de waterbalansposten kort toe. We leggen uit hoe deze zijn gemodelleerd en wat de uitwisselingsmogelijkheden zijn met de andere posten.



Figuur A2-1 Overzicht balansposten waterbalans en de uitwisselingen tussen de verschillende posten

Stedelijk watersysteem

Neerslag en verdamping

- Neerslag op onverhard en ongerioleerd verhard oppervlak wordt via de onverzadigde zone afgevoerd naar het grondwater.
- Neerslag op open water komt rechtstreeks terecht in het oppervlaktewaterbakje.
- Verdamping van open water vindt rechtstreeks plaats uit het oppervlaktewaterbakje.
- Verdamping van het onverharde oppervlak en het verharde oppervlak dat niet is aangesloten op de riolering vindt plaats via de onverzadigde zone.

Onverhard en ongerioleerd verhard

- Voor het onverharde gebied wordt er onderscheidt gemaakt tussen gras, bomen en struiken.
- Het oppervlak aan onverhard terrein en de verdeling tussen gras, bomen en struiken verschillen per inrichtingsvariant.
- Het oppervlak aan ongerioleerd verhard gebied verschilt per inrichtingsvariant.

Onverzadigde zone

- De onverzadigde zone vormt de verbinding tussen het maaiveld en het lokale grondwatersysteem. De onverzadigde zone is geschematiseerd met onverzadigde zone module Fluzo.
- Fluzo vertaalt de neerslag en verdamping op dagbasis naar de grondwateraanvulling (in mm) afhankelijk van de dikte van de onverzadigde zone. Hieronder volgt een uitleg over Fluzo.

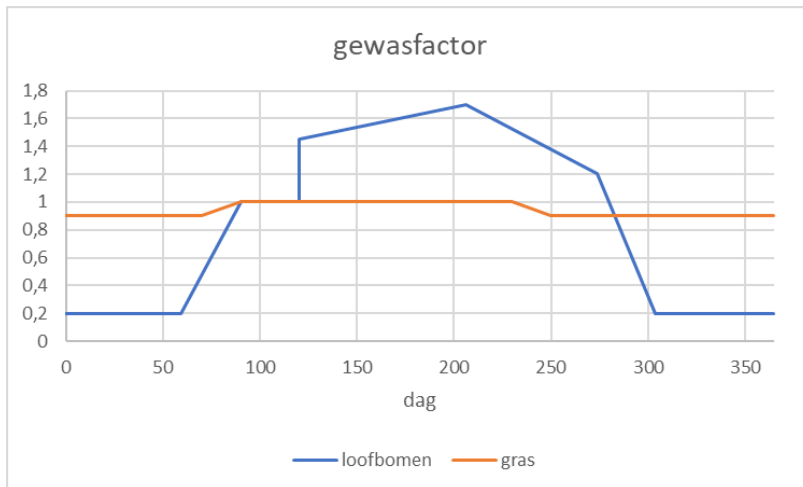
Fluzo

Met de onverzadigde zone module wordt de grondwateraanvulling berekend voor het onverharde oppervlak en voor het niet op riolering aangesloten verhard oppervlak. Fluzo vertaalt de neerslag en verdamping op dagbasis naar de grondwateraanvulling (in mm) afhankelijk van de dikte van de onverzadigde zone. Om de koppeling met het waterbalansmodel te kunnen maken, wordt in Fluzo voor 26 verschillende diktes van de onverzadigde zone berekend wat de grondwateraanvulling is. De dikte van de onverzadigde zone waarvoor Fluzo de grondwateraanvulling berekend varieert van 0,1 m tot 20 m. In het bakjesmodel wordt op basis van de berekende grondwaterstand hier de relevante waarde per dag uit gekozen.

De berekening van de grondwateraanvulling hangt, naast de dikte van de onverzadigde zone, af van de bodem en het landgebruik. De bodemsoort ligt vast in de bodemtypologie. Voor het landgebruik is er per inrichtingsvariant een bepaalde hoeveelheid gras, loofbomen, struiken en niet op riolering aangesloten verharding bepaald. De berekening in Fluzo voor ongerioleerd verhard gebied is gelijk aan die voor gras, omdat Fluzo geen verhard oppervlak kent. In tabel A2-1 zijn de kenmerken voor gras, loofbomen en struiken te vinden.

Tabel A2-1: Kenmerken gras, loofbomen en struiken in Fluzo

	gras	loofbomen	struiken
Gewasfactor	Zie figuur A2-2	Zie figuur A2-2	Gelijk aan loofbomen
Soilcoverage	1	0-1 verloop door de tijd	0-1 verloop door de tijd
Worteldiepte	28 cm	80 cm	40 cm
Max interceptiecapaciteit	0,5 mm	1,5 mm	1,5 mm



Figuur A2-2: Gewasfactor loofbomen en gras gedurende het jaar

Oppervlaktewater

- Het oppervlaktewater wordt gevoed doormiddel van:
 - Neerslag op open water.
 - Drainage van lokaal grondwater, die wordt berekend aan de hand van de grond- en oppervlaktewaterstanden, de drainageweerstand en de natte omtrek van het oppervlaktewatersysteem.
 - Overstort vanuit het rioolstelsel.
 - Aanvoer vanuit het regionale watersysteem (= de watervraag).
 - Indien het peil in het open water onder streefpeil zakt, wordt er zoveel water ingelaten dat het peil in het open water gelijk is aan het streefpeil.
- Het oppervlaktewater voert af doormiddel van:
 - Verdamping van open water.
 - Infiltratie naar het lokale grondwatersysteem, die wordt berekend aan de van de grond- en oppervlaktewaterstanden, de infiltratieweerstand en de natte omtrek van het oppervlaktewatersysteem.
 - Afvoer naar het regionale oppervlaktewatersysteem (= het wateroverschot).
 - Indien het peil in het open water boven het opgelegde streefpeil stijgt, wordt het overtollige water uitgelaten.

Lokaal grondwater

- Het lokale grondwatersysteem wordt gevoed doormiddel van:
 - Kwel afkomstig van het regionale grondwatersysteem, hiervoor zijn per landschapstypologie kengetallen gebruikt.
 - Infiltratie vanuit het oppervlaktewater.
 - Grondwateraanvulling vanuit de onverzadigde zone.
- Het lokale grondwatersysteem voert af doormiddel van:
 - Wegzijing naar het regionaal grondwatersysteem, hiervoor zijn per landschapstypologie kengetallen gebruikt.
 - Drainage naar het oppervlaktewater.
 - Capillaire opstijging naar de onverzadigde zone.

Het waterbalansmodel rekent op dagbasis. In tabel A2-2 zijn de parameters te vinden die gebruikt zijn voor het waterbalansmodel. Een groot aantal van de parameters is afhankelijk van de bodemtypologie en de inrichtingsvariant.

Tabel A2-2: Parameters waterbalansmodel

Parameter	Kengetal of waarde	Eenheid
Oppervlak stedelijk gebied	250000	m ²
Referentieniveau (onderkant bakjesmodel)	-10	m NAP
Aanslagniveau uitlaat	Afh. van bodemtypologie	m NAP
Aanslagniveau inlaat	Afh. van bodemtypologie	m NAP
Percentage open water	Afh. van bodemtypologie	%
Percentage land	Afh. van bodemtypologie	%
Bergingscoëfficiënt open water	1	-
Bergingscoëfficiënt land	Afh. van bodemtypologie	-
Factor verdamping open water	1,25	-
kwel/wegzijing zomer	Afh. van bodemtypologie	mm/d
kwel/wegzijing winter	Afh. van bodemtypologie	mm/d
gemiddelde maaiveldhoogte landdelen	0	m NAP
gemiddelde diepte waterbodem	1	m -waterpeil
drainageweerstand	Afh. van bodemtypologie	dagen
Infiltratieweerstand	Afh. van bodemtypologie	dagen
Op riolering aangesloten oppervlak (inloopmodel)	Afh. van inrichtingsvariant	% van land
Niet op riolering aangesloten oppervlak verhard	Afh. van inrichtingsvariant	% van land
Gras	Afh. van inrichtingsvariant	% van land
Struiken	Afh. van inrichtingsvariant	% van land
Loofbomen	Afh. van inrichtingsvariant	% van land
Initiële grondwaterstand	Afh. van bodemtypologie	m t.o.v. mv
maximale afvoercapaciteit	1E+12	m ³ /d
maximale inlaatcapaciteit	1E+12	m ³ /d
aantal inwoners	Afh. van inrichtingsvariant	inwoners/ha
breedte watergangen	5*	m

* Met BGT bepaalde gemiddelde breedte

Afvalwaterketen

De afvoeren van de afvalwaterketen worden berekend door een instroommodel. Met het instroommodel wordt gesimuleerd hoe neerslag op verhard terrein afvoert naar de riolering of infiltreert in de bodem. Ook wordt bepaald of er vanuit de riolering overstorten op het open water optreden. Het instroommodel bestaat uit 3 gedeeltes; namelijk uit daken, wegverharding en riolering. Neerslag valt op de daken en op de wegverharding. Vanaf de daken stroomt vervolgens het water in de riolering. Vanuit de wegverharding vindt infiltratie plaats (bij open verharding) en stroming richting de

riolering. Ook wordt een deel van het water geborgen op de daken en op de wegverharding. Dit geborgen water kan ofwel verdampen of infiltreren (infiltratie alleen bij open verharding).

Vanuit de riolering wordt het water weggepompt (pompcapaciteit naar RWZI). Wanneer de riolering voller zit dan de maximale bergingscapaciteit stort er water over op het open water.

Het instroommodel rekent met neerslag en verdampingwaardes op uurbasis, omdat de optredende processen een veel kortere tijdschaal hebben dan een dag. De resultaten worden vervolgens geaggregeerd tot dagwaarden voor in het waterbalansmodel. Het resultaat van het instroommodel dat als input wordt gebruikt voor het bakjesmodel is:

- hoeveelheid infiltratie naar het grondwater (mm/d);
- overstort vanuit het riool naar het open water (mm/d).

De onderdelen van het instroommodel worden hieronder toegelicht.

Verhard gerioleerd

- Voor het verharde oppervlak is er onderscheidt gemaakt tussen open verharding (klinkers), gesloten verharding (asfalt) en daken.
- Een deel van de neerslag op verhard oppervlak wordt geborgen, wanneer de neerslaghoeveelheid groter is dan de bergingscapaciteit wordt er afgevoerd naar de riolering.
- Bij open verharding is er ook sprake van infiltratie naar het lokale grondwatersysteem.

Rioolstelsel

- Water dat vanaf het verhard oppervlak in het rioolstelsel stroomt wordt geborgen in het rioolstelsel.
- Vanuit het rioolstelsel wordt het verpompt naar de rioolwaterzuivering (RWZI).
- Wanneer berging in het rioolstelsel gevuld is wordt het overtollige water overgestort naar het oppervlaktewater.

RWZI

- Water dat wordt verpompt naar de RWZI verdwijnt uit het waterbalansmodel en is daarmee een verliesterm.

In onderstaande tabel (Tabel A2-3) zijn de parameters die gebruikt worden in het instroommodel weergegeven. Een groot aantal van de parameters is afhankelijk van de bodemtypologie en de inrichtingsvariant.

Tabel A2-3: Parameters instroommodel

Parameter	Kengetal of waarde	eenheid	Bron
infiltratie gesloten verhard	0	mm/h	1
infiltratie open verhard	2	mm/h	1
infiltratie dak	0	mm/h	1
oppervlakteberging gesloten verhard hellend	0	mm	1
oppervlakteberging gesloten verhard vlak	0.5	mm	1
oppervlakteberging open verhard hellend	0	mm	1
oppervlakteberging open verhard vlak	0.5	mm	1
oppervlakteberging dak hellend	0	mm	1
oppervlakteberging dak vlak	2	mm	1
pompoevercapaciteit gemengd stelsel	0.7	mm/h	2
DWA-pompoevercapaciteit (gemengd en VGS)	0.1	mm/h	
pompoevercapaciteit VGS	0.3	mm/h	3
berging in gemengd stelsel	9	mm	3
berging in verbeterd gescheiden stelsel	4	mm	3
% dak hellend van totale verharding	Afh. van inrichtingsvariant	%	
% dak vlak van totale verharding	Afh. van inrichtingsvariant	%	
% open verharding vlak van totale verharding	Afh. van inrichtingsvariant	%	
% gesloten verharding vlak van totale verharding	Afh. van inrichtingsvariant	%	
Stelseltype	gemengd	-	

1 <https://www.riool.net/defaultwaarden-inloopparameters-inloopmodellen>

2 <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202015/STOWA%202015-05.pdf>

3 <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Riolering2008.pdf>

Regionaal watersysteem

Regionaal oppervlaktewater

- Het regionale oppervlaktewater is niet gemodelleerd, deze term wordt alleen gebruikt voor uitwisseling met het lokale oppervlaktewater.
- Wanneer het lokale oppervlaktewater boven streefpeil uitkomt, wordt er afgevoerd naar het regionale oppervlaktewatersysteem (= wateroverschot).
- Wanneer het lokale oppervlaktewater beneden streefpeil uitkomt, wordt er water ingelaten vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem (=watertekort).

Regionaal grondwater

- Het regionale grondwater is niet gemodelleerd, deze term wordt alle gebruikt voor uitwisseling met het lokale grondwatersysteem.
- Deze uitwisseling vindt plaats door kwel en wegzijging, waarvoor per landschap kengetallen zijn gebruikt.

A3 Kenmerken landschapstypologieën en inrichtingsvarianten

In deze bijlage worden de landschapstypologieën en inrichtingsvarianten toegelicht.

A3.1 Landschapstypologieën

De zes kenmerkende landschapstypen (zie Figuur A3-1) van Nederland hebben elk hun eigen bodemkenmerken.



Figuur A3-1: Landschapstypen in Nederland (bron <http://www.geologievannederland.nl>)

Deze kenmerken kunnen per landschapstype ruimtelijk behoorlijk variëren. We hebben in Tabel A3-1 een overzicht gegeven voor de te hanteren bodemsoort per landschapstype op basis van de daar meest voorkomende bodemsoort. Tevens hebben we hierin het percentage open water opgenomen en of we voor deze typologie uitgaan van vlak of hellend maaiveld (voor de berekening van afstroming van verhard oppervlak naar de riolering).

- De bodemsoort is gebaseerd op de bodemkaart van Nederland (1:50.000) en de beschrijving op [1].
- Het percentage open water is bepaald door per landschapstype drie steden en/of stadsdelen te selecteren. Op basis van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) is het percentage open water bepaald en per landschapstype is dit percentage gemiddeld.
- Voor de helling van het maaiveld hebben we alleen voor heuvellandschap 'hellend' gekozen.
- De kwel/infiltratie is gebaseerd op het LHM3.4.
- De drainage/infiltratieweerstand van de slootbodems zijn gebaseerd op veelgebruikte kentallen in de grondwatermodellering.
- De bergingscoëfficiënt is gebaseerd op de effectieve porositeit. De bandbreedtes van de effectieve porositeit zijn groot, waardoor de waarden voor verschillende bodemsoorten elkaar overlappen.
- Voor het bepalen van de initiële grondwaterstanden is voor de verschillende landschappen bepaald wat de range is waarbinnen de GHG en de GLG liggen (op basis van LHM). Op 1 april zal de grondwaterstand dichterbij de buurt van de GHG liggen. Iteratief zijn vervolgens initiële grondwaterstanden gekozen waarbij in het jaar 2017 (gemiddeld droog) de grondwaterstand aan het eind van de berekening (31 maart) ongeveer op hetzelfde niveau ligt als aan het begin (op 1 april).

- De drooglegging is in principe 1,2 meter (richtwaarde voor drooglegging in stedelijk gebied). Voor veenlandschap is een kleinere drooglegging gekozen omdat de drooglegging hier over het algemeen kleiner dan 0,6 meter is. Voor het duin- en heuvellandschap is juist een grotere drooglegging gekozen. In het heuvelland is gekozen om meer van een beekdal, dan van een plateau uit te gaan omdat er in de beekdalen meer interactie met het oppervlaktewater is.

Tabel A3-1: Kenmerken per landschapstypologie

Typologie	naam typologie	bovengrond	% open water	Vlak/hellend	Kwel/infiltratie mm/d	Drainageweerstand slootbodem (d)	Infiltratieweerstand slootbodem (d)	Bergingscoëfficiënt	Initiële grondwaterstand m - mv	Drooglegging m
1	duinlandschap	leemarm fijn zand of grof zand	1	Vlak	-1	2	4	0,2	-2	2
2	veenlandschap	Kleiig veen op veen	10	Vlak	-0,4	7	14	0,15	-0,4	0,5
3	zeekleilandschap	lichte klei	7,5	Vlak	0	10	20	0,15	-1	1,2
4	rivierkleilandschap	matig lichte zavel op zware zavel	5	Vlak	1	10	20	0,15	-0,9	1,2
5	zandlandschap	leemarm fijn zand	2	Vlak	-1	3	6	0,2	-1	1,2
6	heuvellandschap	siltig leem	1	Hellend	-1	3	6	0,2	-3	3

[1]: <https://www.geologievannederland.nl/ondergrond>, ingezien April 2020

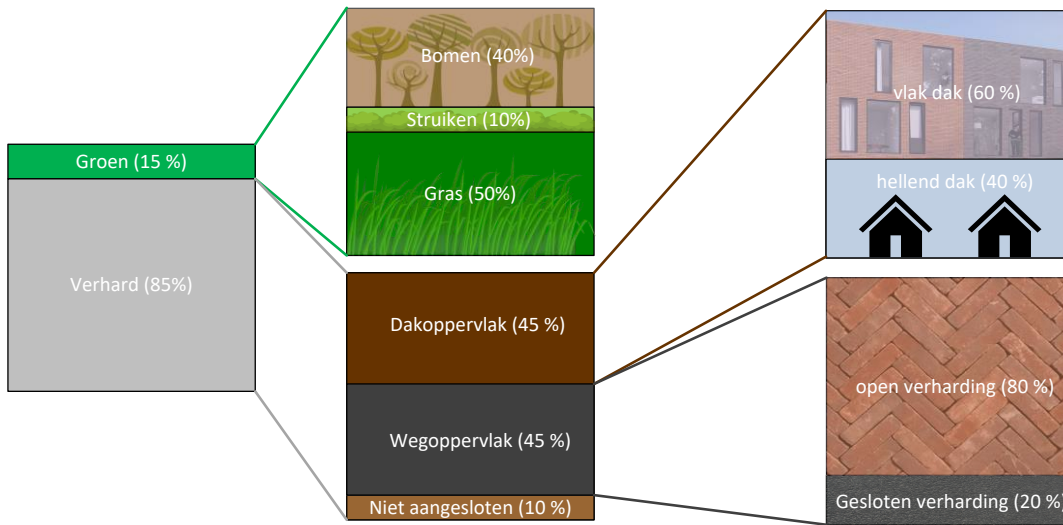
A3.2 Inrichtingsvarianten

Er zijn drie inrichtingsvarianten gekozen, deze zijn te zien in tabel A3-2. Voor deze drie inrichtingsvarianten zijn kenmerken vastgesteld. In Figuren A3-2 t/m A3-4 zijn deze kenmerken weergegeven in percentages. De linker kolom geeft de hoofdverdeling in groen en verhard gebied. De tweede kolom splitst deze verder uit. Voor groen wordt deze uitgesplitst in percentages struiken, bomen en gras. Voor verhard wordt deze uitgesplitst in dakoppervlak, wegverharding en in ongerioleerde verharding. De derde kolom bevat de uitsplitsing van de dakoppervlakken in vlakke en hellende daken. Ook is hier de wegverharding uitgesplitst in open verharding en gesloten verharding.

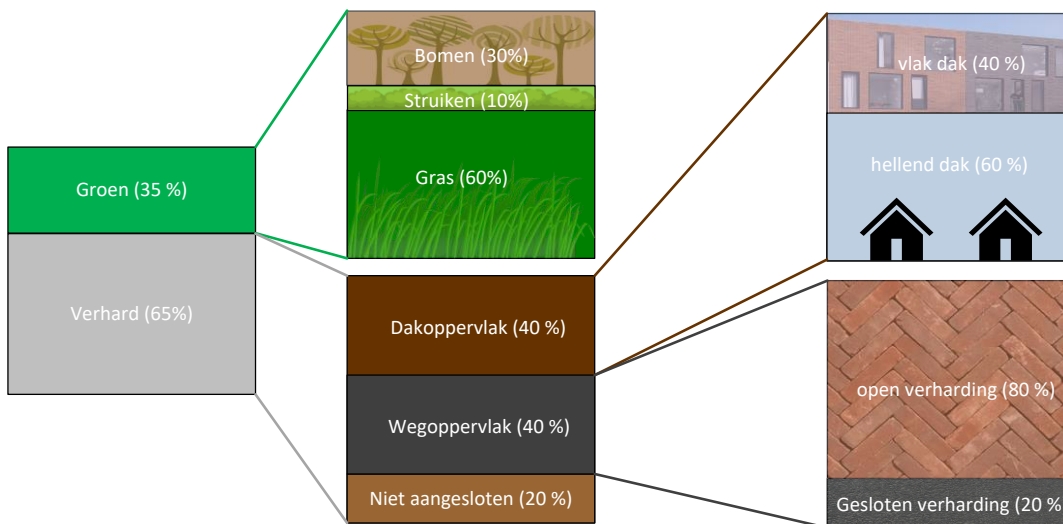
Op de pagina volgend op de inrichtingsfiguren is toegelicht hoe de inrichtingsvarianten en de bijbehorende percentages aan landgebruik zijn vastgesteld.

Tabel A3-2 Omschrijving inrichtingsvarianten

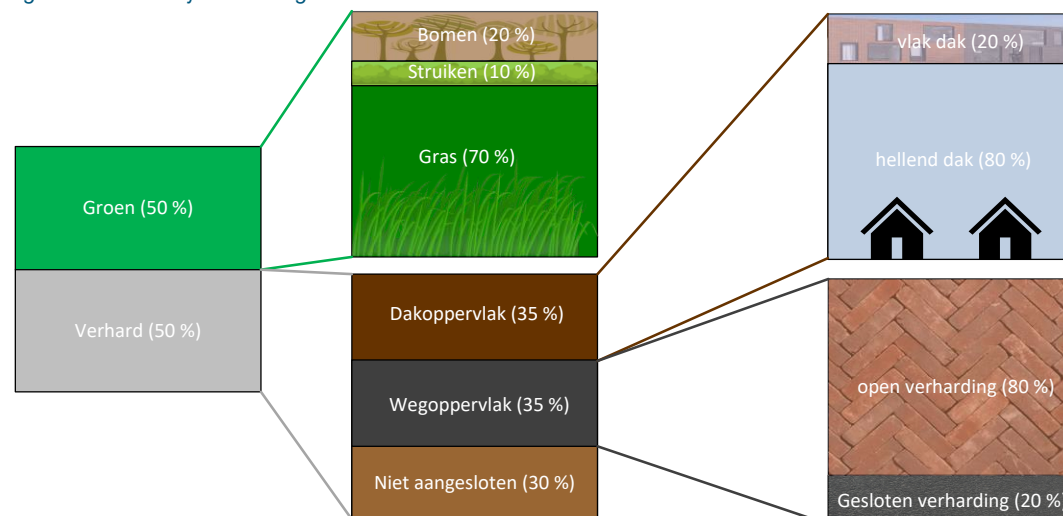
#	omschrijving
1	Hoogstedelijk, grote dichtheid, weinig ruimte voor groen
2	Stedelijk, compact, enige ruimte voor groen
3	Suburbaan, open, ruimte voor groen



Figuur A3-2 Hoogstedelijke inrichting



Figuur A3-3 Stedelijke inrichting



Figuur A3-4 Suburbane inrichting

Percentages verhard en percentages groen

Op basis van cijfers van de WUR over de verhouding groen en bebouwd gebied in wijken in Utrecht en Nijmegen (<https://edepot.wur.nl/413395>) en getallen uit de typeringen van <http://www.ruimtexpmilieu.nl/wiki/gebiedstypering> is een inschatting gemaakt van de verhardingspercentages per typologie.

Percentage verharding aangesloten op de riolering

Voor het percentage verharding aangesloten op de riolering gaan we uit van de cijfers van [factsheets effluënten RWZI](#).

Hieruit is onderstaande tabel overgenomen, welke een inschatting geeft van de aansluitingsgraad van stedelijke verharding op de riolering.

Aansluitingsgraad stedelijke verharding op vrijvervalriolering	%
... Daken	90%
... Asfaltwegen	70%
... Klinkerbestrating	90%
... Privaat verhard	5%

Op basis van deze informatie hebben we een inschatting gemaakt van de aansluitingsgraad als volgt:

- Hoogstedelijke inrichting:
 - Nauwelijks sprake van privaat verhard. Hier gaan we uit van een aansluitingsgraad van 90%.
- Stedelijke inrichting:
 - Meer private verharding. Hier gaan we uit van een aansluitingsgraad van 80%.
- Suburbane inrichting:
 - Aanzienlijk deel van de verharding is private verharding. Hier is het percentage verharding aangesloten op de riolering dus lager. Wij hanteren hiervoor 70%.

Verhouding tussen vlakke en hellende daken

Voor alle drie de inrichtingsvarianten zijn drie werkelijke wijken geselecteerd, die passen bij de inrichtingsvariant. Op basis van inschatting via de luchtfoto is een beoordeling gemaakt hoeveel daken vlak en hellend waren. Hier is vervolgens een gemiddelde van genomen per inrichtingsvariant.

Verhouding bomen, struiken en gras

Op basis van de verhouding groen en bomen vanuit wijken in Nijmegen en Utrecht is een inschatting gemaakt van de verhouding per inrichtingsvariant. Hiervoor zijn [de groene compacte stad](#) en [biodiversiteit in wijken](#) geraadpleegd. Op basis van deze twee bronnen samen is er een inschatting gemaakt van de verhouding tussen bomen, struiken en gras.

Verhouding open en gesloten verharding

Voor alle drie de inrichtingsvarianten zijn drie werkelijke wijken geselecteerd, die passen bij de inrichtingsvariant. Voor deze wijken is met behulp van de BGT wegdelen bepaald welk percentage open en welk percentage gesloten verhard is. Er was een zeer grote spreiding te zien in de verhouding tussen open en gesloten verharding binnen de inrichtingsvarianten. Er was geen duidelijk verschil tussen de inrichtingsvarianten te zien. Daarom is besloten voor alle inrichtingsvarianten dezelfde verhouding open en gesloten verharding aan te houden. Deze is bepaald uit het gemiddelde van de 9 beschouwde wijken. Dit resulteert in 80% open verharding en 20% gesloten verharding.

