

Schoonwatervallei: op weg naar een klimaatbestendige polder

Kennisdocument 20 juni 2014



Acacia Water

ORG-ID

Samenvatting

Voldoende schoon zoetwater is relevant voor verschillende functies zoals de landbouw en natuur en in het stedelijk gebied. De aanwezigheid van zoetwater is echter niet altijd vanzelfsprekend. In de huidige situatie treden soms al tekorten op, en deze kunnen gaan toenemen als het klimaat verandert. Om de knelpunten die nu optreden te verhelpen, en om klaar te zijn voor een veranderende toekomst wordt gekeken wat de mogelijkheden zijn om slim om te gaan met zoetwater.

De Groot-Limmerpolder is een gebied waarbij alle aspecten van het toekomstig waterbeheer samenkomen. Landelijk en stedelijk gebied, agrarische bedrijven en natuurterreinen, duinen en veenweide. In de eerste fase van het project, onder de naam Schoonwatervallei, lag de nadruk op het landelijke Klimaatbufferbeleid en was stichting Landschap Noord-Holland de trekker. In de huidige, tweede fase staat het watersysteem van de toekomst centraal en is Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier trekker van het gebiedsproces naar gedragen oplossingsrichtingen.

Het gebiedsproces ‘Schoonwatervallei, op weg naar een klimaatbestendige polder’ is succesvol verlopen. Dit komt door de combinatie van een goede voorbereiding en een gedeelde visie op het te volgen proces, de betrokkenheid van alle gebiedspartners en de beschikbaarheid van betrouwbare feiten en kennis van het watersysteem. Er liggen nu een reeks concrete en breed gedragen oplossingsrichtingen, die aansluitend door belanghebbende partijen worden uitgewerkt in vervolgproujecten. De wisselwerking tussen feiten, kennis en dialoog –met en tussen alle gebiedspartners- was de rode draad binnen dit gebiedsproces en wordt aangeraden als basis voor het succesvol verloop van gebiedsprocessen in andere gebieden.

Colofon

Documenttitel	. Schoonwatervallei: op weg naar een klimaatbestendige polder
Opdrachtgever	. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier & Landschap Noord-Holland
Status	. Kennisdocument
Datum	. 20 juni 2014
Projectnummer	. 539
Projectteam	. Jouke Velstra, Lieselotte Tolck, Tine te Winkel, Jaco van der Gaast en Kyra Hu-A-ng (Acacia Water) en Jack Jansen en Caroline van de Veerdonk (Org-id)

Disclaimer

Rapport: Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via info@acaciawater.com

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
1.1	Aanleiding, achtergrond en context	1
1.2	Kennisdocument en inspiratieboek.....	2
2	Werkwijze van het gebiedsproces	3
2.1	Uitwerking.....	3
3	Klimaatverandering en watervoorziening.....	5
3.1	Samenhang met het grotere watersysteem	5
3.2	Knelpunten in de huidige situatie	5
3.3	Watertekorten in de toekomst	6
3.4	Concluderend: rol van de GLP in de gebiedswatervoorziening	8
4	Gebiedskennis en waterbehoefte	10
4.1	Gebiedsbeschrijving.....	10
4.1.1	Kwelaanbod.....	10
4.1.2	Neerslag	11
4.1.3	Wateroverschot of tekort	11
4.1.4	Externe aanvoer en beheer	13
4.1.5	Verhouding intern en extern water	14
5	Analyse watertekort in toekomst GLP	16
5.1	Inleiding en werkwijze	16
5.2	Verandering in het neerslagoverschot.....	16
5.3	Verandering in aanvoer vanuit de duinen.....	17
5.4	Veranderingen in de grondwaterstand in de polder.....	17
6	Funcities en belangen in de GLP	19
6.1	Funcities en waterbehoefte in het gebied.....	19
6.1.1	Bebouwing	20
6.2	Belangen van de gebiedspartijen.....	21
7	Inventarisatie van oplossingsrichtingen	22
7.1	Werkwijze	22
7.2	Oplossingsrichtingen	22
8	Methode voor het bepalen van de haalbaarheid van oplossingsrichtingen	25
8.1	Inleiding	25
8.2	Werkwijze	25
8.2.1	Categoriseren van de oplossingsrichtingen op basis van sturingsmechanismen.....	26
8.2.2	Berekening van het effect van de maatregelen	26

8.2.3	Gebied specifiek maken van het model.....	27
9	Waterbeschikbaarheid per oplossingsrichting	30
9.1	Drainage en peilaanpassingen.....	30
9.1.1	Berekende effectiviteit landbouw	31
9.1.2	Berekende effectiviteit Natuur	33
9.1.3	Ruimtelijke variabiliteit	33
9.1.4	Conclusie oplossingsrichtingen met drainage en waterpeil	34
9.2	Benutten opslagcapaciteit duinen en strandwallen.....	35
9.3	Sloten verbreden	43
9.4	Optimaliseren waterinlaat	45
9.5	Ruimtelijke inrichting ‘functie volgt peil’	46
10	Conclusies en opschaling naar andere gebieden.....	47
11	Referenties.....	49

1 Inleiding

Voldoende schoon zoetwater is relevant voor verschillende functies zoals de landbouw en natuur en in het stedelijk gebied. De aanwezigheid van zoetwater is echter niet altijd vanzelfsprekend. In de huidige situatie treden soms al tekorten op, en deze kunnen gaan toenemen als het klimaat verandert. Om de knelpunten die nu optreden te verhelpen, en om klaar te zijn voor een veranderende toekomst wordt gekeken wat de mogelijkheden zijn om slim om te gaan met zoetwater.