A4 Invloedsfactoren en gevoeligheden

A4.1 Klimaatscenario's

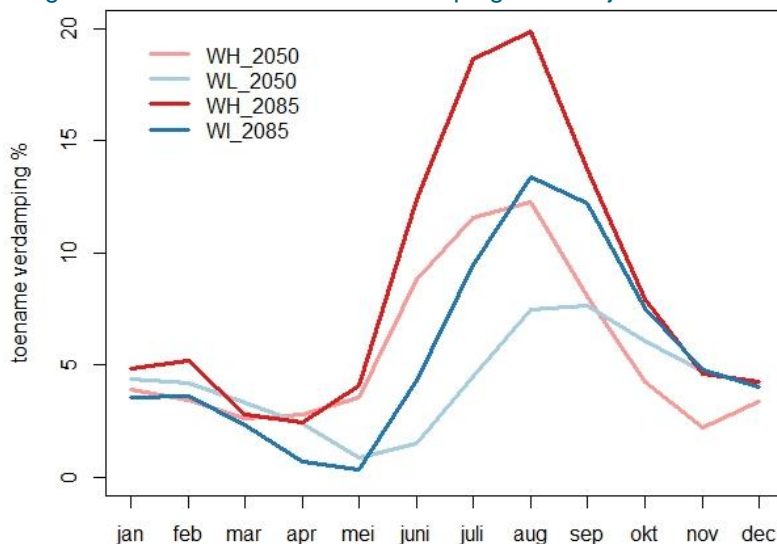
Voor de berekeningen voor het toekomstige klimaat zijn de volgende combinaties van zichtjaren en klimaatscenario's (KNMI '14) gebruikt:

- 2050 WH.
- 2050 WL.
- 2085 WH.
- 2085 WL.

Voor de jaren van 1981 – 2010 zijn er vanuit het KNMI al getransformeerde reeksen van referentiegewasverdamping en neerslag beschikbaar voor de bovengenoemde klimaatscenario's. Om de jaren buiten deze range te transformeren moet er zelf een neerslagreeks moeten worden opgegeven, welke dan wordt getransformeerd met het klimaatscenario. Voor de verdamping is dit helaas niet mogelijk, daarom is voor de transformatie van de verdamping de volgende werkwijze gehanteerd:

- De jaren 1998 en 2003 vallen binnen de al voorgetransformeerde reeksen, hiervoor is dus de verdamping beschikbaar voor het toekomstige klimaat.
- Voor de jaren 1981 - 2010 is er gekeken naar het verschil tussen de huidige en toekomstige verdamping, hier vielen de volgende zaken op:
 - Er is geen duidelijke relatie tussen de grote van de verdamping en de toename in verdamping.
 - Er is wel een duidelijke relatie tussen de verdamping per maand en de toename binnen deze maand.
- Voor de jaren 1976 en 2017 is de verdamping getransformeerd met de gemiddelde toename aan verdamping per maand, zoals bepaald is met de getransformeerde reeks van 1981 – 2010.

De gehanteerde toename aan verdamping voor de jaren 1976 en 2017 is te zien in figuur A4-1.



Figuur A4-1: Toename verdamping voor toekomstig klimaat voor de jaren 1976 en 2017

Neerslag en verdamping toekomstig klimaat

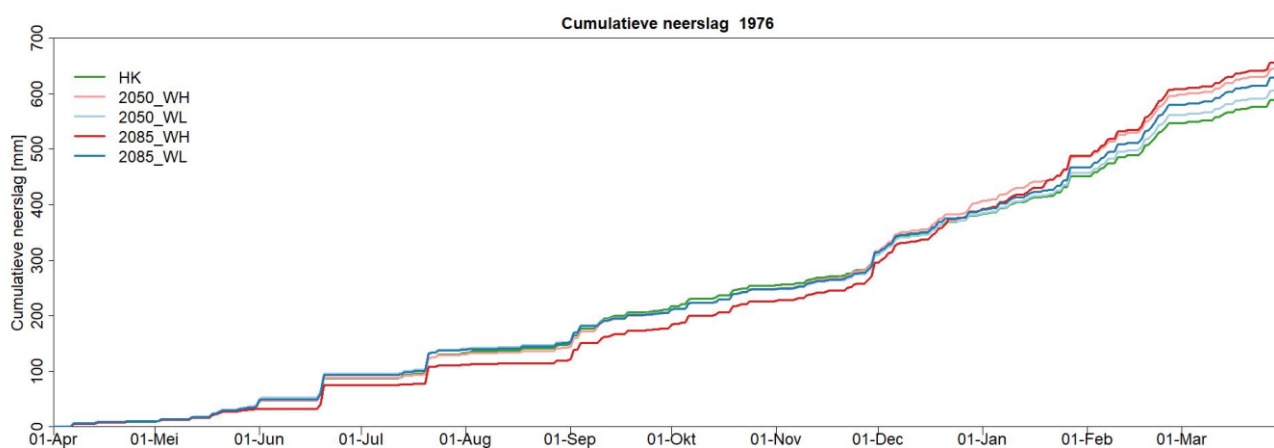
In tabel A4-1 staat voor het huidige klimaat en het toekomstige klimaat de totale neerslag per jaar, in tabel A4-2 staat de totale verdamping. Als voorbeeld is in Figuur A4-2 de cumulatieve neerslag te zien voor het huidige en toekomstige klimaat voor het hydrologische jaar 1976 (extreem droog jaar). Hierin valt op dat voornamelijk in het 2085_WH scenario in de zomermaanden de neerslag lager is dan in het huidige klimaat en dat in de wintermaanden hier de neerslag juist flink hoger is. Hiermee is er in totaal meer neerslag dan in het huidige klimaat. In figuur A4-3 is de cumulatieve verdamping te zien, waarin te zien is dat voornamelijk in de zomermaanden er meer verdamping is met klimaatverandering.

Tabel A4-1: Totale neerslag voor de 4 hydrologische jaren

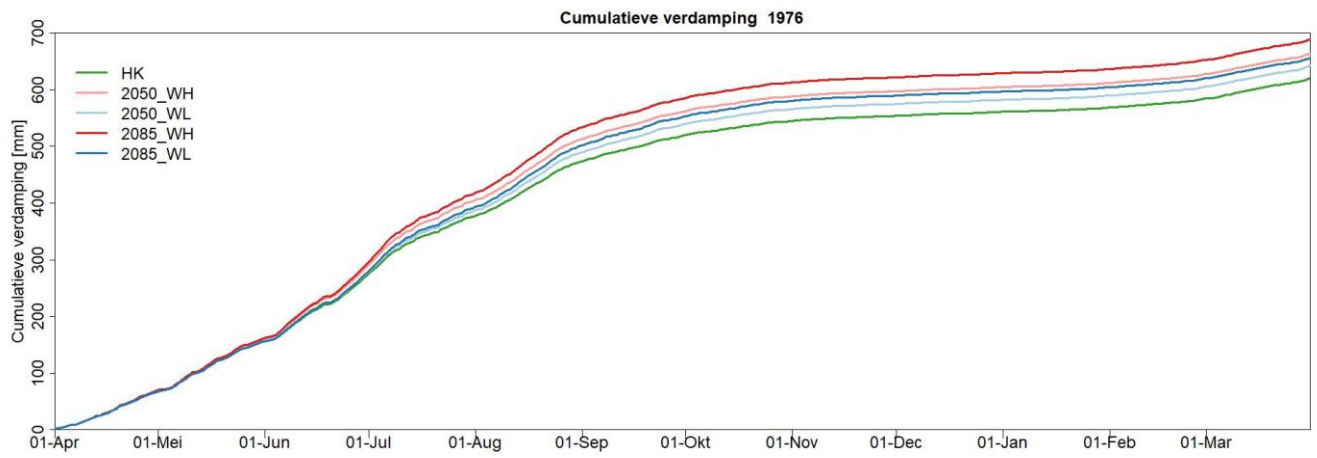
Jaar	Huidig klimaat neerslag [mm]	2050_WH neerslag [mm]	2050_WL neerslag [mm]	2085_WH neerslag [mm]	2085_WL neerslag [mm]
1976	589	646	606	657	630
1998	1272	1367	1356	1376	1384
2003	728	758	779	798	792
2017	914	960	978	1006	981

Tabel A4-2: Totale verdamping voor de 4 hydrologische jaren

jaar	Huidig klimaat verdamping [mm]	2050_WH verdamping [mm]	2050_WL verdamping [mm]	2085_WH verdamping [mm]	2085_WL verdamping [mm]
1976	620	664	642	689	656
1998	493	528	513	547	522
2003	616	660	639	681	653
2017	588	628	607	650	620



Figuur A4-2: Cumulatieve neerslag voor het hydrologische jaar 1976



Figuur A4-3: Cumulatieve verdamping voor het hydrologische jaar 1976

A4.2 Klimaatadaptatiemaatregelen

Om ons leefgebied aan te passen op het toekomstige klimaat, zullen klimaatadaptieve maatregelen getroffen worden. Deze maatregelen hebben ook een effect op droogte en de daarbij horende watervraag. Daarom kijken we naar klimaatadaptieve maatregelen en de impact daarvan op de watervraag. We onderscheiden hierbij twee type maatregelen, namelijk inrichtingsmaatregelen en grondwaterpeilbeheer. In paragraaf A4.2.1. gaan we in op de inrichtingsmaatregelen, in paragraaf A4.2.2. gaan we in op grondwaterpeilbeheer.

A4.2.1 Inrichtingsmaatregelen: samenstellen van maatregelpakketten

Het eerste type maatregel gaat over de inrichting van het gebied. Hiervoor is een vijftal maatregelen vastgesteld, welke te zien zijn in tabel A4-3. Er zijn twee strategieën vastgesteld, een gematigde en een ambitieuze strategie. Per strategie is bepaald in welke mate de maatregelen worden doorgevoerd. Hiermee is per strategie een set aan maatregelen samengesteld, welke gezamenlijk zijn doorgerekend als een maatregelpakket. De aanpassingen bij de maatregelen zijn uitgedrukt als percentages die voor alle landschappen en inrichtingstypologieën zijn gebruikt.

De maatregelpakketten zijn doorgerekend voor het gemiddelde jaar (2017) en het extreem droge jaar (1976), voor het huidige klimaat en voor de klimaatscenario's WH en WL met tijdschhorizon 2050 en 2085.

Tabel A4-3: Samenstelling maatregelpakketten

Maatregel	Gematigde strategie	Ambitieuze strategie
Vergroenen	10 % van de totale wegverharding veranderen in groen (zelfde verhouding tussen bomen/struiken en gras zoals huidig)	20 % van de totale wegverharding veranderen in groen (zelfde verhouding tussen bomen/struiken en gras zoals huidig)
Afkoppelen verharding*	25 % van de aangesloten verharding (zowel daken als wegen) afkoppelen.	50 % van de aangesloten verharding (zowel daken als wegen) afkoppelen.
Waterdoorlatende verharding**	30 % van open verharding vervangen door waterdoorlatende verharding. 10 % van gesloten verharding vervangen door waterdoorlatende verharding	60 % van open verharding vervangen door waterdoorlatende verharding. 20 % van gesloten verharding vervangen door waterdoorlatende verharding
Groene daken***	10 % van de platte daken voorzien van een groen dak	20 % van de platte daken voorzien van een groen dak
Open water	Percentage open water vergroten met factor 1,1	Percentage open water vergroten met factor 1,2

* Bij het afkoppelen is voor de zandlandschappen uitgegaan van afkoppelen doormiddel van infiltratie in de bodem, bij de veen- en kleilandschappen van afkoppelen naar oppervlaktewater.

** De doorlatendheid van waterdoorlatende verharding is vastgesteld op 100 mm/uur (advies van Marco Hoogvliet en Floris Boogaard).

*** Voor groene daken wordt uitgegaan van een substraatdikte van 200 mm, een verdampingsfactor van 1.1 en een berging van 30 % van de substraatdikte (=66 mm) (<https://perceeltool.nl/theorie/default-parameters/>)

A4.2.2 Grondwaterpeilbeheer: beperken van uitzakken grondwater

Onder grondwaterpeilbeheer verstaan wij het dusdanig op peil houden van het grondwater dat de grondwaterstand niet beneden een bepaalde waarde uitkomt. Deze waarde wordt bepaald aan de hand van de laagste grondwaterstand die optreedt in het huidige klimaat in het jaar 2017 (het gemiddelde jaar). De waarde verschilt per inrichtingstypologie en per landschap.

Modelmatig komt het er op neer dat wanneer de grondwaterstand onder deze waarde komt, er een dusdanige hoeveelheid water wordt aangevoerd dat de grondwaterstand niet onder deze waarde uitzakt. In de praktijk zal de aanvoer bepaald worden door de fysieke invulling van deze maatregel. Afhankelijk van hoe de drains voor grondwaterpeilbeheer zijn aangelegd zal ook bij hogere grondwaterstanden nog water worden aangevoerd en zullen de drains in natte periodes een drainerende werking hebben. Hier houden we in deze berekening geen rekening mee. De berekeningen met grondwaterpeilbeheer worden alleen voor de klei- en veengebieden uitgevoerd, aangezien deze gebieden gevoelig zijn voor bodemdaling en hier gebouwen op houten palen voorkomen en grondwaterpeilbeheer derhalve gewenst kan zijn.

De minimale grondwaterstand voor het huidige klimaat in het gemiddelde jaar (2017), per landschap en inrichtingstypologie, is te vinden in tabel A4-4. Ter vergelijking is hier ook het oppervlaktewaterpeil weergegeven. Grondwaterpeilbeheer is namelijk alleen mogelijk wanneer het oppervlaktewaterpeil hoger is of gelijk aan de grondwaterstand. Voor het rivierkleilandschap is dit in het huidige klimaat nergens het geval. Voor de berekening van het actieve grondwaterpeilbeheer wordt hier dan ook uitgegaan van het oppervlaktewaterpeil als minimale grondwaterstand.

Tabel A4-4: Minimale grondwaterstand huidig klimaat gemiddeld jaar (2017) en het opgelegde oppervlaktewaterpeil

Landschap	Inrichtingstypologie	Minimale grondwaterstand HK 2017 (m-mv)	Oppervlaktewaterpeil (m-mv)
Veenlandschap	Hoogstedelijk	0.58	0.5
Zeekleilandschap	Hoogstedelijk	1.2	1.2
Rivierkleilandschap	Hoogstedelijk	1.09	1.2
Veenlandschap	Stedelijk	0.64	0.5
Zeekleilandschap	Stedelijk	1.22	1.2
Rivierkleilandschap	Stedelijk	1.13	1.2
Veenlandschap	Suburbaan	0.68	0.5
Zeekleilandschap	Suburbaan	1.23	1.2
Rivierkleilandschap	Suburbaan	1.17	1.2

A4.3 Gevoeligheidsanalyse

Om inzicht te krijgen in de gevoeligheden van het waterbalansmodel, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In paragraaf A4.3.1. worden de beschouwde gevoeligheden besproken, in paragraaf A4.3.2 worden de resultaten van de gevoeligheidsanalyse toegelicht.

A4.3.1 Beschouwde gevoeligheden

Elke bodemtypologie kent drie typen inrichting: hoogstedelijk, stedelijk en suburbaan. De gevoeligheidsanalyse is grotendeels toegepast op de ondergrond en niet op de type inrichting (mate van verharding). Daarom is de gevoeligheidsanalyse alleen uitgevoerd voor de stedelijke inrichtingsvariant. Omdat deze studie zich voornamelijk richt op droogte, is de gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor het droge jaar (2003). In Tabel A4-5 zijn de waarden per parameter weergegeven. Voor elke parameter geldt dat standaard het basisgetal wordt ingevoerd in de waterbalans. Vervolgens wordt telkens voor één parameter de waarde gewijzigd. Behalve voor drainageweerstand en infiltratieweerstand. Deze zijn met elkaar verbonden, dit wordt verderop toegelicht.

Tabel A4-5: Overzicht parameters gevoeligheidsanalyse voor type stedelijk

Typologie	naam typologie		Bergingscoëfficiënt	Breedte watergang m	Drainageweerstand d	Infiltratieweerstand d	kwel/wegzijing mm/d	stelseltype	rioolvreed water %	doorspoeling dagen open water	Bodemdaling veen cm	Aanpassen bovengrond
1	duinlandschap	min	0,10	2	1	2	-2					
		basis	0,20	5	2	4	-1					
		max	0,30	10	3	6	-0,5					
2	veenlandschap	min	0,05	2	5	10	-0,25				5	
		basis	0,15	5	7	14	0,5				0	veen
		max	0,25	10	9	18	2				10	zand
3	zeekleilandschap	min	0,05	2	8	16	-0,25					
		basis	0,15	5	10	20	0					Klei
		max	0,25	10	12	24	0,5					Zand
4	rivierkleilandschap	min	0,05	2	8	16	-0,25	gemengd	25	5		
		basis	0,15	5	10	20	1	gescheiden	50	10		Klei
		max	0,25	10	12	24	2	VGS	100	20		zand
5	zandlandschap	min	0,10	2	2	4	-2					
		basis	0,20	5	3	6	-1					
		max	0,30	10	4	8	-0,25					
6	heuvellandschap	min	0,10	2	2	4	-2					
		basis	0,20	5	3	6	-1					
		max	0,30	10	4	8	-0,25					

Bergingscoëfficiënt

De bergingscoëfficiënt is afhankelijk van de diepte van de grondwaterstand beneden maaiveld. Bij een hoge grondwaterstand is de bergingscoëfficiënt kleiner dan bij lage grondwaterstanden.

Breedte watergang

Voor de bepaling van de standaard waarde voor de breedte van de watergangen hebben we gekeken naar 18 voorbeeldwijken verdeeld over de 6 landschappen. Hier kwam een gemiddelde breedte uit van 5 meter, welke grofweg varieerde zowel binnen als tussen landschappen tussen de 2 en 10 meter.

Drainage- en infiltratieweerstand

De drainageweerstand is onder andere afhankelijk van de slootafstand en is daarom geografisch goed in te schatten. Voor de drainageweerstand geldt de bekende vuistregel dat deze gelijk is aan de helft van de infiltratieweerstand. Dit betekent dat in de gevoeligheidsanalyse de aanpassing van een drainageweerstand ook betekent dat de infiltratieweerstand wordt aangepast.

Kwel en wegzijging

De hoeveelheid kwel en wegzijging is bepaald met behulp van beschikbare data in het NHI, bijvoorbeeld het LHM3 model in figuur A4-4. Het LHM3 is het landelijke model, voor de regio's waar een regionaal grondwatermodel beschikbaar is in het NHI, zijn deze modellen gebruikt (AMIGO, IBRAHYM, MIPWA en MORIA). Er is voor gekozen om gedurende het jaar één vaste kwel/wegzijgingswaarde te gebruiken. De reden hiervoor is dat binnen een typologie de kwel en/of wegzijging ruimtelijk behoorlijk kan variëren. Er is geen eenduidige keuze te maken voor zomer en/of winter per typologie. De gevoeligheidsanalyse geeft aan binnen welke bandbreedte de uitkomsten liggen bij een aanpassing van kwel/wegzijging en geeft hiermee voldoende inzicht.

Stelseltype

Er zijn drie hoofdsoorten rioolstelsels (gemengd, gescheiden en verbeterd gescheiden) welke alle drie zullen worden doorgerekend. Het type stelsel is onafhankelijk van de bodemsoort en wordt daarom voor één landschapstype doorgerekend om de gevoeligheid van het type rioolstelsel op de waterbalans te kunnen bepalen. De stelselkeuze heeft in de waterbalans alleen invloed op de hoeveelheid water dat wordt geloosd op het oppervlaktewater en hoeveel naar de zuivering wordt afgevoerd. Standaard gaan we uit van een gemengd stelsel - het meest voorkomende type in Nederland.

Percentage rioolvreemd water

Rioolvreemd water is water dat onbedoeld via het riool naar de zuivering wordt afgevoerd. De belangrijkste bronnen van rioolvreemd water zijn lekke riolen en lekke of te lage overstortwanden naar het oppervlaktewater. Daarnaast kan het ook b.v. bronneringswater betreffen. De hoeveelheid rioolvreemd water wordt uitgedrukt als percentage van de DWA (droogweerafvoer) van het beschouwde stelsel/gebied.

De hoeveelheid rioolvreemd water verschilt sterk per rioolstelsel - ook binnen een gebied. In de praktijk is er bijna altijd sprake van rioolvreemd water. 25% rioolvreemd water is een lage waarde. 50% is vrij gemiddeld (expert judgement) en waarden van 100% of meer komen ook voor.

De hoeveelheid DWA per ha. is afhankelijk van de gebiedsinrichting. Wij voeren de gevoeligheidsanalyse uit voor de 'gemiddelde' bewoningsdichtheid: Stedelijk gebied, met een bewoningsdichtheid van 100 inwoners per hectare.

Verversing open water

De verversingsfrequentie van het open water t.b.v. de waterkwaliteit is ingeschat op basis van [3]. Bij een verblijftijd kleiner dan 20 dagen, maar liever nog kleiner dan 10 dagen blijft de waterkwaliteit meestal goed omdat algen en kroos geen kans krijgen te ontwikkelen.

Bodemdaling veen

Door inklinking vindt er bodemdaling plaats. Om een idee te krijgen van de invloed van de bodemdaling op de waterbalans wordt er gerekend met een daling van 5 en 10 centimeter. Het waterpeil wordt in deze berekeningen niet aangepast op de benodigde drooglegging van 50 centimeter, effectief treedt er dus een hoger standaard peil op bij deze berekeningen.

Vergroten drooglegging zandlandschap

Om ook inzicht te krijgen in de effecten van een grote drooglegging voor zandige ondergronden, is er een berekening uitgevoerd met een drooglegging van 1,5 m i.p.v. 1,2 m voor het zandlandschap.

Aanpassen bovengrond

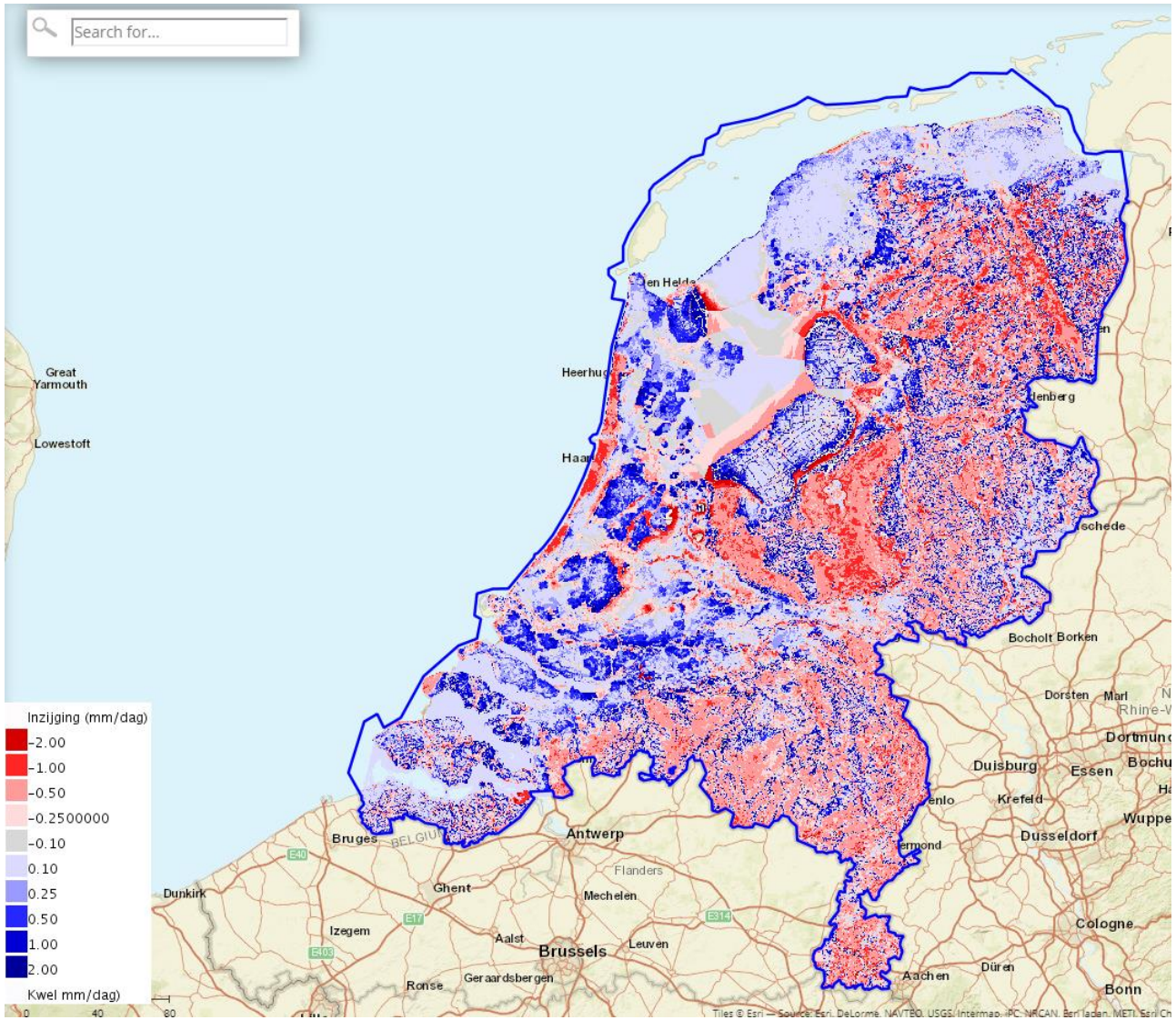
Vaak wordt de bovengrond bij het aanleggen van verharding afgegraven en vervangen door zand, om bouwtechnische redenen. Om de invloed hiervan zichtbaar te maken op de waterbalans is voor de veen- en kleilandschappen de bovengrond in de gevoeligheidsanalyse aangepast naar zand.

Bronnen:

[1]: NHI modelrapportage fase 2, september 2010

[2]: data.nhi.nu (LHM3 modellaag, ingezien april 2020)

[3]: Vierstappenplan voor ecologisch herstel stadswateren Rotterdam, H2O/13 – 2011



Figuur A4-4: Kwel / wegzijging (bron: NHI dataportaal, LHM3 model)

A4.3.2 Resultaten gevoeligheidsanalyse

Per gevoeligheid wordt in deze paragraaf een samenvatting gegeven van de resultaten.

Bergingscoëfficiënt

- Over het algemeen geldt, dat hoe kleiner de bergingscoëfficiënt, hoe groter de watervraag.
- Gemiddeld genomen neemt de watervraag met 20 % toe bij een verlaging van de bergingscoëfficiënt met 0.05.
- Gemiddeld genomen neemt de watervraag af met 20 % bij een verhoging van de bergingscoëfficiënt met 0.05.
- Procentueel is het verschil in de zandige landschappen kleiner dan voor de klei- en veenlandschappen, dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de kleinere watervraag voor de klei- en veenlandschappen.
- De gekozen standaard bergingscoëfficiënt voor de klei- en veenlandschappen zijn vrij hoog ingeschat. Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat wanneer de bergingscoëfficiënt lager is, de watervraag significant toeneemt.

Breedte watergangen

- Hoe smaller de watergang, hoe groter de watervraag.
- Bij een breedte van 2 meter, neemt de watervraag met gemiddeld 10% toe ten opzichte van een breedte van 5 meter.
- Bij een breedte van 10 meter, neemt de watervraag met gemiddeld 5% af ten opzichte van een breedte van 5 meter.
- Procentueel is het verschil in de zandige landschappen kleiner dan voor de kleilandschappen, dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de kleinere watervraag voor de kleilandschappen.

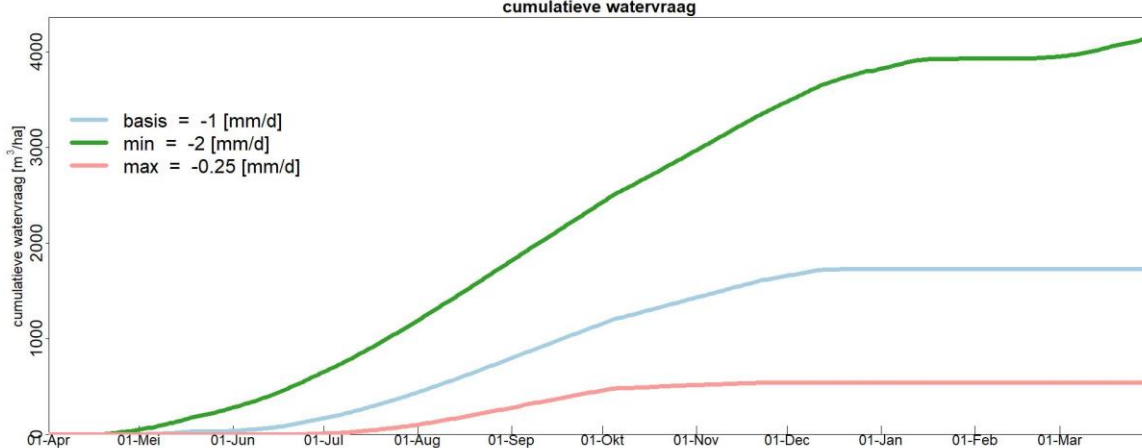
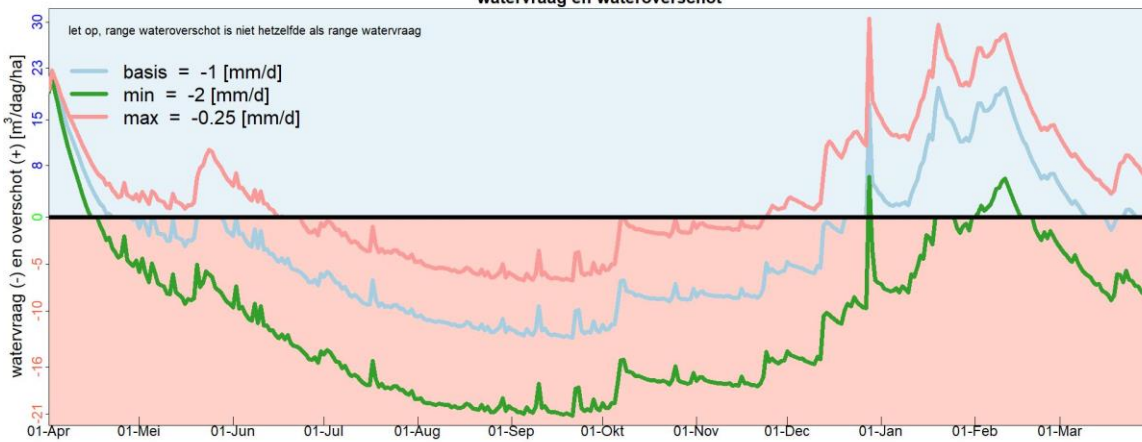
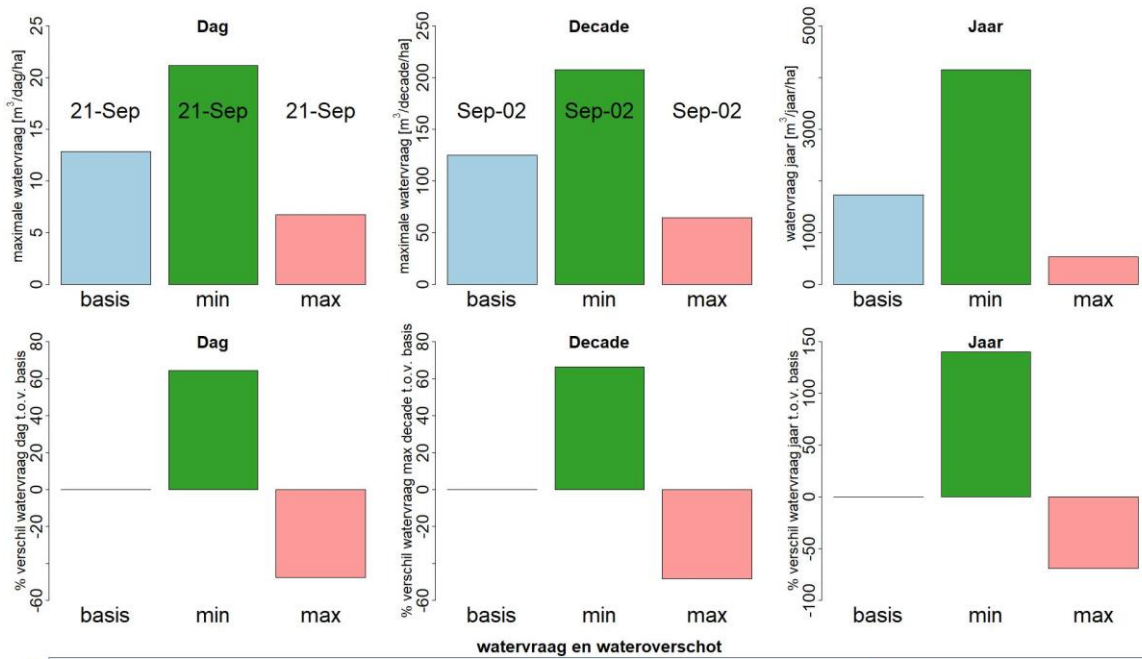
Drainage- en infiltratieweerstand

- Hoe lager de weerstand, hoe groter de watervraag.
- Bij de minimale waarde van de drainage- en infiltratieweerstand is de watervraag gemiddeld 15% hoger ten opzichte van de basis berekening.
- Bij de maximale waarde van de drainage- en infiltratieweerstand is de watervraag gemiddeld 10% lager ten opzichte van de basis berekening.

Kwel- en wegzijging

- De waterbalans is erg gevoelig voor de hoeveelheid kwel- en wegzijging.
- Om dit te illustreren is in figuur A4-5 als voorbeeld de gevoeligheidsanalyse voor het zandlandschap weergegeven, het patroon is voor alle landschappen hetzelfde.
- Gemiddeld neemt de watervraag met de minimale kwelflux toe met grofweg 100% (een verdubbeling).
- Gemiddeld neemt de watervraag met de maximale kwelflux af met grofweg 75%.

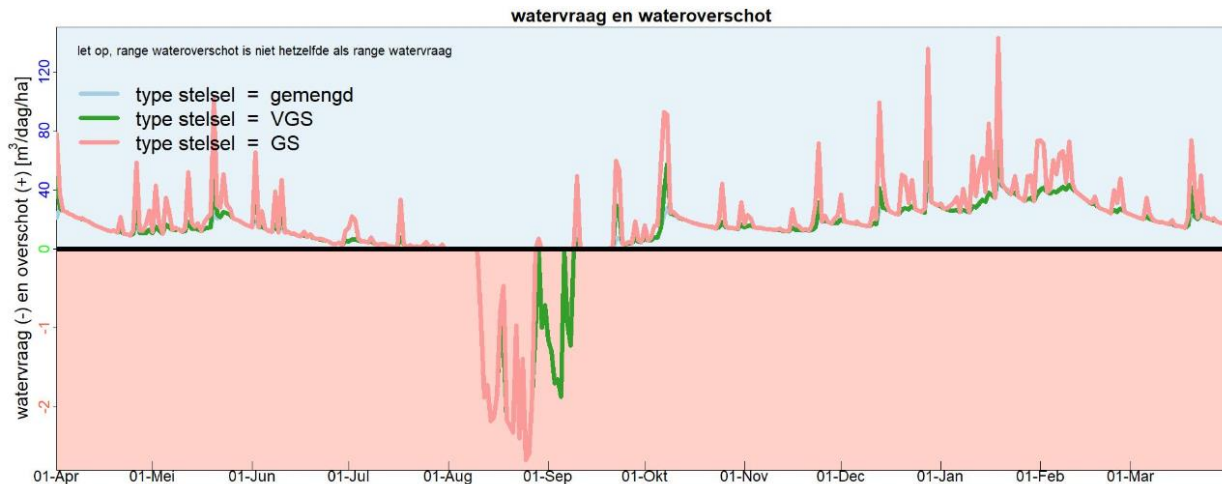
gevoeligheidsanalyse voor kwel/wegzijing voor zandlandschap



Figuur A4-5: Gevoeligheidsanalyse kwel en wegzijing voor het zandlandschap

Stelseltype

- De gevoeligheidsanalyse voor het stelseltype is alleen uitgevoerd voor het zeekeilandschap.
- Hier is te zien dat het gescheiden stelsel de laagste watervraag heeft, dit komt omdat er meer water richting het oppervlaktewater gaat in plaats van dat het verdwijnt in de riolering.
- In figuur A4-6 is het verloop van de watervraag en het wateroverschot te zien, waarin te zien is dat met het gescheiden stelsel er geen watervraag meer is vanaf 1 september, terwijl er voor de andere stelsels nog een 2^e periode aan watervraag volgt.



Figuur A4-6: Verloop watervraag en wateroverschot voor het rivierkeilandschap met verschillende rioleringsstelsels

Rioolvreemd water

Het rioolvreemd water is niet berekend in de waterbalans, maar dit is berekend als een percentage van de DWA. Bij de stedelijke inrichtingsvariant is de DWA afvoer 12 m³/dag/ha. De berekening voor de hoeveelheid rioolvreemd water is te zien in tabel A4-6. In verhouding tot de gehele watervraag is dit een aanzienlijke hoeveelheid.

Tabel A4-6: Berekening rioolvreemd water

Percentage rioolvreemd water	Rioolvreemd water [m ³ /dag/ha]
25	4
50	6
100	12

Doorspoeling open water

Het doorspoeldebiet wordt bepaald door de verversingsfrequentie en de hoeveelheid oppervlaktewater. In tabel A4-7 is de berekening te zien van het benodigde doorspoeldebiet. Het doorspoeldebiet is bij alle verversingsfrequenties hoger dan de maximale watervraag per dag.

Tabel A4-7: Berekening doorspoeldebiet voor het rivierkleilandschap

Verversingsfrequentie [dagen]	Percentage open water	Waterdiepte [m]	Volume aan open water [m ³ /ha]	Doorspoeldebiet [m ³ /dag/ha]
5	5	1	500	100
10	5	1	500	50
20	5	1	500	25

Bodemdaling veen

- Hoe groter de bodemdaling, hoe groter de watervraag.
- Het effect op de watervraag is gering, met een bodemdaling van 10 centimeter is de watervraag over het hele jaar 5% hoger dan zonder bodemdaling.
- De maximale watervraag per dag en per decade neemt niet tot nauwelijks toe (minder dan 1%).

Vergroten drooglegging zandlandschap

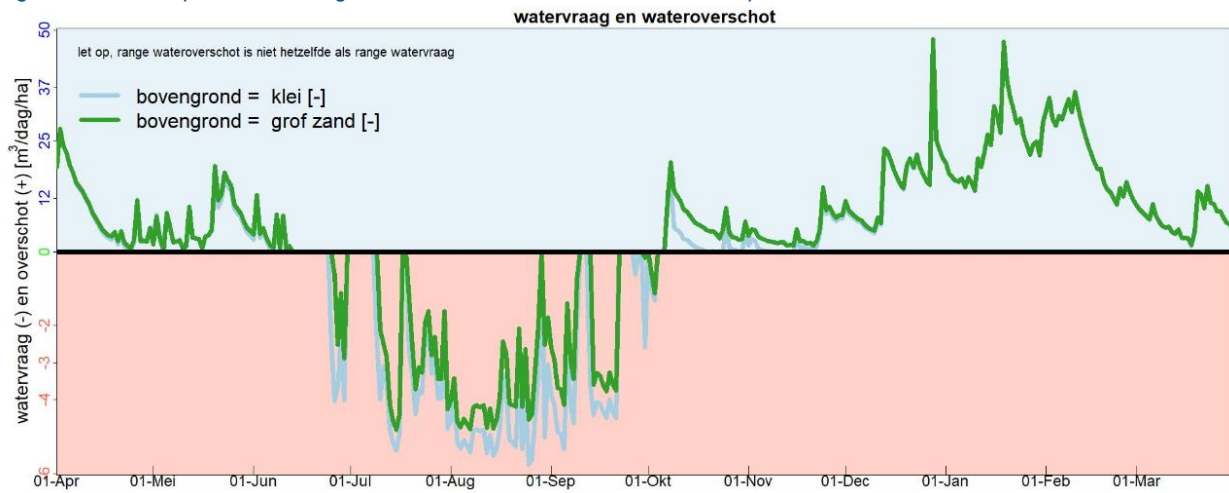
- Hoe groter de drooglegging, hoe kleiner de watervraag.
 - De verklaring hiervoor is dat er met een grotere drooglegging een grotere onverzadigde zone is. In deze grotere onverzadigde zone kan meer water worden vastgehouden, waardoor de watervraag daalt.
- Het effect op de watervraag is gering, met een drooglegging van 1,5 m, is de watervraag over het hele jaar 5 % hoger dan met een drooglegging van 1,2 m.
- De maximale watervraag per dag en per decade neemt niet tot nauwelijks toe (minder dan 1%).

Aanpassen bovengrond

- Voor het veengebied neemt de watervraag met een grof zandige bovengrond licht toe, met ongeveer 5%. (zie figuur A4-7).
- Voor de kleilandschappen neemt de watervraag juist af, voor het zeekleilandschap is deze afname ongeveer 25% (zie figuur A4-8).
- De verklaring voor het verschil tussen de landschappen is te vinden in de kwel en wegzijging per landschap. Voor veengebied is gerekend met wegzijging. Wanneer daar de bovengrond wordt veranderd in grof zand, kan het water makkelijker wegstromen (aangezien grof zand een grotere doorlatendheid heeft dan veen). Voor het kleilandschap is gerekend met kwel. Wanneer hier de bovengrond wordt veranderd in grof zand, kan het kwelwater gemakkelijker omhoog komen.



Figuur A4-7: Verloop van watervraag en wateroverschot voor het veenlandschap



Figuur A4-8: Verloop van watervraag en wateroverschot voor het zeekleilandschap

Conclusies gevoeligheidsanalyse

Met de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse is onderzocht voor welke parameters het waterbalansmodel gevoelig is en voor welke minder. Daarnaast is er ook gekeken naar componenten van de waterbalans die niet in het waterbalansmodel zijn opgenomen, zoals doorspoeling en rioolvreemd water.

De gevoeligheidsanalyse voor de parameters van de waterbalans is samengevat in tabel A4-8, waarin is aangegeven voor welke parameters het waterbalans model heel gevoelig is (++), gevoelig (+), gemiddeld (+/-), ongevoelig (-) en erg ongevoelig (--) is.

Tabel A4-8: Kwalitatieve beoordeling gevoeligheid voor aanpassing parameters waterbalans

Parameter	gevoeligheid
Kwel- en wegzijging	++
Bergingscoëfficiënt	+
Drainage- en infiltratie weerstand	+/-
Stelseltype	+/-
Breedte watergangen	-
Aanpassen bovengrond	-
Bodemdaling veen	--
Vergroten drooglegging zandlandschap	--

Voor wat betreft doorspoeling en rioolvreemd water kan voor beiden worden geconcludeerd dat ze een dusdanig grote factor zijn dat ze een grote impact kunnen hebben op de waterbalans.

A4.4 Overige ontwikkelingen

Hieronder bespreken wij 'andere ontwikkelingen' (dan klimaatverandering en klimaatadaptatie-maatregelen) en hun kwalitatieve effecten op de watervraag.

1. Verdichting

Effecten watervraag (droogte):

- Verdichting leidt in het algemeen tot een stijging van het percentage verhard oppervlak en een reductie van het percentage groen in stedelijk gebied.
- Extra verhard oppervlak betekent minder infiltratie, tenzij 'alle' neerslag wordt geïnfiltreerd.
- Minder groen leidt tot minder verdamping.
- Uit de waterbalansberekeningen volgt dat wanneer er minder groen is, er voornamelijk in langere periodes van droogte er minder watervraag is dan wanneer er meer groen is.
- Voor korte periodes van droogte is het effect andersom, en is er door de verminderde infiltratie eerder sprake van een watertekort wanneer er minder groen is.
- Per saldo overheerst de afname van de verdamping en daarmee de kleinere watervraag bij het verminderen van groen.
- Secundair effect is dat verdichting vaak leidt tot extra verharding en minder groen. De temperatuurverhoging die daar het gevolg van is doet de verdamping van groen toenemen met dus een extra watervraag als gevolg. Dit effect is in het algemeen echter kleiner dan het bovengenoemde saldo van de reductie van de watervraag.
- Bij grotere buien heeft verdichting door de versnelde afstroming juist een groter *wateraanbod* tot gevolg, wat ervoor kan zorgen dat er meer wateroverlast optreedt.
- Klimaatadaptatieve maatregelen meenemen bij aanleg bebouwing, bijvoorbeeld meer groen op daken (kans).

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- In geaccidenteerde landschappen (heuvel-, zand- en duinlandschap) sneller oppervlakkige afstroming naar oppervlaktewater, bij vlakke landschappen meer infiltratie naar grondwater.
- Verdichting zal vooral plaatsvinden in de stedelijke en suburbane inrichtingsvarianten. Vooral in de suburbane varianten neemt het groen naar verwachting af.

Klimaatdreigingen

- Hittestress: toename door toename verharding.
- Wateroverlast: toename door toename verharding.
- Overstroming: vooral in geaccidenteerde gebieden toename door versnelde afstroming.

Resumerend leidt verdichting tot een **kleinere watervraag** in droge perioden. Verdichting zal in de toekomst naar verwachting veel voorkomen omdat de beoogde woningbouw grotendeels binnenstedelijk moet plaatsvinden.

2. Ondergronds bouwen

Effecten watervraag (droogte):

- Ondergrondse constructies (bijvoorbeeld kelders, parkeergarages, damwanden, verdiepte wegen) kunnen de stroming van grondwater beïnvloeden. De impact is mede afhankelijk van:
 - de oriëntatie van de ondergrondse constructie t.o.v. de stromingsrichting van het grondwater (parallel of juist loodrecht hierop);
 - de omvang van de constructie in relatie tot de dikte van het watervoerende pakket;
 - de locatie (bovenstrooms, in benedenstrooms) ten opzichte van het beschouwde gebied;

- eventueel genomen mitigerende maatregelen.
- De gecreëerde blokkade leidt bovenstrooms tot een verhoging van de grondwaterstand en benedenstrooms tot een verlaging.
- Een verhoging van de grondwaterstand betekent dat minder water van buiten hoeft te worden aangevoerd.
- Bij een verlaging van de grondwaterstand zal juist meer water vanuit oppervlaktewater infiltreren en de watervraag dus toenemen.
- De mate waarin verhoging/verlaging van de grondwaterstand als gevolg van ondergrondse constructies optreedt, is afhankelijk van de lokale situatie en van de omvang van de ondergrondse constructie.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Sterk afhankelijk van lokale situatie.
- In gebieden met een groter verhang, dus in geaccidenteerde landschapstypes (heuvel-, zand- en duinlandschap) zullen de effecten groter zijn.
- In gebieden met diepe grondwaterstanden (heuvel-, zand- en duinlandschap) minder effect.

In landschapstypologieën met meer oppervlaktewater (veen-, zeeklei- en rivierkleilandschap) dooft het effect sneller uit en zijn er meer mogelijkheden om mitigerende maatregelen te nemen.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: verwaarloosbaar effect.
- Wateroverlast: toename bij verhoging grondwaterstand, afname bij verlaging grondwaterstand.
- Overstroming: verwaarloosbaar effect.

Resumerend kan ondergronds bouwen - afhankelijk van de lokale situatie - leiden tot een **hogere, lagere of gelijkblijvende watervraag**. Ondergronds bouwen zal in de toekomst naar verwachting steeds vaker voorkomen i.v.m. de vraag naar parkeergelegenheid en de beperkte ruimte.

3. Vergroening

- Zoals onder 1 beschreven leidt vergroening in het algemeen tot een **grotere watervraag** in droge perioden.

4. Mobiliteit

Effecten watervraag (droogte):

- Mobiliteit beïnvloedt op zichzelf de watervraag niet.
- Wel kan een toename van mobiliteit leiden tot de aanleg van meer (verharde) infrastructuur. Dit leidt tot meer verharding/afname van groen. (N.B.: Als mobiliteitstransitie juist leidt tot minder autogebruik en meer fietsen, lopen en openbaar vervoer kan ook juist meer vergroening plaatsvinden.)
- Aanpassingen aan watersysteem voor aanleg infrastructuur, kan zowel positief als negatief effect hebben, bestaande knelpunten oplossen (kans).

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- In de veen-, zeeklei- en rivierkleilandschappen kan het lastiger zijn om aan de compensatieopgave te voldoen bij aanleggen infrastructuur.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: toename door toename verharding.
- Wateroverlast: toename door toename verharding.
- Overstroming: vooral in geaccidenteerde gebieden toename door versnelde afstroming.

Als door toename mobiliteit groen wordt vervangen door verharding kan zoals hierboven beschreven in droge perioden de **watervraag afnemen**.

5. Energietransitie

Effecten watervraag (droogte):

- Ook de energietransitie beïnvloed op zichzelf de watervraag niet.
- Specifieke maatregelen **kunnen** echter wel **een impact hebben**. Bijvoorbeeld:
 - Als zonnepanelen worden geplaatst in plaats van groene daken komt meer hemelwater tot afstroming en zal per saldo de watervraag afnemen (bij een gescheiden rioelstelsel).
 - Indien zonnepanelen met water worden gekoeld t.b.v. het rendement kan dat juist tot extra watervraag leiden. Dit zal naar verwachting niet op dusdanig grote schaal gebeuren of dusdanig veel water vragen dat dit tot een significant grotere watervraag leidt.
 - Bodemenergiesystemen zijn neutraal m.b.t. watergebruik. Spoelen van bodemenergiesystemen leidt tot extra lozingen en dus tot extra wateraanbod. De hoeveelheid is echter beperkt en het is ook de vraag of het water een geschikte kwaliteit heeft.
 - Aquathermie heeft geen effect op watervraag.
 - Geothermie: heel diep, geen effect op watervraag.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Geen verschillen.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: geen effect.
- Wateroverlast: geen effect.
- Overstroming: geen effect.

Specifieke maatregelen ten behoeve van de energietransitie **kunnen een impact hebben op de watervraag**. Vooralsnog lijkt het effect beperkt.

6. Circulariteit

Effecten watervraag (droogte):

- Of de ontwikkeling naar meer circulariteit de waterbalans zal beïnvloeden is volledig afhankelijk van de te treffen maatregelen. Daarover is in algemene zin dus **geen uitspraak** te doen. Hergebruik van water is een belangrijk thema binnen circulariteit. Hergebruik van water zal niet zozeer de watervraag verkleinen, maar er wel voor zorgen dat er meer water beschikbaar is, waarmee het watertekort kan worden verkleind.
- Een voorbeeld van een maatregel is het gebruiken van een deel van de grijswaterstroom in bebouwd gebied. Dit wordt op diverse plaatsen al in de praktijk gebracht.
 - Door het benutten van de grijswaterstroom is er meer water beschikbaar, maar dit water komt niet ten goede aan het grond/ of oppervlaktewater. Het betreft vooral een vermindering van de vraag naar drinkwater.
- Ook kan worden gedacht opslaan van regenwater in tijden van neerslag zodat het benut kan worden in tijden van droogte waardoor de watervraag afneemt:
 - in ondiepe bodem/het eerste watervoerende pakket;
 - in bassin/regenton.
- Minder water gebruik leidt lokaal op termijn mogelijk tot hogere grondwaterstanden door vermindering onttrekking voor drinkwaterwinning waardoor de watervraag afneemt.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Ondergrondse opslag van regenwater gaat beter in zandige gronden (heuvel-, zand- en duinlandschap).
- In gebieden met hoge grondwaterstanden is ondergrondse opslagcapaciteit beperkt (veen/kleilandschappen).
- In geaccidenteerd landschappen is het eenvoudiger grootschalige initiatieven voor opslag neerslag te realiseren dan in een vlak landschap.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: Mogelijk een afname door grotere waterbeschikbaarheid waardoor groen mogelijk minder afsterft.
- Wateroverlast: Mogelijk afname wanneer ondergrondse waterberging slim ingezet kan worden.
- Overstroming: geen effect.

In algemene zit is er **geen uitspraak** te doen over het effect van circulariteit op de watervraag. Hergebruik van water zal niet zozeer de watervraag verkleinen, maar er wel voor zorgen dat er meer water beschikbaar is.

7. Stadslandbouw

Effecten watervraag (droogte):

- Als stadslandbouw leidt tot *extra* groen, en dus niet alleen vervanging van groen kan hierdoor de watervraag toenemen, zoals ook hierboven aangegeven.
- Dat geldt ook voor stadslandbouw op daken waar immers ook water voor nodig is.
- Naar verwachting zal het aandeel stadslandbouw niet dusdanig groot worden in de toekomst dat dit leidt tot een significante toename van de watervraag.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- In het hoogstedelijke gebied zal de stadslandbouw voornamelijk op daken plaatsvinden, suburbaan meer in de vorm van volkstuinen.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: positief effect.
- Wateroverlast: verwaarloosbaar effect.
- Overstroming: geen effect.

Naar verwachting zal het aandeel stadslandbouw niet dusdanig groot worden in de toekomst dat dit leidt tot een significante toename van de watervraag.

8. Digitalisering

Effecten watervraag (droogte):

- Digitalisering lijkt vooral op indirecte wijze tot **meer drinkwaterverbruik** te leiden:
 - Meer online en dus thuis werken kan leiden tot extra drinkwatervraag in stedelijk gebied. De ervaring tijdens de Covid 19 lockdown van 2020 is dat het drinkwaterverbruik toeneemt, vooral omdat er (tussendoor) meer in de tuin gewerkt, gespreeid wordt en zwembaden gevuld worden.
 - Het is echter niet te zeggen of dit komt doordat er meer wordt thuisgewerkt en minder mensen op vakantie gaan of dat het neerslagtekort de dominerende oorzaak is.
 - In stedelijk gebied waar veel geforensd wordt kan overdag door de af- of toename van het aantal personen de (drink)watervraag dalen of juist stijgen.
- Naar verwachting zal digitalisering geen significant effect hebben op de watervraag.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Geen verschillen.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: geen effect.
- Wateroverlast: geen effect.
- Overstroming: geen effect.

Resumerend zal digitalisering geen significant effect hebben op de watervraag.

9. Aanpassen streefpeilen

Effecten watervraag (droogte):

- Een **verhoging** van het streefpeil / verkleining van de drooglegging leidt tot **extra watervraag**. Het grondwaterpeil stijgt hierdoor en is daarom makkelijker beschikbaar voor verdamping door groen.
- Een **verlaging** van het streefpeil leidt overeenkomstig tot minder **watervraag**.
- Kwel en wegzijging worden ook beïnvloed door het grondwaterpeil en daarmee door het streefpeil. Door verhoging van het streefpeil neemt de kwel af c.q. de wegzijging toe met een extra watervraag als gevolg - en vice versa voor een verlaging van het streefpeil. Dit kan bovengenoemde invloed op de watervraag dus versterken.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- De effecten van het aanpassen van het streefpeil zijn groter naarmate er meer groen is, bij inrichtingstypologieën met weinig groen verandert de watervraag minder.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: geen effect.
- Wateroverlast: toename bij een verhoging van het streefpeil, afname bij een verlaging van het streefpeil.
- Overstroming: toename bij een verhoging van het streefpeil, afname bij een verlaging van het streefpeil.

Een verhoging van het streefpeil leidt tot een **extra watervraag**, een verlaging van het streefpeil tot een **afname van de watervraag**.

10. Bodemdaling

Effecten watervraag (droogte):

- Op vergelijkbare wijze als een verhoging van het streefpeil leidt bodemdaling tot een **toename van de watervraag**. De drooglegging neemt immers af. Zie ook § 2.9 van de rapportage 'Waterbalans berekeningen klimaatscenario's en gevoeligheidsanalyse'.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Bodemdaling treedt vooral op in veenlandschappen en in iets mindere mate in de zeelei- en rivierkleilandschappen.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: geen effect.
- Wateroverlast: toename door kleinere drooglegging.
- Overstroming: toename door kleinere drooglegging.

Bodemdaling leidt tot een **toename van de watervraag**.

11. Ophogen (verzakte) gebieden

Effecten watervraag (droogte):

- De diepte van het grondwater onder maaiveld neemt bij ophogen toe waardoor de **watervraag zal afnemen**. (Analoog aan 'Aanpassen streefpeilen' hierboven.)
- Gekoppeld aan ruimtelijke ontwikkeling, kan ophogen een kans zijn om klimaatadaptieve maatregelen te nemen bijvoorbeeld door extra berging te creëren in de bodem.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Ophogen van verzakte gebieden zal vooral voorkomen in veen-, zeelei- en rivierkleilandschappen waar bodemdaling voorkomt en waar de droogleggingen over het algemeen kleiner zijn dan in de zandige landschapstypologieën.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: geen effect.
- Wateroverlast: afname door grotere drooglegging.
- Overstroming: afname door grotere drooglegging.

Het ophogen van (verzakte) gebieden zorgt voor een **afname van de watervraag**.

12. Toename recreatie

Effecten watervraag (droogte):

- Meer personen in stedelijk gebied als gevolg van recreatie leidt tot **meer drinkwatervraag** (en dwa-afvoer).
 - Dit leidt dus niet direct tot een grotere behoefte aan wateraanvoer in het oppervlaktewatersysteem.
- Toename aan recreatie kan leiden tot een grotere watervraag, doordat er hogere eisen worden gesteld aan de waterkwaliteit voor recreatief gebruik. Een manier om de waterkwaliteit te verbeteren is om meer doorspoeling in het systeem te maken.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- Geen verschillen.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: geen effect.
- Wateroverlast: geen effect.
- Overstroming: geen effect.

Toename van recreatie leidt tot een grotere drinkwatervraag en kan ook leiden tot een grotere watervraag van het oppervlaktewatersysteem.

13. Vergroting stedelijk gebied

Effecten watervraag (droogte):

- Het vergroten van het stedelijk gebied zal leiden tot een toename van de watervraag voor stedelijk gebied, maar heeft geen directe invloed op de watervraag zoals met de waterbalansen berekend, aangezien deze wordt bepaald per ha. stedelijk gebied. Wanneer een optelsom gemaakt wordt voor een bepaalde kern, zal het vergroten van het stedelijk gebied wel tot een toename van de berekende watervraag leiden omdat het oppervlak stedelijk gebied toeneemt.
- Hiertegenover staat dat het vergroten van het stedelijk gebied ten koste gaat van ander landgebruik, zoals landbouw. Landbouw gebruikt meer water dan stedelijk gebied, dus de netto watervraag voor een heel gebied kan afnemen door het vergroten van het stedelijk gebied.

- Wel zal de vergroting van het stedelijk gebied vaker in minder gunstige gebieden plaats moeten vinden, omdat de gunstige gebieden (zandige gebieden met voldoende drooglegging) al volgebouwd zijn. Stedelijk gebied in veenlandschap leidt tot een aanzienlijk hogere watervraag dan in de andere landschapstypologieën.

Verschillen tussen landschapstypologieën/inrichtingsvarianten:

- De watervraag per hectare is verschillend voor de landschapstypologieën. De watervraag bij een uitbreiding van stedelijk gebied is dus mede afhankelijk van het betreffende landschapstype.

Klimaatdreigingen:

- Hittestress: toename door verstedelijking.
- Wateroverlast: toename door extra verharding.
- Overstroming: toename door minder berging.

A5 Resultaten waterbalansmodel

A5.1 Huidige situatie

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten voor de berekeningen met het huidig klimaat genoemd. Eerst worden de algemene resultaten beschreven, daarna worden per landschap de belangrijkste resultaten behandeld. Deze paragraaf wordt afgesloten met een tweetal tabellen, waarin de watervraag per dag, per decade en per jaar te vinden zijn per landschapstypologie.

Ter toelichting de definities van dag, decade en jaar:

- Dag: 24 uur.
- Decade: periode van 8-11 dagen, elke maand bestaat uit 3 decades.
 - De watervraag per decade is genormaliseerd naar een decade van 10 dagen.
- Jaar: 365 dagen (per 1 april, hydrologisch jaar).

A5.1.1 Algemene resultaten

In de onderstaande twee tabellen (Tabel A5-1 en Tabel A5-2) is een samenvatting gegeven van de resultaten, door per landschap en per inrichtingsvariant te kijken naar de maximale watervraag per dag, per decade en per jaar. De watervraag betreft de hoeveelheid water die ingelaten moet worden om het oppervlaktewater op peil te houden.

Tabel A5-1: Maximale watervraag per dag, per decade en per jaar voor de zes landschappen. De eenheid m^3/ha is hetzelfde als 0.1 mm

Landschap	Max. watervraag per dag [$m^3/ha/dag$]	Max. watervraag per decade [$m^3/ha/decade$]	Max. watervraag per jaar [$m^3/ha/jaar$]
Duinlandschap	8.8	86	1710
Heuvellandschap	8.6	84	1920
Rivierkleilandschap	6	49	220
Veenlandschap	29	262	2520
Zandlandschap	14	137	2310
Zeekleilandschap	6	56	480

Tabel A5-2: Maximale watervraag per dag, per decade en per jaar voor de drie inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant	Max. watervraag per dag [$m^3/ha/dag$]	Max. watervraag per decade [$m^3/ha/decade$]	Max. watervraag per jaar [$m^3/ha/jaar$]
Hoogstedelijk	15.2	142	1800
Stedelijk	22.9	211	2100
Suburbaan	29.2	262	2520

- De grootste watervraag per jaar, per decade en per dag is in het veenlandschap.
- De kleinste watervraag is in de kleiige landschappen.
 - Het rivierkleilandschap heeft duidelijk de laagste watervraag, gevolgd door het zeekleilandschap.

- De watervraag is het grootst voor de suburbane inrichtingsvariant, gevolgd door de stedelijke inrichtingsvariant. De hoogstedelijke inrichtingsvariant heeft de laagste watervraag.
 - Dit wordt veroorzaakt door de verschillen in percentage groen. Dit percentage is in de suburbane inrichtingsvariant het hoogst, waardoor ook de watervraag hier het hoogst is. De vergrote infiltratiecapaciteit ten opzichte van de stedelijke en hoogstedelijke inrichtingsvarianten weegt dus niet op tegen de extra watervraag die ontstaat door het groen.

A5.1.2 Resultaten per landschap

Duinlandschap

- Voor het droge jaar en het extreem droge jaar is er sprake van een watervraag gedurende vrijwel het gehele jaar, pas rond januari van het volgende jaar is er geen watervraag meer.
- Bij een langere periode van droogte, is de watervraag van de suburbane inrichtingsvariant groter dan voor de stedelijke en hoogstedelijke inrichtingsvarianten.
 - Dit wordt veroorzaakt doordat er meer vegetatie is in de suburbane inrichtingsvariant, die er voor zorgt dat de watervraag toeneemt.
- Bij een korte periode van droogte, is de watervraag groter bij de hoogstedelijke inrichtingsvariant dan bij de suburbane inrichtingsvariant.
 - Dit wordt veroorzaakt door het grotere infiltratievermogen van groen vs. verharding, waardoor er langer water beschikbaar blijft na een periode van neerslag. Wanneer de droge periode langer duurt, dan is het water van de vorige neerslagperiode verbruikt en wordt de watervraag juist hoger bij de suburbane inrichtingsvariant door het waterverbruik van de vegetatie.

Heuvellandschap

- Voor het droge jaar en het extreem droge jaar is er sprake van een watervraag gedurende vrijwel het gehele jaar, pas rond januari van het volgende jaar is er geen watervraag meer.
- Bij een langere periode van droogte, is de watervraag van de suburbane inrichtingsvariant groter dan voor de stedelijke en hoogstedelijke inrichtingsvarianten.
 - Dit wordt veroorzaakt doordat er meer vegetatie is in de suburbane inrichtingsvariant, die er voor zorgt dat de watervraag toeneemt.
- Bij een korte periode van droogte, is de watervraag groter bij de hoogstedelijke inrichtingsvariant dan bij de suburbane inrichtingsvariant.
 - Dit wordt veroorzaakt door het grotere infiltratievermogen van groen, waardoor er langer water beschikbaar blijft na een periode van neerslag. Wanneer de droge periode langer duurt, dan is het water van de vorige neerslagperiode verbruikt en wordt de watervraag juist hoger bij de suburbane inrichtingsvariant.

Rivierkleilandschap

- Het rivierkleilandschap heeft de laagste watervraag van alle bodemsoorten. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat rivierkleilandschap de grootste kwelflux heeft van de landschapstypen.
- Voor de hoogstedelijke inrichtingsvariant wordt er helemaal geen watervraag berekend.
- Voor de suburbane inrichtingsvariant wordt er alleen voor de droge jaren een watervraag berekend.

Veenlandschap

- Voor het droge jaar en het extreem droge jaar is er sprake van een watervraag vanaf grofweg begin mei tot en met begin oktober.
- Het veenlandschap reageert het heftigst van alle landschappen op neerslag. Dit wordt veroorzaakt door de ondiepe grondwaterstand in combinatie met de lagere bergingscoëfficiënt in de bodem t.o.v. de zandlandschappen. Hierdoor is er weinig berging in de onverzadigde zone:
 - Bij een korte periode zonder neerslag is er al snel een watervraag.
 - Bij een korte periode van neerslag is deze watervraag ook snel weer weggewerkt.
- De watervraag is het grootst (zowel per dag, als per decade als per jaar) voor de suburbane inrichtingsvariant.
 - Het verschil tussen de inrichtingsvarianten is voor het veenlandschap ook het grootst van alle bodemsoorten.

Zandlandschap

- Voor het droge jaar en het extreem droge jaar is er sprake van een watervraag gedurende vrijwel het gehele jaar (vanaf begin mei tot en met eind december).
- Bij een langere periode van droogte, is de watervraag van de suburbane inrichtingsvariant groter dan voor de stedelijke en hoogstedelijke inrichtingsvarianten.
 - Dit wordt veroorzaakt doordat er meer vegetatie is in de suburbane inrichtingsvariant, die er voor zorgt dat de watervraag toeneemt.
- Bij een korte periode van droogte, is de watervraag groter bij de hoogstedelijke inrichtingsvariant dan bij de suburbane inrichtingsvariant.
 - Dit wordt veroorzaakt door het grotere infiltratievermogen van groen, waardoor er langer water beschikbaar blijft na een periode van neerslag. Wanneer de droge periode langer duurt, dan is het water van de vorige neerslagperiode verbruikt en wordt de watervraag juist hoger bij de suburbane inrichtingsvariant.
- Van alle zandige landschappen (zand-, heuvel- en duinlandschap) heeft het zandlandschap de grootste watervraag.
 - Dit wordt veroorzaakt doordat de drooglegging waarmee gerekend is bij het zandlandschap kleiner is dan bij de andere zandige landschappen. Een kleinere drooglegging leidt tot een grotere watervraag.

Zeekleilandschap

- Voor het droge jaar en het extreem droge jaar is er sprake van een watervraag vanaf grofweg begin mei tot en met begin oktober (droog jaar) en begin september (extreem droog jaar).
 - vooral in het extreem droge jaar duurt het lang voordat de watervraag bij de suburbane inrichtingsvariant is opgelost, tot wel 3 maanden langer dan bij de meer stedelijke inrichtingen.
- Het zeekleilandschap reageert na het veenlandschap het heftigst van alle landschappen op neerslag. Dit wordt veroorzaakt door lage bergingscoëfficiënt ten opzichte van de zandlandschappen en het ontbreken van kwel of wegzijging.
 - Bij een korte periode zonder neerslag is er al snel een watervraag.
 - Bij een korte periode van neerslag is deze watervraag ook snel weer weggewerkt.
- De watervraag is het grootst (zowel per dag, als per decade als per jaar) voor de suburbane inrichtingsvariant.
 - Het verschil tussen de typologieën is, op het veenlandschap na, ook het grootst van alle bodemsoorten.
- De watervraag is, op het rivierkleilandschap na, de laagste van alle bodemsoorten.

Tabel A5-3: Resultaten huidig klimaat, voor het duinlandschap, het heuvellandschap en het rivierkleinlandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Duinlandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	7.92	25-Aug	77.85	Aug-03	1672.65
	nat	Hoogstedelijk	3.59	20-Aug	30.47	Aug-02	145.11
	droog	Hoogstedelijk	8.03	05-Sep	77.19	Aug-03	1283.34
	gemiddeld	Hoogstedelijk	6.29	21-Jun	58.13	Jun-03	860.45
	extreem droog	Stedelijk	8.48	25-Aug	83.44	Aug-03	1701.90
	nat	Stedelijk	3.24	20-Aug	26.66	Aug-02	108.33
	droog	Stedelijk	8.32	21-Sep	80.78	Sep-02	1257.49
	gemiddeld	Stedelijk	6.72	21-Jun	63.12	Jun-03	841.83
	extreem droog	Suburbaan	8.77	25-Aug	86.41	Aug-03	1711.45
	nat	Suburbaan	3.30	20-Aug	27.32	Aug-02	104.70
	droog	Suburbaan	8.59	21-Sep	83.73	Sep-02	1256.38
	gemiddeld	Suburbaan	7.19	05-Jul	68.16	Jul-01	867.29
Heuvellandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	6.82	25-Aug	66.94	Aug-03	1574
	nat	Hoogstedelijk	1.95	20-Aug	15.35	Aug-02	57
	droog	Hoogstedelijk	6.70	21-Sep	64.05	Sep-02	1142
	gemiddeld	Hoogstedelijk	4.80	21-Jun	43.41	Jun-03	639
	extreem droog	Stedelijk	7.75	21-Nov	75.63	Nov-02	1766
	nat	Stedelijk	1.80	20-Aug	13.67	Aug-02	48
	droog	Stedelijk	7.30	10-Dec	70.69	Dec-01	1291
	gemiddeld	Stedelijk	5.34	09-Jul	49.51	Jul-01	751
	extreem droog	Suburbaan	8.57	21-Nov	84.00	Nov-02	1916
	nat	Suburbaan	2.08	31-Aug	14.99	Aug-02	53
	droog	Suburbaan	8.21	10-Dec	80.14	Dec-01	1415
	gemiddeld	Suburbaan	6.24	04-Sep	58.11	Aug-03	870
Rivierkleinlandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	0.00		0.00		0
	nat	Hoogstedelijk	0.00		0.00		0
	droog	Hoogstedelijk	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Hoogstedelijk	0.00		0.00		0
	extreem droog	Stedelijk	0.00		0.00		0
	nat	Stedelijk	0.00		0.00		0
	droog	Stedelijk	2.67	25-Aug	17.26	Aug-02	44
	gemiddeld	Stedelijk	0.00		0.00		0
	extreem droog	Suburbaan	4.33	15-Jul	27.56	Jul-02	69
	nat	Suburbaan	0.00		0.00		0
	droog	Suburbaan	6.01	25-Aug	48.90	Aug-03	217
	gemiddeld	Suburbaan	0.00		0.00		0

Tabel A5-4: Resultaten huidig klimaat, voor het veenlandschap, het zandlandschap en het zeekleilandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Veenlandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	15.18	12-Jul	135.72	Jul-01	1251
	nat	Hoogstedelijk	10.75	19-Mei	84.49	Mei-2	232
	droog	Hoogstedelijk	15.15	14-Aug	141.69	Aug-02	1135
	gemiddeld	Hoogstedelijk	13.42	01-Jun	101.43	Mei-3	548
	extreem droog	Stedelijk	22.89	12-Jul	200.43	Jul-01	1982
	nat	Stedelijk	14.94	19-Mei	119.39	Aug-02	379
	droog	Stedelijk	21.93	15-Aug	210.53	Aug-02	1777
	gemiddeld	Stedelijk	17.99	01-Jun	132.34	Mei-3	886
	extreem droog	Suburbaan	29.15	12-Jul	250.40	Jul-02	2524
	nat	Suburbaan	18.07	19-Aug	147.43	Aug-02	494
	droog	Suburbaan	27.07	15-Aug	261.79	Aug-02	2242
	gemiddeld	Suburbaan	21.46	04-Jun	155.44	Mei-3	1162
Zandlandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	10.32	25-Aug	100.59	Aug-03	1795
	nat	Hoogstedelijk	5.50	20-Aug	46.55	Aug-02	200
	droog	Hoogstedelijk	10.77	05-Sep	102.89	Sep-02	1462
	gemiddeld	Hoogstedelijk	7.45	21-Jun	66.25	Jun-03	863
	extreem droog	Stedelijk	12.06	31-Aug	117.67	Aug-03	2096
	nat	Stedelijk	5.96	20-Aug	49.43	Aug-02	220
	droog	Stedelijk	12.87	21-Sep	124.93	Sep-02	1730
	gemiddeld	Stedelijk	8.99	09-Jul	82.72	Jul-01	1003
	extreem droog	Suburbaan	13.25	31-Aug	129.57	Aug-03	2315
	nat	Suburbaan	6.26	20-Aug	52.59	Aug-02	244
	droog	Suburbaan	14.02	21-Sep	136.80	Sep-02	1894
	gemiddeld	Suburbaan	10.34	09-Jul	95.69	Jul-01	1134
Zeekleilandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	4.08	12-Jul	28.43	Aug-03	132
	nat	Hoogstedelijk	0.00		0.00		0
	droog	Hoogstedelijk	4.38	07-Aug	38.94	Aug-01	176
	gemiddeld	Hoogstedelijk	3.49	01-Jun	12.28	Jun-01	21
	extreem droog	Stedelijk	5.40	08-Jul	48.07	Jul-01	307
	nat	Stedelijk	0.00		0.00		0
	droog	Stedelijk	5.75	25-Aug	49.27	Aug-01	316
	gemiddeld	Stedelijk	4.78	01-Jun	18.64	Mei-3	61
	extreem droog	Suburbaan	6.01	25-Aug	54.89	Jul-01	478
	nat	Suburbaan	0.84	20-Aug	0.84	Aug-02	1
	droog	Suburbaan	6.25	25-Aug	55.66	Aug-01	389
	gemiddeld	Suburbaan	5.39	19-Jun	29.42	Mei-3	119

A5.2 Toekomstig klimaat

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten voor de berekeningen met het toekomstige klimaat genoemd. Deze paragraaf wordt afgesloten met een zestal tabellen, waarin de watervraag per dag, per decade en per jaar te vinden zijn per landschapstypologie.

In tabellen A5-5 t/m A5-7 is de gemiddelde toename van de watervraag voor de maximale dag, maximale decade en voor de jaarsom gegeven, voor het toekomstig klimaat voor het extreem droge jaar. Hiervoor is per bodem de gemiddelde watervraag genomen van de drie inrichtingsvarianten. Voor het rivierkleilandschap is geen verschil weergegeven, aangezien hier in het huidige klimaat alleen voor de suburbane inrichtingsvariant een watervraag is. Voor het toekomstig klimaat is in de stedelijke en de suburbane inrichtingsvariant sprake van een watervraag. De resultaten uit tabellen A5-5 t/m A5-7 kunnen samengevat worden als volgt:

- De maximale watervraag op dag-basis neemt toe voor alle landschappen.
 - Voor de zandige landschappen is deze toename beperkt (tussen de 0 en 6%).
 - Voor de klei- en veenlandschappen is de toename groter (tussen de 3 en 29%).
 - In het WH scenario is de grootste toename in watervraag te zien.
- De maximale watervraag op decade-basis neemt toe voor alle landschappen.
 - Voor de zandige landschappen is deze toename beperkt (tussen de 0 en 6%).
 - Voor de klei en veenlandschappen is de toename groter (tussen de 2 en 32%).
 - Met name voor het veenlandschap is er een grote spreiding te zien tussen de klimaatscenario's.
 - In het WH scenario is de grootste toename in watervraag te zien.
- De watervraag op jaarbasis neemt niet meer toe voor alle landschappen.
 - De watervraag voor het duinlandschap en heuvellandschap wordt lager (0 – 5 %).
 - De watervraag voor het zandlandschap neemt beperkt toe (0-2 %).
 - De watervraag voor de klei en veenlandschappen nemen toe (9- 60%).

De verschillen tussen de inrichtingstypologieën kunnen als volgt worden samengevat:

- De watervraag verandert procentueel het meest voor de hoogstedelijke inrichtingstypologie en het minst voor de suburbane inrichtingstypologie met de klimaatscenario's.
 - Wanneer we kijken naar de toename in absolute watervraag (dus niet naar procentuele toename), dan is het precies andersom.
 - De verschillen in verandering van de watervraag voor de klimaatscenario's tussen de inrichtingsvarianten zijn voor de zandige landschappen klein (tot maximaal 5 % voor het 2085_WH klimaatscenario).
 - Voor de klei en veenlandschappen zijn de verschillen tussen de inrichtingstypologieën een stuk groter.
 - Hierbij geldt dat hoe langer de periode waar we naar kijken (dag, decade, jaar), hoe groter het verschil in toename van watervraag tussen de klimaatscenario's.

In figuur A5-1 is de watervraag in het extreem droge jaar weergegeven, voor het hoogstedelijke zeekleilandschap. Hierin is zowel de watervraag voor het huidige klimaat, als bij de twee klimaatscenario's voor 2050 en 2085 weergegeven. Het hoogstedelijk zeekleilandschap is de typologie waarin de verschillen tussen de klimaatscenario's het grootst zijn. In Figuur A5-1 is ook te zien dat niet alleen de watervraag toeneemt met klimaatverandering, maar ook het wateroverschot. Dit wordt veroorzaakt door de toename aan neerslag in de winter.

Tabel A5-5: Verandering van de maximale watervraag per dag

Landschap	2050_WH Toename watervraag max. dag [%]	2050_WL Toename watervraag max. dag [%]	2085_WH Toename watervraag max. dag [%]	2085_WL Toename watervraag max. dag [%]
duinlandschap	1	0	2	1
veenlandschap	10	3	16	6
zeekleilandschap	16	9	29	16
rivierkleilandschap	-	-	-	-
zandlandschap	3	1	6	3
heuvellandschap	1	0	2	1

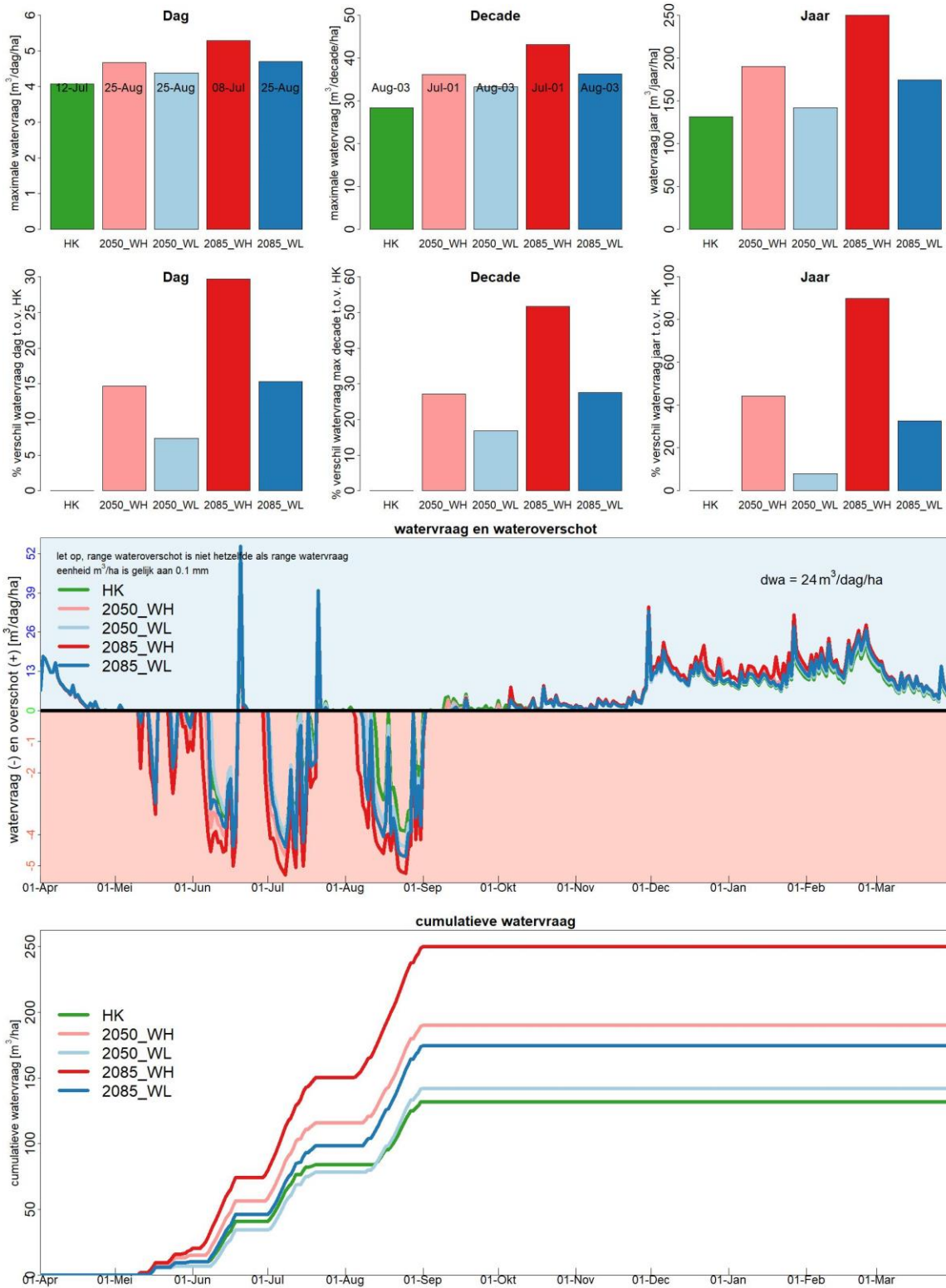
Tabel A5-6: Verandering van de maximale watervraag per decade

Landschap	2050_WH Toename watervraag max. decade [%]	2050_WL Toename watervraag max. decade [%]	2085_WH Toename watervraag max. decade [%]	2085_WL Toename watervraag max. decade [%]
duinlandschap	1	0	2	1
veenlandschap	10	2	20	7
zeekleilandschap	17	7	32	15
rivierkleilandschap	-	-	-	-
zandlandschap	3	1	6	3
heuvellandschap	1	0	2	1

Tabel A5-7: Verandering van de maximale watervraag per jaar

Landschap	2050_WH Toename watervraag jaar [%]	2050_WL Toename watervraag jaar [%]	2085_WH Toename watervraag jaar [%]	2085_WL Toename watervraag jaar [%]
duinlandschap	-4	0	-4	-1
veenlandschap	14	9	28	14
zeekleilandschap	31	11	60	26
rivierkleilandschap	-	-	-	-
zandlandschap	0	2	2	2
heuvellandschap	-5	0	-5	-2

klimatecenario's voor 1976 voor Hoogstedelijk zeeleilanschap



Figuur A5-1: Watervraag in 1976 voor hoogstedelijk zeeleilandschap, voor het huidige klimaat en de 4 klimatecenario's.

Tabel A5-8: Resultaten toekomstig klimaat voor het duinlandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	Klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Duinlandschap	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	8.09	25-Aug	79.51	Aug-03	1585
	extreem droog	Stedelijk	2050_WH	8.59	25-Aug	84.47	Aug-03	1638
	extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.82	25-Aug	86.84	Aug-03	1672
	nat	Hoogstedelijk	2050_WH	4.06	20-Aug	35.54	Aug-02	172
	nat	Stedelijk	2050_WH	3.73	20-Aug	31.86	Aug-02	125
	nat	Suburbaan	2050_WH	3.74	20-Aug	31.97	Aug-02	116
	droog	Hoogstedelijk	2050_WH	8.18	05-Sep	78.60	Sep-01	1254
	droog	Stedelijk	2050_WH	8.39	21-Sep	81.49	Sep-02	1247
	droog	Suburbaan	2050_WH	8.62	21-Sep	84.08	Sep-02	1255
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	6.43	21-Jun	60.76	Jun-03	895
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	7.05	09-Jul	66.27	Jul-01	913
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	7.59	04-Sep	72.31	Aug-03	948
	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	7.96	25-Aug	78.24	Aug-03	1650
	extreem droog	Stedelijk	2050_WL	8.46	25-Aug	83.21	Aug-03	1704
	extreem droog	Suburbaan	2050_WL	8.71	21-Nov	85.58	Aug-03	1719
	nat	Hoogstedelijk	2050_WL	3.48	20-Aug	29.25	Aug-02	125
	nat	Stedelijk	2050_WL	3.08	20-Aug	24.90	Aug-02	85
	nat	Suburbaan	2050_WL	3.06	20-Aug	24.68	Aug-02	78
	droog	Hoogstedelijk	2050_WL	7.99	05-Sep	76.74	Sep-02	1201
	droog	Stedelijk	2050_WL	8.20	21-Sep	79.39	Sep-02	1145
	droog	Suburbaan	2050_WL	8.40	21-Sep	81.62	Sep-02	1121
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	5.95	05-Jun	54.80	Jun-03	816
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	6.25	05-Jul	58.31	Jul-01	775
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	6.70	09-Jul	62.96	Jul-01	791
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	8.22	25-Aug	80.73	Aug-03	1573
	extreem droog	Stedelijk	2085_WH	8.67	25-Aug	85.29	Aug-03	1633
	extreem droog	Suburbaan	2085_WH	8.89	25-Aug	87.44	Aug-03	1677
	nat	Hoogstedelijk	2085_WH	4.68	20-Aug	42.36	Aug-02	224
	nat	Stedelijk	2085_WH	4.47	20-Aug	40.06	Aug-02	180
	nat	Suburbaan	2085_WH	4.44	20-Aug	39.71	Aug-02	165
	droog	Hoogstedelijk	2085_WH	8.32	05-Sep	80.16	Sep-01	1241
	droog	Stedelijk	2085_WH	8.47	22-Sep	82.01	Sep-02	1208
	droog	Suburbaan	2085_WH	8.66	22-Sep	84.22	Sep-02	1196
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	6.78	05-Jul	64.01	Jul-01	897
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	7.32	09-Jul	68.99	Jul-01	886
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	7.76	09-Jul	72.99	Jul-01	911
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	8.09	25-Aug	79.51	Aug-03	1635
	extreem droog	Stedelijk	2085_WL	8.53	25-Aug	83.97	Aug-03	1687
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	8.72	25-Aug	85.91	Aug-03	1700
	nat	Hoogstedelijk	2085_WL	3.95	20-Aug	34.33	Aug-02	149
	nat	Stedelijk	2085_WL	3.59	20-Aug	30.44	Aug-02	102
	nat	Suburbaan	2085_WL	3.56	20-Aug	30.15	Aug-02	91
droog	Hoogstedelijk	2085_WL	8.12	05-Sep	77.86	Sep-01	1215	
droog	Stedelijk	2085_WL	8.29	22-Sep	80.13	Sep-02	1162	
droog	Suburbaan	2085_WL	8.47	22-Sep	82.14	Sep-02	1144	
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	6.29	21-Jun	59.18	Jun-03	847	
gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	6.88	09-Jul	64.46	Jul-01	817	
gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	7.40	09-Jul	69.30	Jul-01	834	

Tabel A5-9: Resultaten toekomstig klimaat voor het heuvellandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Heuvellandschap	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WH	6.97	25-Aug	68.34	Aug-03	1486
	extreem droog	Stedelijk	2050 WH	7.74	21-Nov	75.74	Aug-03	1694
	extreem droog	Suburbaan	2050 WH	8.57	21-Nov	83.99	Nov-02	1842
	nat	Hooqstedelijk	2050 WH	2.35	20-Aug	19.41	Aug-02	75
	nat	Stedelijk	2050 WH	2.25	20-Aug	18.18	Aug-02	68
	nat	Suburbaan	2050 WH	2.53	31-Aug	19.37	Aug-02	77
	droog	Hooqstedelijk	2050 WH	6.84	21-Sep	65.44	Sep-02	1122
	droog	Stedelijk	2050 WH	7.40	21-Sep	71.25	Sep-02	1277
	droog	Suburbaan	2050 WH	8.13	10-Dec	79.11	Dec-01	1399
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WH	4.92	09-Jul	45.44	Jun-03	697
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WH	5.76	04-Sep	53.96	Aug-03	871
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WH	6.70	04-Sep	63.31	Aug-03	1014
	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WL	6.83	25-Aug	67.03	Aug-03	1552
	extreem droog	Stedelijk	2050 WL	7.79	21-Nov	76.04	Nov-02	1760
	extreem droog	Suburbaan	2050 WL	8.60	21-Nov	84.26	Nov-02	1921
	nat	Hooqstedelijk	2050 WL	1.80	20-Aug	13.73	Aug-02	42
	nat	Stedelijk	2050 WL	1.56	20-Aug	11.07	Aug-02	31
	nat	Suburbaan	2050 WL	1.84	31-Aug	11.51	Aug-02	33
	droog	Hooqstedelijk	2050 WL	6.62	21-Sep	63.16	Sep-02	1066
	droog	Stedelijk	2050 WL	7.17	10-Dec	69.17	Dec-01	1183
	droog	Suburbaan	2050 WL	8.07	10-Dec	78.49	Dec-01	1281
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WL	4.60	21-Jun	41.30	Jun-03	607
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WL	5.21	04-Sep	47.64	Aug-03	711
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WL	6.16	04-Sep	57.10	Aug-03	825
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WH	7.14	25-Aug	69.95	Aug-03	1472
	extreem droog	Stedelijk	2085 WH	7.87	25-Aug	77.32	Aug-03	1686
	extreem droog	Suburbaan	2085 WH	8.61	21-Nov	84.40	Nov-02	1835
	nat	Hooqstedelijk	2085 WH	2.93	20-Aug	25.69	Aug-02	114
	nat	Stedelijk	2085 WH	2.93	20-Aug	25.47	Aug-02	109
	nat	Suburbaan	2085 WH	3.49	10-Sep	26.91	Aug-02	120
	droog	Hooqstedelijk	2085 WH	6.98	22-Sep	66.48	Sep-02	1109
	droog	Stedelijk	2085 WH	7.48	22-Sep	71.65	Sep-02	1241
	droog	Suburbaan	2085 WH	8.08	10-Dec	78.52	Dec-01	1346
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WH	5.24	09-Jul	48.19	Jul-01	713
	gemiddeld	Stedelijk	2085 WH	5.95	28-Aug	55.92	Aug-03	868
	gemiddeld	Suburbaan	2085 WH	6.80	04-Sep	64.50	Aug-03	999
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WL	6.94	25-Aug	68.06	Aug-03	1525
	extreem droog	Stedelijk	2085 WL	7.80	21-Nov	76.09	Nov-02	1742
	extreem droog	Suburbaan	2085 WL	8.60	21-Nov	84.32	Nov-02	1899
	nat	Hooqstedelijk	2085 WL	2.16	20-Aug	17.38	Aug-02	55
nat	Stedelijk	2085 WL	2.00	20-Aug	15.55	Aug-02	46	
nat	Suburbaan	2085 WL	2.26	31-Aug	16.34	Aug-02	54	
droog	Hooqstedelijk	2085 WL	6.75	22-Sep	64.12	Sep-02	1070	
droog	Stedelijk	2085 WL	7.19	22-Sep	68.63	Sep-02	1183	
droog	Suburbaan	2085 WL	8.03	10-Dec	78.04	Dec-01	1278	
gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WL	4.76	21-Jun	43.68	Jun-03	646	
gemiddeld	Stedelijk	2085 WL	5.47	09-Jul	50.39	Aug-03	778	
gemiddeld	Suburbaan	2085 WL	6.38	04-Sep	59.57	Aug-03	905	

Tabel A5-10: Resultaten toekomstig klimaat voor het rivierkleinlandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Rivierkleinlandschap	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	extreem droog	Stedelijk	2050 WH	2.89	15-Jul	11.96	Jul-02	24
	extreem droog	Suburbaan	2050 WH	6.02	15-Jul	48.88	Aug-03	209
	nat	Hooqstedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	nat	Stedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	nat	Suburbaan	2050 WH	0.00		0.00		0
	droog	Hooqstedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	droog	Stedelijk	2050 WH	4.75	25-Aug	38.73	Aug-02	160
	droog	Suburbaan	2050 WH	8.36	25-Aug	78.83	Aug-02	440
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WH	0.00		0.00		0
	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	extreem droog	Stedelijk	2050 WL	1.56	31-Aug	2.09	Aug-03	2
	extreem droog	Suburbaan	2050 WL	4.58	15-Jul	37.28	Aug-03	112
	nat	Hooqstedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	nat	Stedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	nat	Suburbaan	2050 WL	0.00		0.00		0
	droog	Hooqstedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	droog	Stedelijk	2050 WL	3.39	25-Aug	24.34	Aug-02	74
	droog	Suburbaan	2050 WL	7.00	26-Aug	58.83	Aug-03	278
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WL	0.00		0.00		0
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WH	0.00		0.00		0
	extreem droog	Stedelijk	2085 WH	3.76	15-Jul	30.94	Aug-03	71
	extreem droog	Suburbaan	2085 WH	7.78	31-Aug	70.07	Aug-03	392
	nat	Hooqstedelijk	2085 WH	0.00		0.00		0
	nat	Stedelijk	2085 WH	0.00		0.00		0
	nat	Suburbaan	2085 WH	3.21	19-Aug	14.58	Aug-02	15
	droog	Hooqstedelijk	2085 WH	0.00		0.00		0
	droog	Stedelijk	2085 WH	5.48	25-Aug	45.57	Aug-02	212
	droog	Suburbaan	2085 WH	9.13	14-Aug	83.65	Aug-02	500
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WH	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Stedelijk	2085 WH	0.00		0.00		0
	gemiddeld	Suburbaan	2085 WH	0.00		0.00		0
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WL	0.00		0.00		0
	extreem droog	Stedelijk	2085 WL	2.25	25-Aug	10.32	Aug-03	15
	extreem droog	Suburbaan	2085 WL	5.33	31-Aug	45.07	Aug-03	161
	nat	Hooqstedelijk	2085 WL	0.00		0.00		0
nat	Stedelijk	2085 WL	0.00		0.00		0	
nat	Suburbaan	2085 WL	0.00		0.00		0	
droog	Hooqstedelijk	2085 WL	0.00		0.00		0	
droog	Stedelijk	2085 WL	4.18	25-Aug	31.72	Aug-02	119	
droog	Suburbaan	2085 WL	8.10	26-Aug	69.56	Aug-03	371	
gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WL	0.00		0.00		0	
gemiddeld	Stedelijk	2085 WL	0.00		0.00		0	
gemiddeld	Suburbaan	2085 WL	0.00		0.00		0	

Tabel A5-11: Resultaten toekomstig klimaat voor het veenlandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Veenlandschap	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WH	16.76	12-Jul	148.33	Jul-01	1439
	extreem droog	Stedelijk	2050 WH	25.34	12-Jul	219.62	Jul-01	2259
	extreem droog	Suburbaan	2050 WH	31.58	12-Jul	281.20	Jul-02	2878
	nat	Hooqstedelijk	2050 WH	11.57	19-Aug	95.92	Aug-02	310
	nat	Stedelijk	2050 WH	17.21	19-Aug	144.07	Aug-02	496
	nat	Suburbaan	2050 WH	21.20	19-Aug	180.58	Aug-02	668
	droog	Hooqstedelijk	2050 WH	16.93	12-Aug	159.26	Aug-02	1401
	droog	Stedelijk	2050 WH	25.25	15-Aug	242.30	Aug-02	2195
	droog	Suburbaan	2050 WH	31.10	15-Aug	300.42	Aug-02	2775
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WH	14.10	01-Jun	104.63	Mei-3	706
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WH	18.78	01-Jun	136.39	Mei-3	1157
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WH	22.65	04-Jun	170.94	Jun-03	1497
	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WL	15.65	12-Jul	137.19	Jul-01	1370
	extreem droog	Stedelijk	2050 WL	23.73	12-Jul	207.92	Aug-03	2165
	extreem droog	Suburbaan	2050 WL	29.40	12-Jul	254.61	Aug-03	2760
	nat	Hooqstedelijk	2050 WL	10.75	19-Aug	87.55	Aug-02	250
	nat	Stedelijk	2050 WL	15.97	19-Aug	131.20	Aug-02	399
	nat	Suburbaan	2050 WL	19.54	20-Aug	161.80	Aug-02	526
	droog	Hooqstedelijk	2050 WL	15.94	14-Aug	150.01	Aug-02	1190
	droog	Stedelijk	2050 WL	23.43	15-Aug	224.91	Aug-02	1861
	droog	Suburbaan	2050 WL	28.77	15-Aug	278.16	Aug-02	2337
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WL	13.30	01-Jun	97.47	Mei-3	529
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WL	17.78	01-Jun	126.65	Mei-3	851
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WL	21.39	04-Jun	148.62	Mei-3	1101
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WH	17.61	08-Jul	157.77	Jul-01	1601
	extreem droog	Stedelijk	2085 WH	26.68	15-Jul	241.34	Aug-03	2508
	extreem droog	Suburbaan	2085 WH	34.07	15-Jul	310.68	Jul-02	3241
	nat	Hooqstedelijk	2085 WH	14.05	19-Aug	127.16	Aug-02	479
	nat	Stedelijk	2085 WH	21.57	19-Aug	197.89	Aug-02	799
	nat	Suburbaan	2085 WH	26.90	19-Aug	248.91	Aug-02	1054
	droog	Hooqstedelijk	2085 WH	17.78	12-Aug	166.54	Aug-02	1477
	droog	Stedelijk	2085 WH	26.19	15-Aug	252.66	Aug-02	2290
	droog	Suburbaan	2085 WH	32.44	15-Aug	314.69	Aug-02	2936
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WH	14.36	01-Jun	104.56	Mei-3	776
	gemiddeld	Stedelijk	2085 WH	19.05	01-Jun	150.06	Jun-03	1222
	gemiddeld	Suburbaan	2085 WH	23.00	04-Jun	189.87	Jun-03	1563
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WL	16.12	12-Jul	142.25	Jul-01	1435
	extreem droog	Stedelijk	2085 WL	24.30	12-Jul	218.69	Aug-03	2252
	extreem droog	Suburbaan	2085 WL	30.45	12-Jul	270.49	Jul-02	2870
	nat	Hooqstedelijk	2085 WL	12.05	19-Aug	102.46	Aug-02	314
	nat	Stedelijk	2085 WL	18.08	19-Aug	155.39	Aug-02	494
	nat	Suburbaan	2085 WL	22.33	19-Aug	194.71	Aug-02	664
droog	Hooqstedelijk	2085 WL	16.68	14-Aug	157.70	Aug-02	1297	
droog	Stedelijk	2085 WL	24.72	15-Aug	237.80	Aug-02	2010	
droog	Suburbaan	2085 WL	30.14	15-Aug	291.71	Aug-02	2511	
gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WL	13.50	01-Jun	98.69	Mei-3	656	
gemiddeld	Stedelijk	2085 WL	17.97	01-Jun	127.89	Mei-3	1050	
gemiddeld	Suburbaan	2085 WL	21.66	04-Jun	158.59	Jun-03	1340	

Tabel A5-12: Resultaten toekomstig klimaat voor het zandlandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Zandlandschap	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WH	10.63	25-Aug	103.55	Aug-03	1745
	extreem droog	Stedelijk	2050 WH	12.43	31-Aug	121.66	Aug-03	2115
	extreem droog	Suburbaan	2050 WH	13.57	31-Aug	133.01	Aug-03	2342
	nat	Hooqstedelijk	2050 WH	6.44	20-Aug	57.07	Aug-02	267
	nat	Stedelijk	2050 WH	7.35	20-Aug	64.76	Aug-02	308
	nat	Suburbaan	2050 WH	8.06	20-Aug	71.50	Aug-02	352
	droog	Hooqstedelijk	2050 WH	11.18	05-Sep	106.54	Sep-02	1490
	droog	Stedelijk	2050 WH	13.39	21-Sep	130.02	Sep-02	1829
	droog	Suburbaan	2050 WH	14.55	21-Sep	141.87	Sep-02	2019
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WH	8.09	04-Sep	72.27	Aug-03	957
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WH	10.25	04-Sep	94.13	Aug-03	1153
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WH	11.40	04-Sep	106.00	Aug-03	1301
	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WL	10.46	25-Aug	101.95	Aug-03	1808
	extreem droog	Stedelijk	2050 WL	12.24	31-Aug	119.58	Aug-03	2151
	extreem droog	Suburbaan	2050 WL	13.41	31-Aug	131.20	Aug-03	2381
	nat	Hooqstedelijk	2050 WL	5.67	20-Aug	48.21	Aug-02	198
	nat	Stedelijk	2050 WL	6.15	20-Aug	51.44	Aug-02	216
	nat	Suburbaan	2050 WL	6.52	20-Aug	55.24	Aug-02	242
	droog	Hooqstedelijk	2050 WL	10.90	05-Sep	104.21	Sep-02	1406
	droog	Stedelijk	2050 WL	13.02	21-Sep	126.30	Sep-02	1667
	droog	Suburbaan	2050 WL	14.16	21-Sep	137.94	Sep-02	1817
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WL	7.10	21-Jun	62.72	Jun-03	830
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WL	8.66	04-Sep	77.92	Jul-01	953
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WL	10.00	09-Jul	91.88	Jul-01	1084
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WH	10.91	25-Aug	106.29	Aug-03	1770
	extreem droog	Stedelijk	2085 WH	12.88	25-Aug	126.19	Aug-03	2185
	extreem droog	Suburbaan	2085 WH	14.06	25-Aug	138.03	Aug-03	2421
	nat	Hooqstedelijk	2085 WH	7.56	20-Aug	69.22	Aug-02	361
	nat	Stedelijk	2085 WH	8.95	20-Aug	81.72	Aug-02	424
	nat	Suburbaan	2085 WH	9.91	20-Aug	90.96	Aug-02	476
	droog	Hooqstedelijk	2085 WH	11.36	05-Sep	108.16	Aug-03	1480
	droog	Stedelijk	2085 WH	13.57	22-Sep	131.44	Sep-02	1797
	droog	Suburbaan	2085 WH	14.68	22-Sep	142.87	Sep-02	1966
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WH	8.46	09-Jul	77.09	Jul-01	968
	gemiddeld	Stedelijk	2085 WH	10.42	09-Jul	96.66	Aug-03	1144
	gemiddeld	Suburbaan	2085 WH	11.52	04-Sep	107.54	Aug-03	1275
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WL	10.63	25-Aug	103.56	Aug-03	1804
	extreem droog	Stedelijk	2085 WL	12.40	31-Aug	121.40	Aug-03	2154
	extreem droog	Suburbaan	2085 WL	13.54	31-Aug	132.73	Aug-03	2382
	nat	Hooqstedelijk	2085 WL	6.42	20-Aug	56.63	Aug-02	248
nat	Stedelijk	2085 WL	7.30	20-Aug	63.95	Aug-02	278	
nat	Suburbaan	2085 WL	7.95	20-Aug	69.96	Aug-02	314	
droog	Hooqstedelijk	2085 WL	11.07	05-Sep	105.70	Sep-02	1426	
droog	Stedelijk	2085 WL	13.23	22-Sep	127.97	Sep-02	1710	
droog	Suburbaan	2085 WL	14.33	22-Sep	139.32	Sep-02	1874	
gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WL	7.73	04-Sep	67.97	Aug-03	901	
gemiddeld	Stedelijk	2085 WL	9.74	04-Sep	85.99	Sep-01	1060	
gemiddeld	Suburbaan	2085 WL	10.72	04-Sep	97.53	Jul-01	1195	

Tabel A5-13: Resultaten toekomstig klimaat voor het zeekleilandschap

landschap	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watervrraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervrraag	maximale decade- watervrraag (m ³ /ha/decade)	decade met maximale watervrraag	totale watervrraag gehele jaar (m ³ /ha)
Zeekleilandschap	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WH	4.68	25-Aug	36.14	Jul-01	190
	extreem droog	Stedelijk	2050 WH	6.31	25-Aug	54.40	Jul-01	398
	extreem droog	Suburbaan	2050 WH	6.92	25-Aug	61.21	Jul-01	564
	nat	Hooqstedelijk	2050 WH	0.00		0.00		0
	nat	Stedelijk	2050 WH	3.53	19-Aug	13.73	Aug-02	14
	nat	Suburbaan	2050 WH	4.05	19-Aug	26.18	Aug-02	26
	droog	Hooqstedelijk	2050 WH	5.25	07-Aug	46.92	Aug-01	255
	droog	Stedelijk	2050 WH	6.61	25-Aug	59.02	Aug-01	426
	droog	Suburbaan	2050 WH	7.06	25-Aug	64.85	Aug-01	498
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WH	3.92	01-Jun	15.09	Jun-01	32
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WH	5.20	01-Jun	20.85	Mei-3	108
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WH	6.03	19-Jun	31.85	Mei-3	189
	extreem droog	Hooqstedelijk	2050 WL	4.38	25-Aug	33.21	Aug-03	142
	extreem droog	Stedelijk	2050 WL	5.95	25-Aug	49.46	Aug-03	354
	extreem droog	Suburbaan	2050 WL	6.54	25-Aug	55.67	Jul-01	528
	nat	Hooqstedelijk	2050 WL	0.00		0.00		0
	nat	Stedelijk	2050 WL	2.36	20-Aug	2.70	Aug-02	3
	nat	Suburbaan	2050 WL	3.19	19-Aug	8.38	Aug-02	8
	droog	Hooqstedelijk	2050 WL	4.74	07-Aug	42.59	Aug-01	199
	droog	Stedelijk	2050 WL	6.12	25-Aug	53.04	Aug-01	340
	droog	Suburbaan	2050 WL	6.59	25-Aug	58.95	Aug-01	409
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2050 WL	3.36	01-Jun	11.73	Jun-01	17
	gemiddeld	Stedelijk	2050 WL	4.60	01-Jun	17.70	Jun-01	49
	gemiddeld	Suburbaan	2050 WL	5.07	01-Jun	22.69	Mei-3	97
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WH	5.29	08-Jul	43.12	Jul-01	250
	extreem droog	Stedelijk	2085 WH	7.00	25-Aug	60.01	Jul-01	480
	extreem droog	Suburbaan	2085 WH	7.61	25-Aug	66.23	Jul-01	644
	nat	Hooqstedelijk	2085 WH	2.99	19-Aug	11.86	Aug-02	12
	nat	Stedelijk	2085 WH	4.69	19-Aug	39.62	Aug-02	55
	nat	Suburbaan	2085 WH	5.26	19-Aug	45.72	Aug-02	83
	droog	Hooqstedelijk	2085 WH	5.64	07-Aug	50.48	Aug-01	297
	droog	Stedelijk	2085 WH	7.07	25-Aug	63.10	Aug-01	466
	droog	Suburbaan	2085 WH	7.49	25-Aug	68.38	Aug-01	531
	gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WH	4.06	01-Jun	16.03	Jun-01	41
	gemiddeld	Stedelijk	2085 WH	5.51	19-Jun	23.21	Jun-03	139
	gemiddeld	Suburbaan	2085 WH	6.33	19-Jun	32.36	Jun-02	216
	extreem droog	Hooqstedelijk	2085 WL	4.70	25-Aug	36.26	Aug-03	174
	extreem droog	Stedelijk	2085 WL	6.33	25-Aug	53.10	Aug-03	394
	extreem droog	Suburbaan	2085 WL	6.91	25-Aug	58.96	Aug-03	564
	nat	Hooqstedelijk	2085 WL	0.33	20-Aug	0.33	Aug-02	0
nat	Stedelijk	2085 WL	3.66	19-Aug	16.82	Aug-02	17	
nat	Suburbaan	2085 WL	4.15	19-Aug	29.62	Aug-02	30	
droog	Hooqstedelijk	2085 WL	5.16	07-Aug	46.18	Aug-01	236	
droog	Stedelijk	2085 WL	6.50	25-Aug	57.01	Aug-01	392	
droog	Suburbaan	2085 WL	6.95	25-Aug	62.65	Aug-01	459	
gemiddeld	Hooqstedelijk	2085 WL	3.49	01-Jun	13.00	Jun-01	22	
gemiddeld	Stedelijk	2085 WL	4.68	01-Jun	18.60	Jun-01	83	
gemiddeld	Suburbaan	2085 WL	5.50	19-Jun	27.78	Aug-03	153	

A5.3 Klimaatadaptatiemaatregelen

Er wordt in de resultaten, net als in de beschrijving van de maatregelen, onderscheid gemaakt tussen twee typen maatregelen, met in paragraaf A5.3.1 de resultaten voor de maatregelpakketten en in paragraaf A5.3.2 de resultaten voor het grondwaterpeilbeheer.

A5.3.1 Impact van de maatregelpakketten op de watervraag

In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de uitkomsten van de berekeningen van de impact van de maatregelpakketten op de watervraag. De belangrijkste resultaten zijn hieronder samengevat, per punt wordt verderop in deze paragraaf een toelichting gegeven.

1. Voor 4 van de 6 landschapstypen neemt de watervraag toe bij het uitvoeren van de gematigde en ambitieuze strategie in het extreem droge jaar (1976).
2. Voor het duin- en heuvellandschap is een afname van de watervraag te zien bij het uitvoeren van de gematigde en ambitieuze strategie in het extreem droge jaar (1976).
3. Voor het zandlandschap is een toename van de watervraag in het extreem droge jaar (1976) te zien en een afname in het gemiddelde jaar (2017).
4. Voor het rivierkleilandschap zijn de verschillen lastig weer te geven, doordat er huidig geen watervraag is.
5. Er is weinig verschil in de impact van de maatregelpakketten tussen de klimaatscenario's.
6. De inrichtingsvariant heeft wel invloed op de impact (zowel procentuele als absolute toename van de watervraag) van de maatregelpakketten: hoe stedelijker de inrichting, hoe groter de impact van de maatregelpakketten.
7. Bij een gemiddeld jaar hebben de klimaatadaptieve maatregelpakketten een positiever effect (=minder watervraag) op de watervraag dan bij een extreem droog jaar.
8. Met de beschouwde klimaatadaptieve maatregelpakketten worden de piek wateroverschotten kleiner voor de zandige landschappen en groter voor de klei- en veenlandschappen.

Om een indruk te geven van het effect van de maatregelen op de watervraag, is in Tabel A5-14 de maximale watervraag per dag weergegeven, uitgedrukt als percentage ten opzichte van de watervraag zonder maatregelen en uitgedrukt als absolute verandering ten opzichte van de watervraag zonder maatregelen. Het beschouwde jaar is hier 1976 (het extreem droge jaar) voor de stedelijke inrichtingstypologie, voor het huidige klimaat en het klimaat 2085_WH. In Tabel A5-15 is ditzelfde weergegeven, maar dan voor de watervraag in de maximale decade.

Tabel A5-14: Verandering van de watervraag per dag, voor de gematigde en ambitieuze strategieën ten opzichte van de huidige inrichting. De resultaten gaan over het extreem droge jaar (1976), voor de stedelijke inrichtingstypologie. De linker kolom geeft telkens de procentuele verandering weer, de rechter de absolute verandering.

Klimaat ->	Huidig		Huidig		2085_WH		2085_WH	
Landschap	Gematigde strategie: verandering watervraag max. dag t.o.v. huidige inrichting		Ambitieuze strategie: verandering watervraag max. dag [%] t.o.v. huidige inrichting		Gematigde strategie: verandering watervraag max. dag t.o.v. huidige inrichting		Ambitieuze strategie: verandering watervraag max. dag t.o.v. huidige inrichting	
Eenheid ->	[%]	m3/ha/dag	[%]	m3/ha/dag	[%]	m3/ha/dag	[%]	m3/ha/dag
duinlandschap	-3.8	-0.32	-5.6	-0.47	-4.3	-0.38	-6.2	-0.54
veenlandschap	11	2.51	21.6	4.95	10.5	2.79	21.9	5.85
zeekleilandschap	16.8	0.91	35.1	1.9	16.8	1.17	34.4	2.41
rivierkleilandschap	-	1.36	-	3.49	39.9	1.5	78.8	2.96
zandlandschap	2.4	0.29	7.1	0.86	1.7	0.22	6.3	0.81
heuvellandschap	-4.7	-0.37	-5.1	-0.39	-2.6	-0.2	-2.7	-0.22

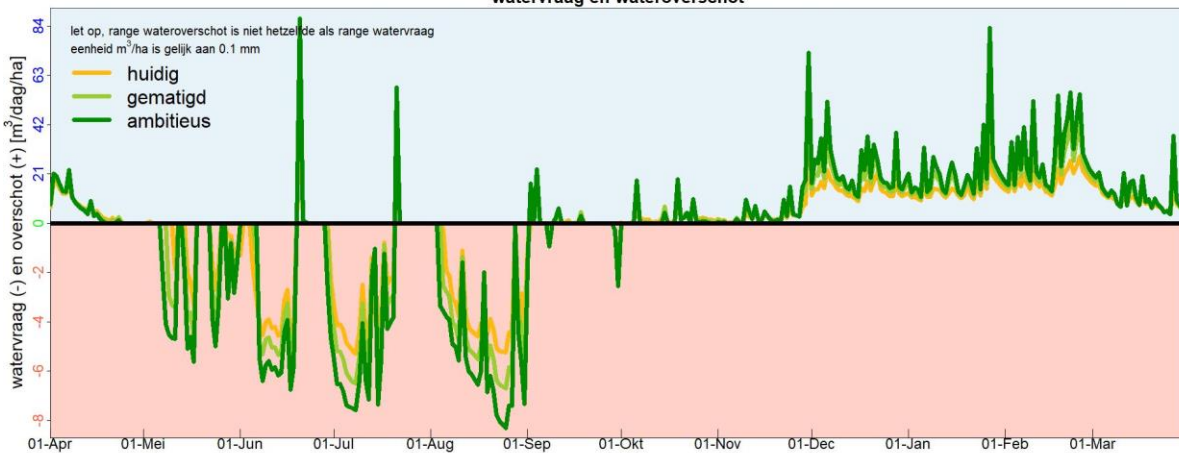
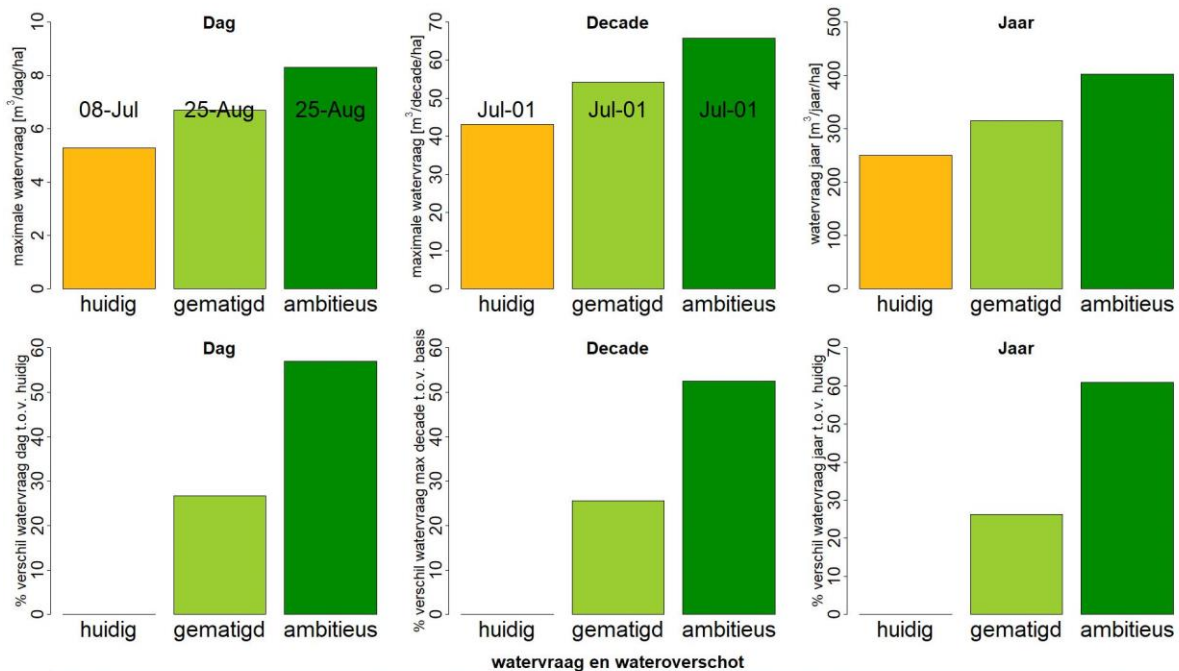
Tabel A5-15: Verandering van de watervraag in de maximale decade, voor de gematigde en ambitieuze strategieën ten opzichte van de huidige inrichting. De resultaten gaan over het extreem droge jaar (1976), voor de stedelijke inrichtingstypologie. De linker kolom geeft telkens de procentuele verandering weer, de rechter de absolute verandering.

Klimaat ->	Huidig		Huidig		2085_WH		2085_WH	
Landschap	Gematigde strategie: verandering watervraag max. decade t.o.v. huidige inrichting		Ambitieuze strategie: verandering watervraag max. decade t.o.v. huidige inrichting		Gematigde strategie: verandering watervraag max. decade t.o.v. huidige inrichting		Ambitieuze strategie: verandering watervraag max. decade t.o.v. huidige inrichting	
eenheid	[%]	m3/ha/dag	[%]	m3/ha/dag	[%]	m3/ha/dag	[%]	m3/ha/dag
duinlandschap	-4.2	-3.5	-6.3	-5.3	-4.7	-4	-6.8	-5.8
veenlandschap	11.7	23.5	23.3	46.8	10	24.2	20.4	49.1
zeekleilandschap	14.8	7.1	31	14.9	13.5	8.1	28.5	17.1
rivierkleilandschap	-	3.2	-	11.7	37.1	11.5	74.8	23.1
zandlandschap	2.4	2.9	7.2	8.4	1.5	1.9	5.9	7.5
heuvellandschap	-4.3	-3.3	-4.9	-3.7	-2.9	-2.3	-3.3	-2.6

1. Toename van de watervraag

Het meest opmerkelijke resultaat is dat de watervraag voor 4 van de 6 landschapstypes toeneemt. De oorzaak hiervan ligt in het waterverbruik van gras, struiken en bomen. Doordat er meer groen is in de gematigde en ambitieuze strategie, is er ook meer waterverbruik. De toegenomen infiltratie naar de bodem (waterdoorlatende verharding en minder verharding door meer groen) en het vergrote oppervlak aan open water hebben niet voldoende effect om het waterverbruik van extra gras, struiken en bomen te compenseren. In Figuur A5-2 is een voorbeeld gegeven van een situatie waarin de watervraag toeneemt.

Maatregelenpakket voor Hoogstedelijk zeekleilandschap 1976 klimaat 2085_WH



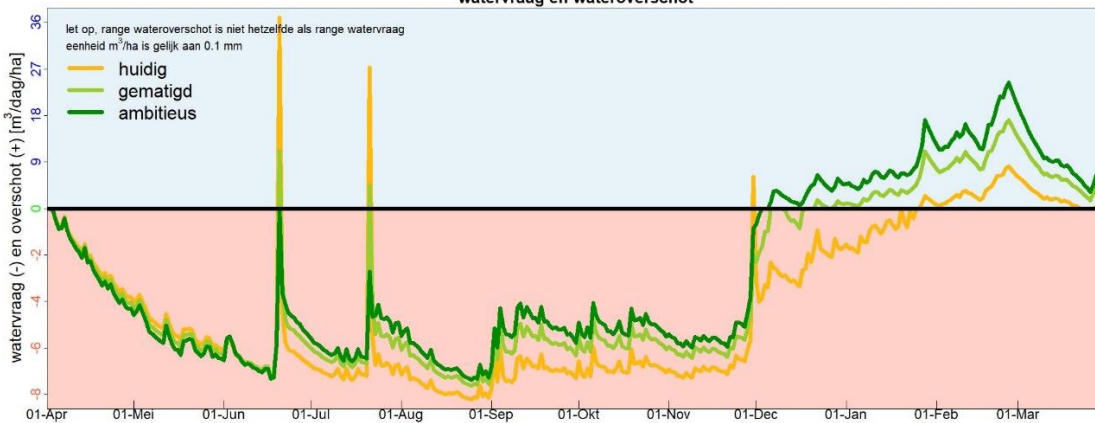
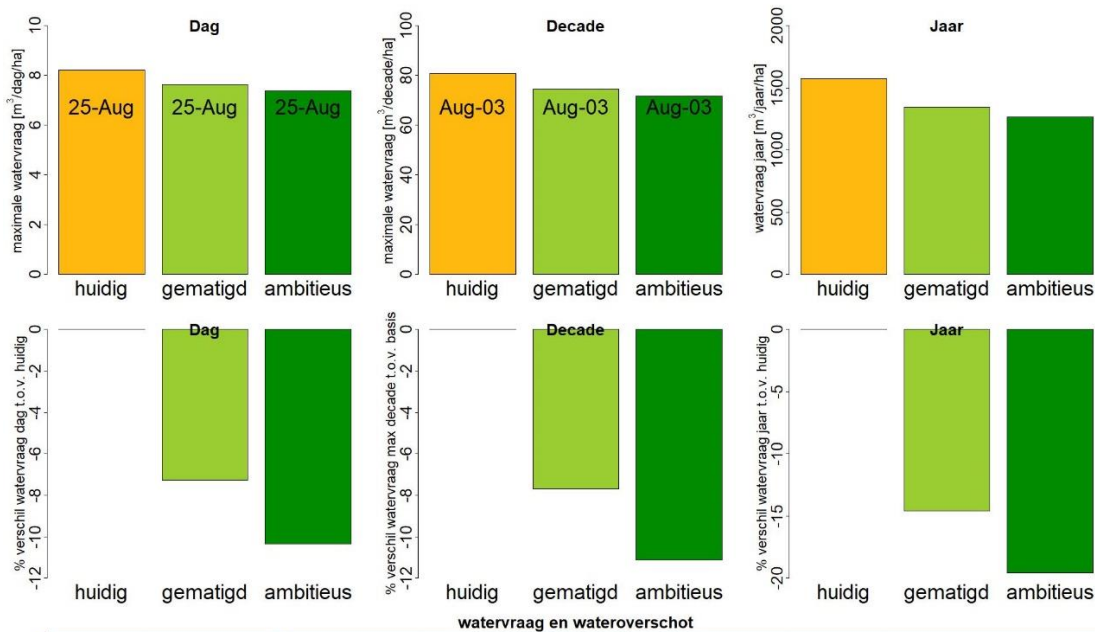
Figuur A5-2: Resultaten maatregelenpakketten voor hoogstedelijk zeekleilandschap voor het jaar 1976, klimaat 2085_WH
Let op! De schaal voor de positieve waarden (overschot) is anders gekozen dan die voor negatieve waarden (watervraag) omdat anders de watervraag niet goed afgelezen kan worden in de grafiek.

2. Afname van de watervraag

Voor het duinlandschap en het heuvellandschap is er wel een afname in de watervraag. Hier is de toename aan infiltratie in de bodem (waterdoorlatende verharding, afkoppelen verhard oppervlak en minder verharding door meer groen) dusdanig dat het grotere waterverbruik van groen wordt gecompenseerd. In Figuur A5-3 is een voorbeeld gegeven van een situatie waarin de watervraag afneemt.

Een belangrijke factor die hierin een rol speelt is de wijze van afkoppelen. Voor de zandlandschappen is aangenomen dat afkoppelen plaatsvindt door bodeminfiltatie. Voor de klei- en veenlandschappen is aangenomen dat afkoppelen plaatsvindt op het open water. Dit zorgt voor een verlaging van de watervraag voor de zandige gebieden (omdat het grondwater door afkoppelen wordt aangevuld), terwijl voor de klei- en veengebieden het afkoppelen niet bijdraagt aan het aanvullen van het grondwater.

Maatregelenpakket voor Hoogstedelijk duinlandschap 1976 klimaat 2085_WH

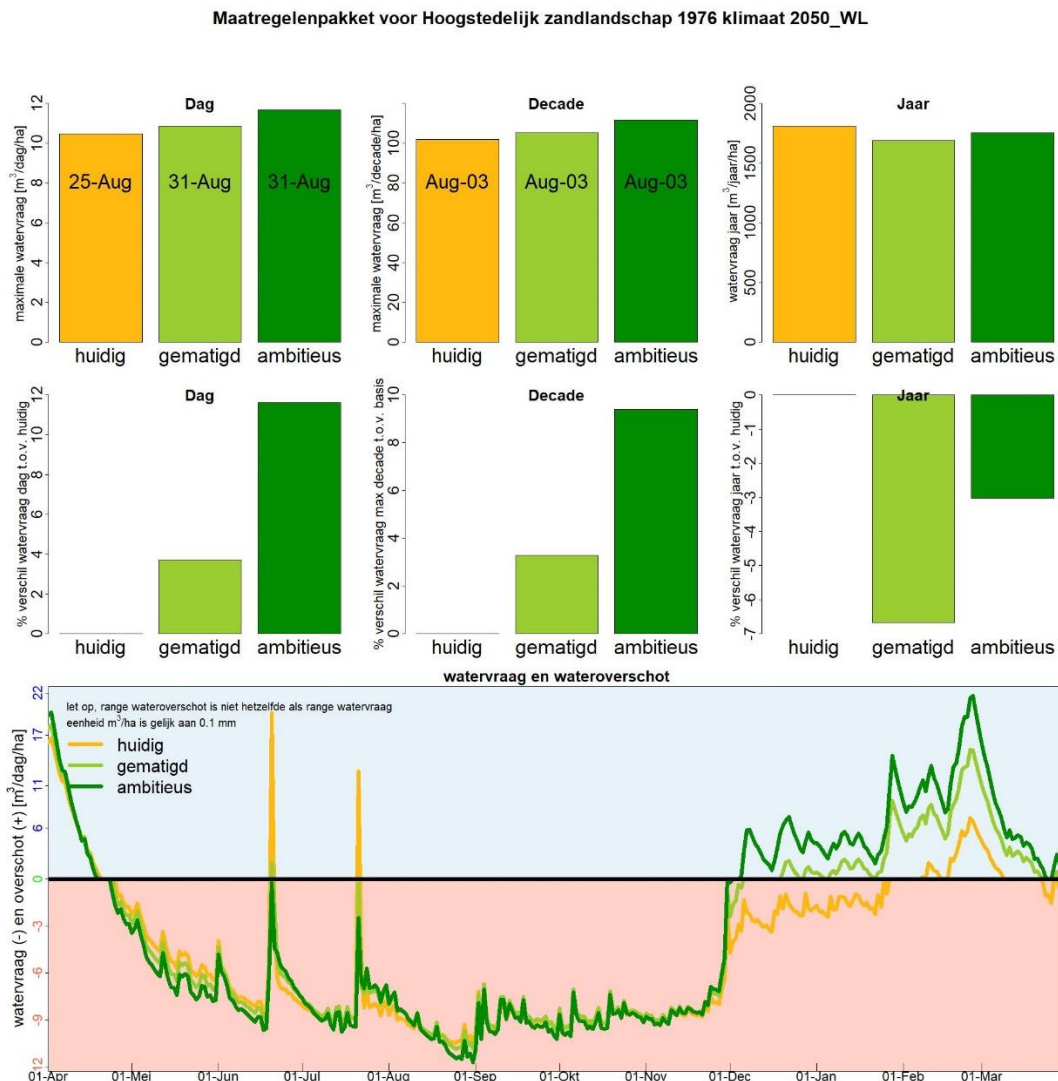


Figuur 5-3: Resultaten maatregelenpakketten voor hoogstedelijk duinlandschap voor het jaar 1976, klimaat 2085_WH

3. Toelichting voor het zandlandschap

Voor het zandlandschap zou op basis van bovenstaande redenering ook worden verwacht dat de watervraag zou afnemen met de maatregelpakketten, maar dit is voor veel berekende varianten niet het geval. Voor het droogste jaar (1976) zien we een toename in de watervraag, terwijl in de meeste gevallen in het gemiddelde jaar (2017) er een afname is van de watervraag. Voor het zandlandschap geldt dat er, net als voor het duin- en heuvellandschap, er vlak na een periode van neerslag een lagere watervraag is met de maatregelpakketten dan in de huidige situatie. Waar de watervraag bij het duin- en heuvellandschap ook in de periode daarna lager blijft dan met de huidige inrichting, neemt de watervraag in het zandlandschap sneller toe, waardoor de uiteindelijke watervraag hier hoger is. Figuur A5-4 geeft een voorbeeld van zo'n situatie voor het zandlandschap.

De oorzaak hiervan ligt in de toename van de infiltratie aan de ene kant en de toename aan verdamping aan de andere kant. Doordat er meer water infiltreert, is er vlak na een periode van neerslag meer water de grond ingetrokken, waardoor de watervraag lager is. Door de toename aan groen wordt er wel meer water verdampt. Als vervolgens de periode van droogte lang genoeg duurt, is de uiteindelijke watervraag groter geworden.



Figuur A5-4: Resultaten maatregelpakketten voor hoogstedelijk zandlandschap voor het jaar 1976, klimaat 2050_WL

4. Toelichting voor het rivierkleilandschap

Voor het rivierkleilandschap is er in de tabellen (Tabellen A5-13 en A5-14) met resultaten voor het huidige klimaat een ‘-’ te zien, omdat er in het huidige klimaat met de huidige inrichting geen watervraag is. Met klimaatadaptieve maatregelen is er wel een kleine watervraag in het huidige klimaat.

Voor het klimaat van 2085 met klimaatscenario WH is er een grote procentuele toename te zien in de watervraag. Dit komt omdat de watervraag met de huidige inrichting klein is, daarom is de toename relatief gezien erg groot. In absolute waarde is de toename vergelijkbaar met de toename voor het zeeleilandschap.

5. Verschillen tussen klimaatscenario's

De impact van de maatregelpakketten op de watervraag verschilt weinig tussen de klimaatscenario's. Wel blijkt uit eerdere berekeningen dat de watervraag toeneemt met klimaatverandering, waardoor de absolute verandering van de watervraag door de maatregelpakketten wel groter is in het toekomstige klimaat dan in het huidige klimaat. Procentueel is dit verschil klein.

6. Verschillen tussen inrichtingsvarianten

De impact van de maatregelenpakketten op de watervraag verschilt tussen de inrichtingsvarianten. Hoe meer verhard een gebied is, des te groter is de impact van de maatregelen op de watervraag. Dit komt doordat de aanpassingen aan de inrichting in de maatregelpakketten procentueel zijn, waardoor er in hoogstedelijke gebieden bijvoorbeeld meer verharding wordt vervangen door groen dan in suburbane gebieden.

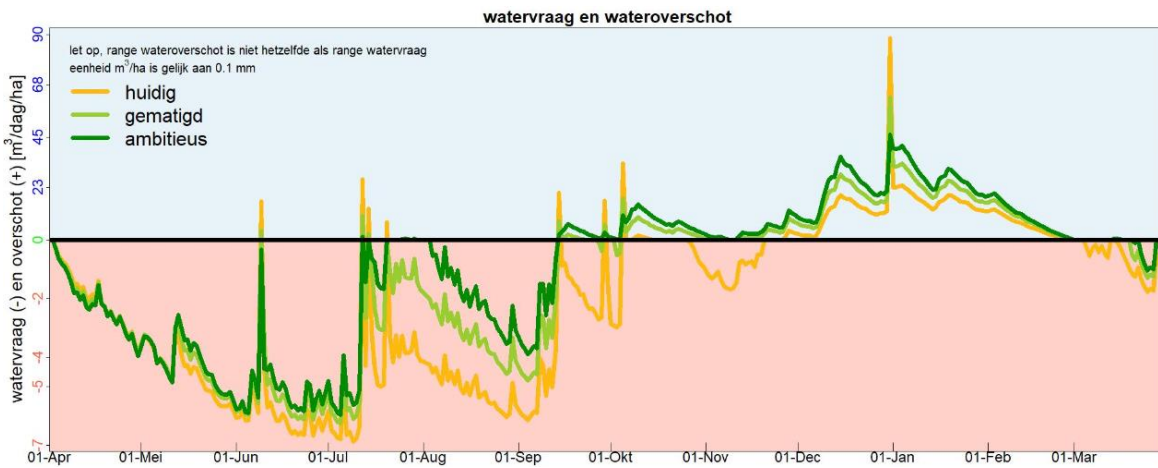
7. Resultaten voor een gemiddeld jaar

De resultaten die hierboven zijn besproken gaan voornamelijk over het extreem droge jaar. Wanneer we kijken naar een gemiddeld jaar, valt op dat de klimaatadaptieve maatregelen eerder zorgen voor een afname van de watervraag. Bij de landschapstypologieën waar er in het extreem droge jaar sprake is van een toename van de watervraag, is deze bij het gemiddelde jaar over het algemeen kleiner. Voor het zandlandschap is deze, zoals uitgelegd onder punt 3, omgeslagen naar een afname van de watervraag. Waar in het extreem droge jaar al sprake was van een afname van de watervraag, is deze afname in het gemiddelde jaar groter geworden.

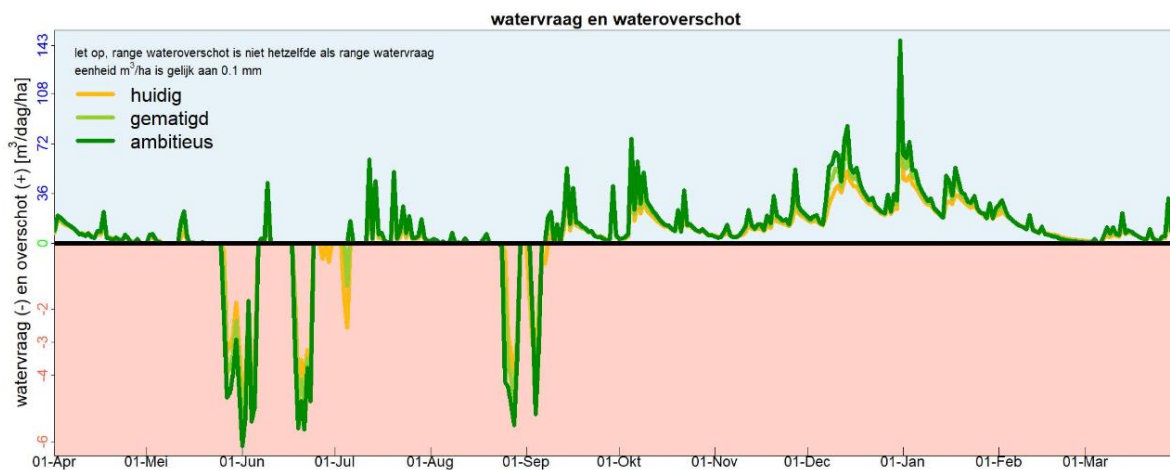
Een verklaring voor het verschil tussen het gemiddelde jaar en het extreem droge jaar is de hoeveelheid neerslag. In een gemiddeld jaar is er meer neerslag. Met de klimaatadaptieve maatregelen kan er meer water infiltreren in de bodem. Voor een gemiddeld jaar heeft dit een groter effect dan voor een extreem droog jaar, omdat er meer neerslag is om te infiltreren.

8. Veranderingen wateroverschot

Naast invloed op de watervraag, hebben klimaatadaptieve maatregelen ook een effect op het wateroverschot. Bij de zandige landschappen zien we dat er minder grote pieken zijn in het wateroverschot bij een periode van heftige neerslag. Ter illustratie daarvan is in Figuur A5-5 te zien dat, vooral bij de piek rond 1 januari, de piek van wateroverschot wordt afgevlakt met klimaatadaptieve maatregelen. Voor de klei- en de veengronden zien we een ander beeld. Hier zien we een toename van het wateroverschot bij klimaatadaptieve maatregelen, zoals te zien is in Figuur A5-6. De oorzaak van dit verschil zit voornamelijk in de wijze van afkoppelen. Voor de zandondergronden gaan we er van uit dat afkoppeling plaats vindt doormiddel van infiltratie in de bodem, waardoor het wateroverschot vertraagd naar het oppervlaktewater afstroomt. Voor de klei- en veengronden gaan we uit van afkoppelen naar het oppervlaktewater en leidt een neerslagpiek direct tot afvoer naar en een overschot in het oppervlaktewater.



Figuur A5-5 Watervraag en wateroverschot voor het stedelijke duinlandschap voor het gemiddelde jaar voor klimaat 2085_WL



Figuur A5-6: Zelfde als Figuur 2-2, maar dan voor het veenlandschap

Tabel A5-16: Resultaten maatregelenpakketten voor het duinlandschap

landschap	strategie	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watergraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watergraag	maximale decade- watergraag (m ³ /ha/decade)	maximale decade met watergraag	totale watergraag gehele jaar (m ³ /ha)
Duinlandschap	gematigd	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	7.41	25-Aug	72.44	Aug-03	1397
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	5.80	05-Jun	50.54	Jun-03	524
		extreem droog	Stedelijk	HK	8.15	25-Aug	79.92	Aug-03	1546
		gemiddeld	Stedelijk	HK	6.31	21-Jun	58.48	Jun-03	636
		extreem droog	Suburbaan	HK	8.68	25-Aug	85.28	Aug-03	1638
		gemiddeld	Suburbaan	HK	6.92	05-Jul	64.81	Jun-03	747
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	7.55	25-Aug	73.80	Aug-03	1348
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	5.82	05-Jun	53.18	Jun-03	568
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	8.24	25-Aug	80.80	Aug-03	1508
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	6.52	05-Jul	60.81	Jun-03	716
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.74	25-Aug	85.80	Aug-03	1624
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	7.20	09-Jul	67.90	Jul-01	845
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	7.38	25-Aug	72.19	Aug-03	1372
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	5.57	05-Jun	47.12	Mei-3	457
		extreem droog	Stedelijk	2050_WL	8.09	25-Aug	79.30	Aug-03	1529
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	5.93	05-Jun	51.20	Mei-3	551
		extreem droog	Suburbaan	2050_WL	8.59	25-Aug	84.39	Aug-03	1644
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	6.30	05-Jun	58.00	Jul-01	654
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	7.62	25-Aug	74.51	Aug-03	1343
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	6.14	05-Jul	56.04	Jun-03	581
		extreem droog	Stedelijk	2085_WH	8.30	25-Aug	81.29	Aug-03	1511
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	6.85	05-Jul	63.89	Jul-01	700	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WH	8.77	25-Aug	86.09	Aug-03	1624	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	7.44	09-Jul	70.27	Jul-01	807	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	7.48	25-Aug	73.09	Aug-03	1364	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	5.62	05-Jun	50.10	Jun-03	494	
	extreem droog	Stedelijk	2085_WL	8.14	25-Aug	79.79	Aug-03	1518	
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	6.27	05-Jul	57.71	Jul-01	600	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	8.61	25-Aug	84.51	Aug-03	1628	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	6.97	05-Jul	65.39	Jul-01	706	
	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	7.20	17-Jun	69.98	Aug-03	1278	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	5.69	05-Jun	47.84	Mei-3	420	
	extreem droog	Stedelijk	HK	8.00	25-Aug	78.19	Aug-03	1470	
	gemiddeld	Stedelijk	HK	6.14	05-Jun	55.65	Jun-03	544	
	extreem droog	Suburbaan	HK	8.60	25-Aug	84.26	Aug-03	1610	
	gemiddeld	Suburbaan	HK	6.82	21-Jun	63.38	Jun-03	685	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	7.37	17-Jun	71.21	Aug-03	1274	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	5.69	05-Jun	49.04	Jun-03	457	
	extreem droog	Stedelijk	2050_WH	8.09	25-Aug	79.04	Aug-03	1466	
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	6.28	05-Jul	58.32	Jun-03	634	
	extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.66	25-Aug	84.80	Aug-03	1606	
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	7.08	05-Jul	65.87	Jul-01	787	
extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	7.13	25-Aug	69.41	Aug-03	1265		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	5.39	05-Jun	43.90	Mei-3	361		
extreem droog	Stedelijk	2050_WL	7.92	25-Aug	77.39	Aug-03	1466		
gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	5.87	05-Jun	49.56	Mei-3	461		
extreem droog	Suburbaan	2050_WL	8.50	25-Aug	83.27	Aug-03	1611		
gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	6.34	05-Jun	55.16	Mei-3	586		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	7.37	25-Aug	71.74	Aug-03	1265		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	5.82	05-Jul	52.17	Jun-03	471		
extreem droog	Stedelijk	2085_WH	8.14	25-Aug	79.47	Aug-03	1461		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	6.66	05-Jul	61.01	Jul-01	624		
extreem droog	Suburbaan	2085_WH	8.70	25-Aug	85.14	Aug-03	1603		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	7.34	05-Jul	68.74	Jul-01	758		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	7.25	17-Jun	70.16	Aug-03	1266		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	5.44	05-Jun	44.93	Jun-03	388		
extreem droog	Stedelijk	2085_WL	7.97	25-Aug	77.83	Aug-03	1458		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	5.97	05-Jul	54.47	Jun-03	506		
extreem droog	Suburbaan	2085_WL	8.52	25-Aug	83.43	Aug-03	1598		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	6.81	05-Jul	62.97	Jul-01	643		
ambitieuus									

Tabel A5-17: Resultaten maatregelenpakketten voor het heuvellandschap

landschap	strategie	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- waterkraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale waterkraag	maximale decade- waterkraag (m ³ /ha/decade)	maximale decade met waterkraag	totale waterkraag gehele jaar (m ³ /ha)
Heuvellandschap	gematigd	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	6.45	25-Aug	62.91	Aug-03	1328
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	4.29	21-Jun	37.82	Jun-03	355
		extreem droog	Stedelijk	HK	7.38	25-Aug	72.36	Aug-03	1627
		gemiddeld	Stedelijk	HK	5.03	21-Jun	45.93	Jun-03	540
		extreem droog	Suburbaan	HK	8.34	21-Nov	81.37	Nov-02	1839
		gemiddeld	Suburbaan	HK	5.79	05-Jul	53.57	Jul-01	727
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	6.59	25-Aug	64.28	Aug-03	1271
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	4.39	21-Jun	39.91	Jun-03	408
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	7.52	25-Aug	73.67	Aug-03	1563
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	5.27	09-Jul	48.46	Jul-01	647
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.31	21-Nov	81.09	Nov-02	1767
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	6.12	09-Jul	56.35	Jul-01	872
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	6.39	25-Aug	62.32	Aug-03	1302
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	4.09	05-Jun	33.78	Jun-03	314
		extreem droog	Stedelijk	2050_WL	7.41	21-Nov	71.83	Nov-02	1612
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	4.63	05-Jul	41.52	Jun-03	488
		extreem droog	Suburbaan	2050_WL	8.36	21-Nov	81.59	Nov-02	1833
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	5.46	05-Jul	50.10	Jul-01	662
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	6.72	25-Aug	65.57	Aug-03	1263
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	4.68	05-Jul	42.28	Jul-01	428
		extreem droog	Stedelijk	2085_WH	7.67	25-Aug	75.07	Aug-03	1558
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	5.55	09-Jul	51.20	Jul-01	634	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WH	8.34	25-Aug	81.88	Aug-03	1761	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	6.33	09-Jul	58.29	Jul-01	847	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	6.48	25-Aug	63.19	Aug-03	1294	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	4.12	05-Jun	36.97	Jun-03	348	
	extreem droog	Stedelijk	2085_WL	7.41	25-Aug	72.56	Aug-03	1599	
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	4.99	05-Jul	45.40	Jul-01	538	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	8.34	21-Nov	81.38	Nov-02	1815	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	5.82	09-Jul	53.62	Jul-01	737	
	ambitieuw	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	6.34	25-Aug	61.63	Aug-03	1239
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	4.26	05-Jun	34.94	Mei-3	285
		extreem droog	Stedelijk	HK	7.36	25-Aug	71.90	Aug-03	1564
		gemiddeld	Stedelijk	HK	4.94	21-Jun	44.45	Jun-03	459
		extreem droog	Suburbaan	HK	8.22	21-Nov	80.02	Nov-02	1800
		gemiddeld	Suburbaan	HK	5.76	05-Jul	52.58	Jul-01	663
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	6.50	25-Aug	63.17	Aug-03	1190
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	4.25	05-Jun	37.20	Jun-03	322
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	7.51	25-Aug	73.37	Aug-03	1505
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	5.15	05-Jul	46.63	Jul-01	541
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.27	25-Aug	81.01	Aug-03	1735
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	6.07	09-Jul	55.86	Jul-01	793
extreem droog		Hoogstedelijk	2050_WL	6.25	25-Aug	60.74	Aug-03	1215	
gemiddeld		Hoogstedelijk	2050_WL	3.99	05-Jun	31.80	Mei-3	246	
extreem droog		Stedelijk	2050_WL	7.29	25-Aug	71.17	Aug-03	1553	
gemiddeld		Stedelijk	2050_WL	4.52	05-Jun	38.94	Jun-03	397	
extreem droog		Suburbaan	2050_WL	8.25	21-Nov	80.28	Nov-02	1799	
gemiddeld		Suburbaan	2050_WL	5.38	05-Jul	48.47	Jul-01	603	
extreem droog		Hoogstedelijk	2085_WH	6.62	25-Aug	64.36	Aug-03	1179	
gemiddeld		Hoogstedelijk	2085_WH	4.50	05-Jul	39.77	Jun-03	341	
extreem droog		Stedelijk	2085_WH	7.65	25-Aug	74.74	Aug-03	1497	
gemiddeld		Stedelijk	2085_WH	5.45	05-Jul	49.84	Jul-01	542	
extreem droog		Suburbaan	2085_WH	8.41	25-Aug	82.35	Aug-03	1727	
gemiddeld		Suburbaan	2085_WH	6.31	09-Jul	58.18	Jul-01	760	
extreem droog		Hoogstedelijk	2085_WL	6.33	25-Aug	61.53	Aug-03	1202	
gemiddeld		Hoogstedelijk	2085_WL	4.02	05-Jun	33.27	Jun-03	267	
extreem droog		Stedelijk	2085_WL	7.36	25-Aug	71.89	Aug-03	1536	
gemiddeld		Stedelijk	2085_WL	4.82	05-Jul	42.90	Jun-03	448	
extreem droog		Suburbaan	2085_WL	8.21	21-Nov	79.91	Nov-02	1780	
gemiddeld		Suburbaan	2085_WL	5.73	05-Jul	52.60	Jul-01	658	

Tabel A5-18: Resultaten maatregelenpakketten voor het rivierkleinlandschap

landschap	strategie	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	maximale decade met watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Rivierkleinlandschap	gematigd	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	0.00		0.00		0
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	0.00		0.00		0
		extreem droog	Stedelijk	HK	1.36	12-Jul	3.24	Jul-02	3
		gemiddeld	Stedelijk	HK	0.00		0.00		0
		extreem droog	Suburbaan	HK	5.32	15-Jul	32.20	Jul-02	90
		gemiddeld	Suburbaan	HK	0.00		0.00		0
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	3.62	12-Jul	21.88	Aug-03	48
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	7.16	15-Jul	56.67	Aug-03	244
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	0.00		0.00		0
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0
		extreem droog	Stedelijk	2050_WL	2.69	31-Aug	10.88	Aug-03	19
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0
		extreem droog	Suburbaan	2050_WL	5.57	15-Jul	43.54	Aug-03	132
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	0.00		0.00		0
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	0.00		0.00		0
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	0.00		0.00		0
		extreem droog	Stedelijk	2085_WH	5.26	31-Aug	42.43	Aug-03	120
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WH	8.84	29-Aug	79.36	Aug-03	436	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Stedelijk	2085_WL	3.42	31-Aug	20.76	Aug-03	37	
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	6.46	31-Aug	53.17	Aug-03	196	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	0.00		0.00		0	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Stedelijk	HK	3.49	12-Jul	11.65	Jul-02	21	
	gemiddeld	Stedelijk	HK	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Suburbaan	HK	6.28	15-Jul	39.89	Jul-02	135	
	gemiddeld	Suburbaan	HK	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Stedelijk	2050_WH	4.81	31-Aug	34.33	Aug-03	81	
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0	
	extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.34	15-Jul	65.51	Aug-03	296	
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	0.00		0.00		0	
extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0		
extreem droog	Stedelijk	2050_WL	3.88	31-Aug	20.99	Aug-03	41		
gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0		
extreem droog	Suburbaan	2050_WL	6.80	15-Jul	51.54	Aug-03	179		
gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	0.00		0.00		0		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	2.25	27-Aug	5.17	Aug-03	6		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	0.00		0.00		0		
extreem droog	Stedelijk	2085_WH	6.72	31-Aug	54.07	Aug-03	199		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	0.00		0.00		0		
extreem droog	Suburbaan	2085_WH	10.06	25-Aug	87.93	Aug-03	495		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	1.35	05-Jul	1.35	Jul-01	1		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0		
extreem droog	Stedelijk	2085_WL	4.71	31-Aug	33.10	Aug-03	65		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0		
extreem droog	Suburbaan	2085_WL	7.56	31-Aug	61.76	Aug-03	240		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	0.00		0.00		0		

Tabel A5-19: Resultaten maatregelenpakketten voor het veenlandschap

landschap	strategie	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watergraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watergraag	maximale decade- watergraag (m ³ /ha/decade)	maximale decade met watergraag	totale watergraag gehele jaar (m ³ /ha)
Veenlandschap	gematigd	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	18.13	12-Jul	161.21	Jul-01	1364
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	15.53	01-Jun	114.36	Mei-3	543
		extreem droog	Stedelijk	HK	25.40	12-Jul	223.98	Jul-01	2044
		gemiddeld	Stedelijk	HK	19.84	01-Jun	144.10	Mei-3	876
		extreem droog	Suburbaan	HK	31.47	12-Jul	268.28	Jul-01	2548
		gemiddeld	Suburbaan	HK	23.19	01-Jun	167.29	Mei-3	1161
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	20.09	12-Jul	177.29	Jul-01	1596
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	16.31	01-Jun	117.94	Mei-3	744
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	28.13	12-Jul	244.27	Jul-01	2358
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	20.79	01-Jun	149.78	Mei-3	1165
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	33.97	12-Jul	296.82	Jul-02	2939
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	24.50	04-Jun	175.18	Jun-03	1511
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	18.79	12-Jul	163.08	Jul-01	1497
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	15.37	01-Jun	109.25	Mei-3	526
		extreem droog	Stedelijk	2050_WL	26.32	12-Jul	227.92	Aug-03	2241
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	19.64	01-Jun	138.14	Mei-3	849
		extreem droog	Suburbaan	2050_WL	31.73	12-Jul	271.17	Jul-01	2810
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	23.14	04-Jun	159.55	Mei-3	1109
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	21.09	25-Aug	188.22	Aug-03	1768
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	16.62	01-Jun	117.97	Mei-3	824
		extreem droog	Stedelijk	2085_WH	29.48	12-Jul	265.50	Aug-03	2627
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	21.06	01-Jun	159.01	Jun-03	1267	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WH	36.18	12-Jul	325.68	Jul-02	3284	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	24.83	04-Jun	198.44	Jun-03	1598	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	19.27	25-Aug	171.04	Aug-03	1581	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	15.58	01-Jun	110.47	Mei-3	684	
	extreem droog	Stedelijk	2085_WL	26.98	12-Jul	239.51	Aug-03	2329	
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	19.85	01-Jun	139.46	Mei-3	1070	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	32.95	12-Jul	287.25	Jul-02	2953	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	23.49	04-Jun	162.03	Mei-3	1374	
	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	21.11	08-Jul	188.63	Jul-01	1537	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	17.83	01-Jun	129.70	Mei-3	604	
	extreem droog	Stedelijk	HK	27.84	12-Jul	247.19	Jul-01	2143	
	gemiddeld	Stedelijk	HK	21.89	01-Jun	159.40	Mei-3	928	
	extreem droog	Suburbaan	HK	33.75	12-Jul	289.92	Jul-01	2626	
	gemiddeld	Suburbaan	HK	24.98	01-Jun	179.86	Mei-3	1188	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	23.47	12-Jul	207.13	Jul-01	1799	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	18.73	01-Jun	134.03	Mei-3	839	
	extreem droog	Stedelijk	2050_WH	30.93	12-Jul	269.88	Jul-01	2475	
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	22.85	01-Jun	164.05	Mei-3	1232	
	extreem droog	Suburbaan	2050_WH	36.32	12-Jul	314.31	Jul-01	3040	
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	26.37	04-Jun	187.33	Mei-3	1573	
extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	21.99	12-Jul	191.33	Jul-01	1694		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	17.67	01-Jun	123.94	Mei-3	593		
extreem droog	Stedelijk	2050_WL	29.01	12-Jul	251.53	Jul-01	2358		
gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	21.65	01-Jun	151.97	Mei-3	895		
extreem droog	Suburbaan	2050_WL	34.01	12-Jul	293.26	Jul-01	2879		
gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	24.96	04-Jun	173.93	Mei-3	1152		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	24.95	25-Aug	222.24	Aug-03	1997		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	19.06	01-Jun	133.84	Mei-3	937		
extreem droog	Stedelijk	2085_WH	32.53	12-Jul	290.49	Aug-03	2774		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	23.26	01-Jun	169.55	Jun-03	1351		
extreem droog	Suburbaan	2085_WH	38.68	12-Jul	343.50	Jul-02	3382		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	26.71	04-Jun	207.12	Jun-03	1670		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	22.76	25-Aug	201.44	Aug-03	1783		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	17.90	01-Jun	125.44	Mei-3	775		
extreem droog	Stedelijk	2085_WL	29.64	12-Jul	262.45	Aug-03	2454		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	21.87	01-Jun	153.54	Mei-3	1140		
extreem droog	Suburbaan	2085_WL	35.54	12-Jul	304.61	Jul-02	3034		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	25.28	04-Jun	175.43	Mei-3	1437		

Tabel A5-20: Resultaten maatregelenpakketten voor het zandlandschap

landschap	strategie	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watergraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watergraag	maximale watergraag (m ³ /ha/decade)	maximale watergraag decade met	totale watergraag gehele jaar (m ³ /ha)
Zandlandschap	gematigd	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	10.72	31-Aug	103.56	Aug-03	1657
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	7.21	21-Jun	63.30	Jun-03	592
		extreem droog	Stedelijk	HK	12.35	31-Aug	120.55	Aug-03	2071
		gemiddeld	Stedelijk	HK	8.89	26-Jun	80.69	Jun-03	832
		extreem droog	Suburbaan	HK	13.41	31-Aug	131.11	Aug-03	2320
		gemiddeld	Suburbaan	HK	10.47	05-Jul	96.21	Jul-01	1053
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	11.13	25-Aug	108.00	Aug-03	1693
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	7.64	05-Jul	67.93	Jun-03	683
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	12.72	31-Aug	124.37	Aug-03	2114
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	9.95	04-Sep	87.31	Jul-01	989
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	13.77	31-Aug	134.94	Aug-03	2359
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	11.39	04-Sep	103.95	Aug-03	1238
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	10.85	31-Aug	105.31	Aug-03	1688
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	6.69	05-Jun	57.10	Jun-03	520
		extreem droog	Stedelijk	2050_WL	12.54	31-Aug	122.41	Aug-03	2119
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	8.21	05-Jul	72.73	Jun-03	738
		extreem droog	Suburbaan	2050_WL	13.59	31-Aug	132.92	Aug-03	2380
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	9.81	05-Jul	89.26	Jul-01	968
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	11.43	25-Aug	110.93	Aug-03	1736
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	8.37	05-Jul	74.06	Jul-01	693
		extreem droog	Stedelijk	2085_WH	13.10	25-Aug	128.09	Aug-03	2173
		gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	10.23	05-Jul	93.84	Jul-01	974
		extreem droog	Suburbaan	2085_WH	14.27	25-Aug	139.82	Aug-03	2432
		gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	11.68	09-Jul	107.60	Jul-01	1199
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	11.05	25-Aug	107.18	Aug-03	1704
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	7.23	05-Jul	63.49	Jun-03	591
		extreem droog	Stedelijk	2085_WL	12.69	31-Aug	124.05	Aug-03	2132
		gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	9.09	05-Jul	81.33	Jul-01	856
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	13.73	31-Aug	134.45	Aug-03	2384	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	10.68	04-Sep	97.67	Jul-01	1088	
	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	11.43	31-Aug	109.31	Aug-03	1709	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	7.41	05-Jun	64.19	Jun-03	505	
	extreem droog	Stedelijk	HK	12.92	25-Aug	126.10	Aug-03	2106	
	gemiddeld	Stedelijk	HK	9.06	26-Jun	81.81	Jun-03	770	
	extreem droog	Suburbaan	HK	13.68	31-Aug	133.79	Aug-03	2351	
	gemiddeld	Suburbaan	HK	10.60	05-Jul	96.63	Jun-03	1001	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	11.90	31-Aug	114.97	Aug-03	1766	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	7.86	05-Jul	69.66	Jun-03	607	
	extreem droog	Stedelijk	2050_WH	13.33	25-Aug	130.08	Aug-03	2162	
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	10.00	04-Sep	87.32	Jul-01	941	
	extreem droog	Suburbaan	2050_WH	14.13	25-Aug	138.24	Aug-03	2411	
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	11.77	04-Sep	105.00	Jul-01	1217	
extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	11.68	31-Aug	111.53	Aug-03	1754		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	7.07	05-Jun	56.52	Jun-03	450		
extreem droog	Stedelijk	2050_WL	13.11	25-Aug	128.04	Aug-03	2166		
gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	8.24	05-Jul	73.36	Jun-03	665		
extreem droog	Suburbaan	2050_WL	13.93	31-Aug	136.22	Aug-03	2423		
gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	9.87	05-Jul	88.33	Jul-01	904		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	12.27	25-Aug	118.55	Aug-03	1816		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	8.73	05-Jul	75.53	Jul-01	623		
extreem droog	Stedelijk	2085_WH	13.69	25-Aug	133.68	Aug-03	2222		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	10.52	05-Jul	95.08	Jul-01	915		
extreem droog	Suburbaan	2085_WH	14.63	25-Aug	143.06	Aug-03	2485		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	12.08	09-Jul	111.27	Jul-01	1178		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	11.84	31-Aug	113.75	Aug-03	1774		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	7.32	05-Jul	63.94	Jun-03	503		
extreem droog	Stedelijk	2085_WL	13.29	25-Aug	129.75	Aug-03	2181		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	9.26	05-Jul	81.05	Jul-01	782		
extreem droog	Suburbaan	2085_WL	14.08	25-Aug	137.73	Aug-03	2429		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	10.80	05-Jul	97.94	Jul-01	1042		
ambitieuus									

Tabel A5-21: Resultaten maatregelenpakketten voor het zeekleilandschap

landschap	strategie	beschrijving jaar	Inrichtings- typologie	klimaat	maximale dag- watergraag (m ³ /ha/dag)	dag met maximale watergraag	maximale decade- watergraag (m ³ /ha/decade)	maximale decade met watergraag	totale watergraag gehele jaar (m ³ /ha)
Zeekleilandschap	gematigd	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	5.18	08-Jul	39.07	Jul-01	184
		gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	4.51	01-Jun	16.05	Jun-01	33
		extreem droog	Stedelijk	HK	6.31	25-Aug	55.18	Jul-01	331
		gemiddeld	Stedelijk	HK	5.46	01-Jun	23.35	Mei-3	73
		extreem droog	Suburbaan	HK	6.75	25-Aug	61.22	Jul-01	481
		gemiddeld	Suburbaan	HK	5.98	19-Jun	34.31	Mei-3	121
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	5.99	08-Jul	48.11	Jul-01	253
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	4.97	01-Jun	19.35	Jun-01	46
		extreem droog	Stedelijk	2050_WH	7.38	25-Aug	62.50	Jul-01	426
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	5.91	01-Jun	25.47	Mei-3	116
		extreem droog	Suburbaan	2050_WH	7.76	25-Aug	68.08	Jul-01	573
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	6.67	19-Jun	36.95	Mei-3	184
		extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	5.59	25-Aug	40.95	Aug-03	195
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	4.34	01-Jun	15.31	Jul-01	24
		extreem droog	Stedelijk	2050_WL	6.96	25-Aug	55.80	Aug-03	372
		gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	5.33	01-Jun	19.67	Jun-01	59
		extreem droog	Suburbaan	2050_WL	7.34	25-Aug	62.31	Jul-01	535
		gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	5.71	01-Jun	26.65	Mei-3	99
		extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	6.70	25-Aug	54.15	Jul-01	315
		gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	5.09	01-Jun	20.49	Jun-01	63
		extreem droog	Stedelijk	2085_WH	8.17	25-Aug	68.14	Jul-01	515
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	6.31	19-Jun	24.27	Jun-01	145	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WH	8.52	25-Aug	73.53	Jul-01	658	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	7.00	19-Jun	35.71	Jun-02	213	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	6.00	25-Aug	44.94	Aug-03	230	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	4.45	01-Jun	16.80	Jun-01	33	
	extreem droog	Stedelijk	2085_WL	7.40	25-Aug	60.03	Aug-03	418	
	gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	5.45	01-Jun	20.99	Jun-01	90	
	extreem droog	Suburbaan	2085_WL	7.75	25-Aug	65.09	Jul-01	573	
	gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	6.08	19-Jun	25.31	Mei-3	147	
	extreem droog	Hoogstedelijk	HK	6.25	25-Aug	51.87	Jul-01	252	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	HK	5.57	01-Jun	19.49	Jun-01	47	
	extreem droog	Stedelijk	HK	7.30	25-Aug	62.96	Jul-01	386	
	gemiddeld	Stedelijk	HK	6.16	01-Jun	28.49	Mei-3	89	
	extreem droog	Suburbaan	HK	7.52	25-Aug	67.81	Jul-01	510	
	gemiddeld	Suburbaan	HK	6.60	19-Jun	39.91	Mei-3	133	
	extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WH	7.42	25-Aug	59.67	Jul-01	331	
	gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WH	6.08	01-Jun	23.14	Jun-01	72	
	extreem droog	Stedelijk	2050_WH	8.49	25-Aug	70.75	Jul-01	488	
	gemiddeld	Stedelijk	2050_WH	6.67	01-Jun	30.84	Mei-3	134	
	extreem droog	Suburbaan	2050_WH	8.62	25-Aug	75.29	Jul-01	613	
	gemiddeld	Suburbaan	2050_WH	7.35	19-Jun	42.20	Mei-3	195	
extreem droog	Hoogstedelijk	2050_WL	6.96	25-Aug	51.60	Aug-03	267		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2050_WL	5.40	01-Jun	19.15	Jun-01	34		
extreem droog	Stedelijk	2050_WL	8.02	25-Aug	63.72	Aug-03	427		
gemiddeld	Stedelijk	2050_WL	6.04	01-Jun	22.05	Jun-01	73		
extreem droog	Suburbaan	2050_WL	8.17	25-Aug	68.71	Jul-01	568		
gemiddeld	Suburbaan	2050_WL	6.35	01-Jun	30.92	Mei-3	111		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WH	8.30	25-Aug	65.77	Jul-01	402		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WH	6.20	01-Jun	24.53	Jun-01	93		
extreem droog	Stedelijk	2085_WH	9.41	25-Aug	77.12	Aug-03	584		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WH	7.12	19-Jun	27.82	Jun-02	166		
extreem droog	Suburbaan	2085_WH	9.45	25-Aug	81.13	Jul-01	703		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WH	7.71	19-Jun	39.60	Jun-02	230		
extreem droog	Hoogstedelijk	2085_WL	7.44	25-Aug	56.29	Aug-03	308		
gemiddeld	Hoogstedelijk	2085_WL	5.50	01-Jun	20.78	Jun-01	56		
extreem droog	Stedelijk	2085_WL	8.51	25-Aug	68.45	Aug-03	475		
gemiddeld	Stedelijk	2085_WL	6.13	01-Jun	23.50	Jun-01	107		
extreem droog	Suburbaan	2085_WL	8.61	25-Aug	71.95	Jul-01	609		
gemiddeld	Suburbaan	2085_WL	6.71	19-Jun	29.72	Mei-3	157		

A5.3.2 Impact van grondwaterpeilbeheer op de watervraag

In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de uitkomsten van de berekeningen van de impact van grondwaterpeilbeheer op de watervraag. De belangrijkste resultaten zijn als volgt:

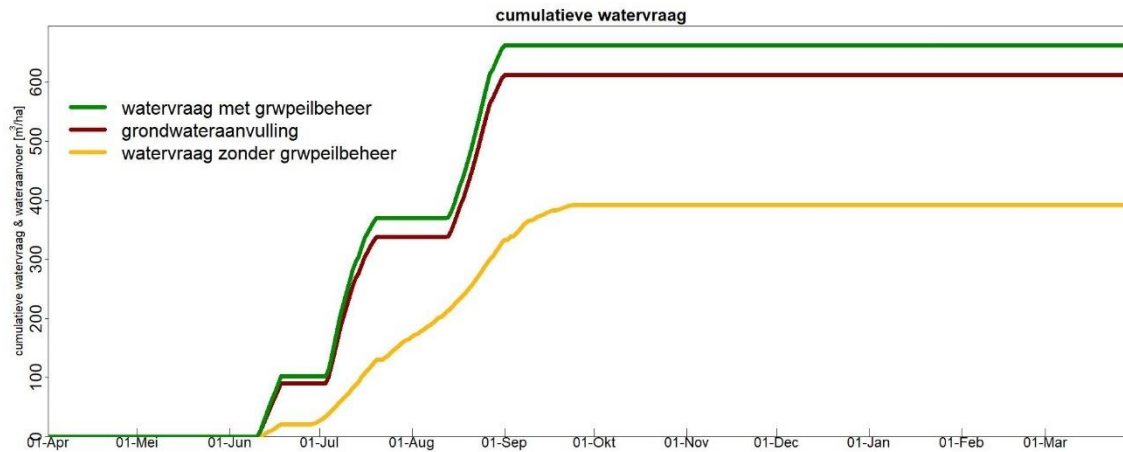
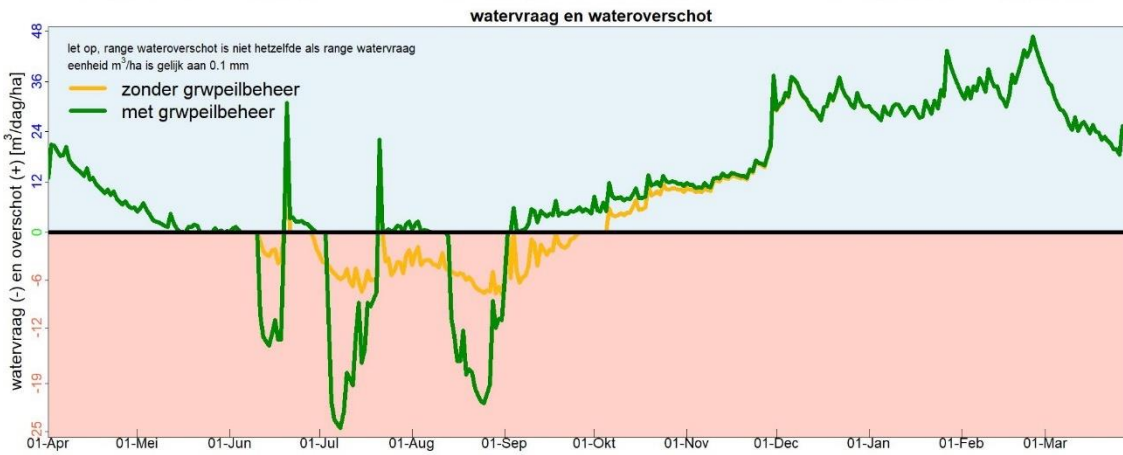
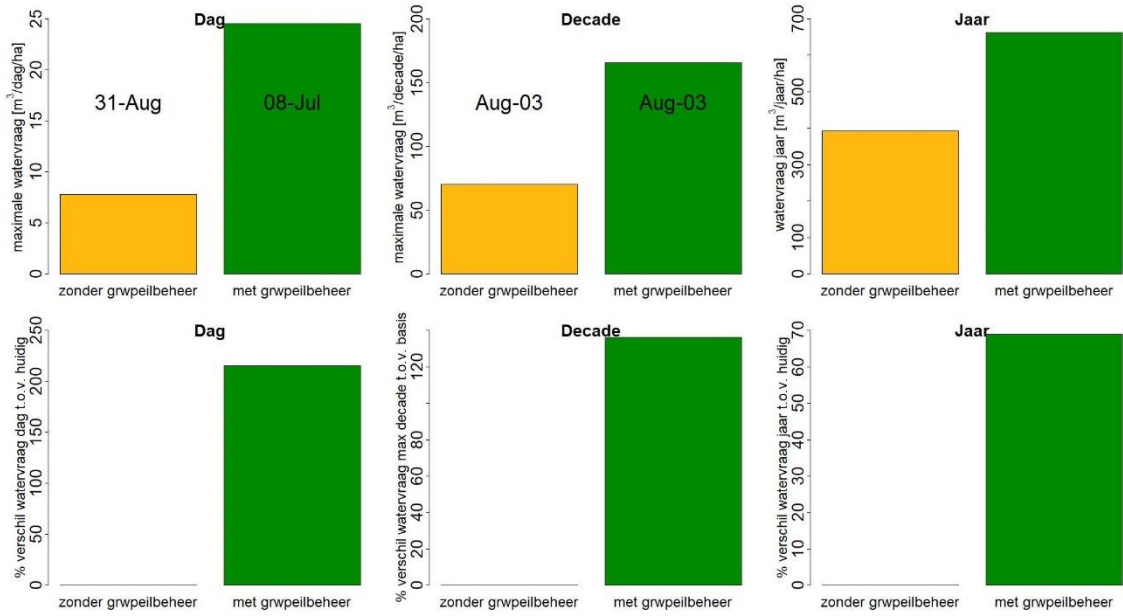
1. Grondwaterpeilbeheer verhoogt de piekwatervraag.
2. De grondwateraanvulling voor de maximale decade ligt tussen de 0 en 150 m³/decade/ha.

1. Grondwaterpeilbeheer verhoogt de piekwatervraag

Zoals verwacht, verhoogt grondwaterpeilbeheer de watervraag. Met grondwaterpeilbeheer bestaat de watervraag namelijk uit 2 delen, welke bij elkaar op moeten worden geteld. De eerste is de benodigde hoeveelheid water die nodig is om het oppervlaktewater op peil te houden (de definitie van de watervraag tot dusver), de tweede is de grondwateraanvulling (die als een aparte stroom is gemodelleerd). De grondwateraanvulling moet namelijk ook ergens vandaan komen. Dit zal in praktijk vanuit het oppervlaktewater zijn. Deze twee delen samen vormen dan ook de totale watervraag.

De maximale dag-watervraag neemt voor alle inrichtingen en landschappen toe. Dit komt doordat er veel grondwateraanvulling plaats vindt in tijden van extreme droogte (alleen in het extreem droge jaar is er met grondwaterpeilbeheer gerekend). Ook de maximale decade-watervraag neemt toe. In Figuur A5-7 is voor het rivierkleilandschap het resultaat weergegeven voor grondwaterpeilbeheer, voor de suburbane inrichting voor het klimaatscenario WH met zichtjaar 2085. Hier is duidelijk een extra piekwatervraag te zien.

grwpeilbeheer voor Suburbaan rivierkleilandschap 1976 klimaat 2085_WH



Figuur A5-7: Resultaten grondwaterpeilbeheer voor het suburbane rivierkleilandschap voor klimaatscenario WH met zichtjaar 2085, voor het extreem droge jaar (1976)

2. De grondwateraanvulling voor de maximale decade ligt tussen de 0 en 150 m³/decade/ha

In Tabel A5-21 is de grondwateraanvulling te zien in de maximale decade voor de drie landschappen en de inrichtingen voor het extreem droge jaar. Hierin zijn duidelijke verschillen te zien tussen de inrichtingen, de landschappen en de klimaatscenario's.

De grondwateraanvulling is het grootst voor de suburbane inrichting. Dit komt omdat de grondwaterstand hier het verst uitzakt als gevolg van de grote hoeveelheid groen, waardoor er meer grondwater moet worden aangevuld om de grondwaterstand op peil te houden. De grondwateraanvulling is gemiddeld over de klimaatscenario's en zichtjaren het grootst voor het veenlandschap. Voor het rivierkleilandschap zien we de grootste verschillen tussen de klimaatscenario's en zichtjaren..

De grondwateraanvulling is het grootst voor het klimaatscenario WH met zichtjaar 2085, dit wordt veroorzaakt doordat de verdamping in dit scenario het meest toeneemt en de neerslag in de zomer het meest afneemt. Als voorbeeld is hiervoor Figuur A5-7 gegeven, met daarin de watervraag en de grondwateraanvulling voor het suburbane rivierkleilandschap.

Tabel A5-22: Overzicht van de grondwateraanvulling in de maximale decade in m³/ha/decade, voor de drie landschappen en inrichtingen

Landschap	Inrichting	Grondwater- aanvulling (m ³ /ha/decade)	Grondwater- aanvulling (m ³ /ha/decade)	Grondwater- aanvulling (m ³ /ha/decade)	Grondwater- aanvulling (m ³ /ha/decade)	Grondwater- aanvulling (m ³ /ha/decade)
		HK	2050_WH	2050_WL	2085_WH	2085_WL
Veenlandschap	Hoogstedelijk	33	44	38	52	42
Veenlandschap	Stedelijk	64	91	69	102	78
Veenlandschap	Suburbaan	93	131	99	149	112
Zeekleilandschap	Hoogstedelijk	33	38	36	41	38
Zeekleilandschap	Stedelijk	44	51	48	56	51
Zeekleilandschap	Suburbaan	43	50	47	55	50
Rivierkleilandschap	Hoogstedelijk	0	0	0	0	0
Rivierkleilandschap	Stedelijk	0	53	31	94	55
Rivierkleilandschap	Suburbaan	87	129	115	156	130

Tabel A5-22: Resultaten grondwaterpeilbeheer

beschrijving jaar	Landschap	Inrichtings- typologie	Klimaat	maximale dag- watervraag (m ³ /ha/dag)	maximale watervraag	maximale decade- watervraag (m ³ /ha/decade)	maximale watervraag decade met maximale watervraag	totale watervraag gehele jaar (m ³ /ha)
Extreem droog	veenlandschap	Hoogstedelijk	HK	20.81	06-Jul	161.30	Jul-01	1253
		Hoogstedelijk	2050_WH	22.82	05-Jul	181.43	Jul-01	1428
		Hoogstedelijk	2050_WL	21.43	06-Jul	163.84	Jul-01	1362
		Hoogstedelijk	2085_WH	24.04	05-Jul	194.79	Jul-01	1588
		Hoogstedelijk	2085_WL	22.37	06-Jul	172.05	Jul-01	1429
		Stedelijk	HK	31.19	05-Jul	252.19	Jul-01	1982
		Stedelijk	2050_WH	34.25	05-Jul	289.15	Jul-01	2271
		Stedelijk	2050_WL	32.18	05-Jul	259.80	Jul-01	2167
		Stedelijk	2085_WH	36.25	05-Jul	305.48	Jul-01	2515
		Stedelijk	2085_WL	33.60	06-Jul	271.80	Jul-01	2259
		Suburbaan	HK	39.09	05-Jul	321.53	Jul-01	2489
		Suburbaan	2050_WH	43.04	05-Jul	368.77	Jul-01	2836
		Suburbaan	2050_WL	40.38	05-Jul	329.00	Jul-01	2700
		Suburbaan	2085_WH	45.65	05-Jul	392.98	Jul-01	3160
	Suburbaan	2085_WL	42.25	06-Jul	345.45	Jul-01	2812	
	zeekleilandschap	Hoogstedelijk	HK	6.94	24-Aug	48.37	Aug-03	173
		Hoogstedelijk	2050_WH	7.82	25-Aug	56.41	Aug-03	241
		Hoogstedelijk	2050_WL	7.47	25-Aug	53.26	Aug-03	188
		Hoogstedelijk	2085_WH	8.46	24-Aug	61.83	Aug-03	306
		Hoogstedelijk	2085_WL	7.82	25-Aug	56.58	Aug-03	226
		Stedelijk	HK	9.62	25-Aug	74.57	Aug-03	345
		Stedelijk	2050_WH	10.87	25-Aug	85.35	Aug-03	429
		Stedelijk	2050_WL	10.39	25-Aug	81.08	Aug-03	372
		Stedelijk	2085_WH	11.70	25-Aug	93.13	Aug-03	514
		Stedelijk	2085_WL	10.87	25-Aug	85.56	Aug-03	415
		Suburbaan	HK	9.90	24-Aug	79.05	Aug-03	488
		Suburbaan	2050_WH	11.11	25-Aug	89.43	Aug-03	574
		Suburbaan	2050_WL	10.64	25-Aug	85.31	Aug-03	539
		Suburbaan	2085_WH	11.90	24-Aug	96.89	Aug-03	657
	Suburbaan	2085_WL	11.11	25-Aug	89.63	Aug-03	576	
	rivierkleilandschap	Hoogstedelijk	HK	0.00		0.00		0
		Hoogstedelijk	2050_WH	0.00		0.00		0
		Hoogstedelijk	2050_WL	0.00		0.00		0
		Hoogstedelijk	2085_WH	0.00		0.00		0
		Hoogstedelijk	2085_WL	0.00		0.00		0
		Stedelijk	HK	0.00		0.00		0
		Stedelijk	2050_WH	11.05	26-Aug	54.49	Aug-03	105
		Stedelijk	2050_WL	8.64	26-Aug	30.93	Aug-03	34
		Stedelijk	2085_WH	14.28	25-Aug	102.34	Aug-03	218
		Stedelijk	2085_WL	11.15	25-Aug	57.44	Aug-03	83
		Suburbaan	HK	18.71	08-Jul	88.97	Aug-03	240
		Suburbaan	2050_WH	22.22	08-Jul	137.38	Aug-03	434
Suburbaan		2050_WL	19.39	08-Jul	121.01	Aug-03	311	
Suburbaan		2085_WH	24.51	08-Jul	165.54	Aug-03	662	
Suburbaan	2085_WL	21.16	08-Jul	137.92	Aug-03	384		

A6 Advies kennisleemtes

Bij het onderzoek 'Waterbalans Stedelijk gebied' bleek niet alle gewenste kennis beschikbaar te zijn. Hieronder gaan wij daar op in en geven we overwegingen en aanbevelingen voor eventueel aanvullend onderzoek om die kennisleemten te vullen.

1. Typologieën

- De 6 beschouwde landschapstypologieën en de 3 inrichtingstypologieën dekken niet de diversiteit binnen Nederland:
 - Keuzes zijn gemaakt voor 'gemiddelde' kenmerken per bodemtypologie. De werkelijke variatie in parameters is groot, vaak ook binnen een gemeente.
 - Hetzelfde geldt voor de inrichtingstypologieën.
- De uitgevoerde gevoeligheidsanalyses geven een beeld van de impact van verschillen tussen werkelijke en bij de modellering gehanteerde parameters.
- Een groot deel van de beschouwde modelleringsparameters kan locatiespecifiek uit openbare bronnen worden verkregen. Dat vraagt in de praktijk telkens enig zoekwerk.

Mogelijk nader onderzoek:

- Een **tool/database** ontwikkelen waarin per wijk/deelgebied de te hanteren **systeemparemeters en -kenmerken** zijn opgenomen.
N.B.: Dit is alleen relevant als er behoefte is om impact van klimaatverandering en maatregelen op de waterbalans locatiespecifiek te kwantificeren. Dat valt niet binnen de scope van het huidige onderzoek.

Advies:

- Verkennen hoe groot de behoefte van de doelgroep aan maatwerk-watervraag analyses is. Als deze behoefte groot blijkt te zijn uitzoeken en aankaarten of een generieke tool/databases wenselijk is.

2. Verdampingsparameters gewassen

- Uit de onderzochte bronnen kwam naar voren dat verdampingsparameters voor verschillende soorten gewassen slechts in beperkte mate beschikbaar zijn en dat er daarbij vaak sprake is van een grote bandbreedte.
- Daardoor is onzeker in hoeverre de werkelijke verdamping (belangrijke balanspost) afwijkt van wat is gemodelleerd in dit onderzoek.
- Ook is niet goed in te schatten wat het effect is van het vervangen van de ene soort groen door de andere - een maatregel die bij klimaatadaptatie wel vaak ter sprake komt.

Mogelijk nader onderzoek:

- **Praktijkonderzoek** naar **verdampingsparameters** van relevante gewassen.

Advies:

- Wij schatten in dat een dergelijk onderzoek te omvangrijk is om enkel vanuit 'Watervraag stedelijk gebied in relatie tot klimaatverandering' te initiëren. Derhalve adviseren wij om met onderzoekinstellingen (WUR, ...) af te stemmen of er plannen/mogelijkheden zijn voor dergelijk onderzoek. Zo mogelijk dat verder stimuleren en daarbij aansluiten.

3. Verdamping verhard oppervlak

- Ook bij verhard oppervlak lijkt er sprake te zijn van verdamping (vanaf een verder droog oppervlak). Hier zijn geen parameters voor bekend.

Mogelijk nader onderzoek:

- Literatuur- en/of praktijkonderzoek naar **verdampingsparameters** van verhard oppervlak.

Advies:

- Uitvoeren van een quickscan naar info m.b.t. verdamping van verhard oppervlak.
- Op basis van eventueel beschikbare data met enkele berekeningen met het waterbalans-model een inschatting maken of verdamping van (droog) verhard oppervlak voldoende substantieel is om bij verdere watervraag-analyses mee te nemen.

4. Invloed bouwrijp maken op waterbalans

- In het voor het onderzoek gebruikte rekenmodel is de onverzadigde zone verdeeld in de bovengrond (wortelzone) en ondergrond. Om een ophooglaag te simuleren kan de bovenlaag worden gemodelleerd als een zandige laag (ter dikte van de wortelzone), maar er kan geen ophooglaag met zand van enkele meters dikte worden gemodelleerd.
- Als eerste benadering kan bijvoorbeeld veen met een flinke ophooglaag van zand worden beschouwd als een 'zandtypologie'. Voor een niet integraal opgehoogd gebied (bijvoorbeeld alleen ter plaatse van wegen opgehoogd) ligt dit minder voor de hand.

Mogelijk nader onderzoek:

- **Aanpassen** van het **rekenmodel** zodanig dat een ophooglaag van enkele meters inclusief interactie met niet opgehoogd gebied kan worden doorerekend. Daar vervolgens **varianten mee doorrekenen**.

Advies:

- Eerst met verkennende berekeningen een inschatting maken van de mogelijke impact van ophogen op de waterbalans voor verschillende situaties (wel/niet integraal opgehoogd, dikte ophooglaag, ...).
- Afhankelijk van de resultaten besluiten of aanpassing van het voor dit onderzoek gebruikte model en het vervolgens doorrekenen van extra varianten wenselijk is.

5. Invloed van variatie in kwel en wegzijging

- In werkelijkheid kunnen kwel en wegzijging variëren over het jaar. Daar is in de beschouwde varianten geen rekening mee gehouden.

Mogelijk nader onderzoek:

- **Variatie in kwel en wegzijging** doorrekenen. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen een 'vaste' variatie over het jaar en een variatie van kwel/wegzijging die mede wordt bepaald door de berekende variatie in grondwaterstanden.

Advies:

- Enkele voorbeeld-situaties definiëren met betrekking tot realistische variaties in kwel en wegzijging.
- Hiermee aanvullende varianten doorrekenen - met een daartoe aangepaste versie van het rekenmodel. Hierbij twee modelleeropties beschouwen:
 1. Vaste waarden voor kwel/wegzijging opgeven, variërend over het jaar.
 2. Het model de kwel/wegzijging laten berekenen op basis van een (variërende) stijghoogte en een deklaagweerstand.
- Afhankelijk van de resultaten de invloed van variatie in kwel en wegzijging uitgebreider onderzoeken.

6. Invloed van de variabiliteit in tijd en plaats van de bergingscoëfficiënt

- De bergingscoëfficiënt is een belangrijke parameter bij het berekenen van watervraag en -overschot. In het uitgevoerde onderzoek is voor deze bergingscoëfficiënt een vaste waarde per landschapstypologie aangehouden. (Wel is de gevoeligheid van de resultaten voor deze parameter verkend. Zie bijlage A4.3.) In de praktijk is echter sprake van grote variabiliteit in tijd en plaats, waarbij de variërende vochttoestand van de bodem een van de invloedsfactoren is.

Mogelijk nader onderzoek:

- Vanwege de **locatiespecifieke** invloedsfactoren zou onderzoek per locatie gewenst zijn om een goed beeld te krijgen van de bergingscoëfficiënt op die locaties. Dat geeft echter geen eenduidig inzicht voor niet onderzochte andere locaties.

Advies:

- Vooralsnog adviseren wij geen nader algemeen onderzoek naar bergingscoëfficiënten uit te voeren.
- In voorkomende gevallen - bijvoorbeeld als onzekerheid met betrekking tot de bergingscoëfficiënt grote gevolgen heeft voor eventueel te treffen maatregelen - kan voor die specifieke locatie onderzoek naar de bergingscoëfficiënt worden uitgevoerd.