Hiervoor zijn op landelijk niveau strategieën ontwikkeld in het Deltaprogramma. Er is besloten om enerzijds in het IJsselmeer meer ruimte te creëren om water op te slaan en voor droge periodes beschikbaar te maken, en anderzijds om te onderzoeken hoe in de regio water efficiënter kan worden gebruikt en bespaard. Dit project is een voorbeeld om in beeld te brengen welke opties er mogelijk zijn in de regio en hoe een gebiedsproces tot efficiënter watergebruik kan leiden. De Groot Limmerpolder (GLP) is hiervoor als voorbeeldgebied geselecteerd.

In de Groot Limmerpolder liggen kansen om effectiever met het water om te gaan. In dit gebied is door kwel uit de duinen veel gebiedseigen water aanwezig, waardoor het kansen biedt om -tot op een bepaald niveau- zelfvoorzienend te worden. Hiermee kan de polder onafhankelijker worden van de externe aanvoer en daarmee robuuster voor klimaatverandering. Bovendien kan de watervraag aan de omgeving worden vermindert, waardoor er meer water over blijft om in de rest van het beheersgebied knelpunten te voorkomen. De kwaliteit van het gebiedseigen water is daarnaast vaak goed voor de natuur in het gebied.

In de polder vragen verschillende functies om verschillend waterbeheer. Daarom is het van groot belang om in dialoog met alle relevante gebiedspartijen de opties voor het waterbeheer in de polder te onderzoeken. Hierbij is het nadrukkelijk de insteek dat de situatie op hetzelfde niveau blijft of wordt verbeterd op een manier waarin alle gebiedspartijen zich kunnen vinden. In dit project is technische (geo)hydrologische gebiedskennis gecombineerd met de kennis, ervaringen en voorkeuren van de gebiedspartijen. De technische kennis is gepresenteerd als ondersteuning van de gebiedsdialog. De verschillende oplossingsrichtingen die door de gebiedspartijen zijn geïdentificeerd zijn vervolgens geanalyseerd op technische haalbaarheid. Met deze aanpak zijn een aantal oplossingsrichtingen naar voren gekomen die zowel feitelijk onderbouwd zijn als op draagkracht kunnen rekenen vanuit de regio.

1.1 Aanleiding, achtergrond en context

In het kader van de Deltavisie van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) en de lange termijn visie voor de Groot Limmerpolder – en de Schoonwatervallei - willen HHNK en Landschap Noord-Holland (LNH) in beeld brengen wat de mogelijkheden zijn om met gebiedseigen water ook in de toekomst voor “Schoonwatervallei: op weg naar een klimaatbestendige polder” te zorgen. Er zijn de afgelopen jaren al flinke stappen gezet. Het probleem van wateroverlast door klimaatverandering wordt inmiddels herkend en erkend en er is draagvlak voor de oplossingen. De Groot Limmerpolder is op hoofdlijnen op orde bezien vanuit het aspect wateroverlast. Maar dat

betekent nog niet dat de waterhuishouding van het poldersysteem klimaat robuust is in de samenhang tussen watertekort, wateroverlast en waterkwaliteit.

Met name het aspect van watertekort werd nog niet breed herkend. Het draagvlak voor het “het oplossen van schaarste problemen van zoet water op poldersysteemniveau” was dan ook zeker nog niet vanzelfsprekend (uit: Kennis en Kansen, tussenrapportage 2010-2012 Coalitie Klimaatbuffers). Daarom is in dit project een gebiedsproces doorlopen. Voor de Groot Limmerpolder zijn de knelpunten nu en in de toekomst en de mogelijkheden om watertekorten tegen te gaan in beeld gebracht. Dit heeft in dit project de basis gevormd voor het gezamenlijk verkennen van oplossingsrichtingen om tot voldoende schoon zoet water in de Groot Limmerpolder te komen.

In de uitwerking van dit project zijn de volgende doelen onderscheiden:

Technisch: Inzicht bieden in de mogelijkheden om met gebiedseigen water de Groot Limmerpolder ook in de toekomst van voldoende schoon zoet water te voorzien (meer zelfvoorzienendheid), dit in balans met de eisen en wensen vanuit waterkwaliteit en wateroverlast.

Maatschappelijk: Actief betrekken van gebiedspartners/watergebruikers om te komen tot breed gedragen integrale oplossingen voor watertekort (en ook wateroverlast en verbetering van de waterkwaliteit), alsmede om gebruik te maken van specifieke (ervarings)kennis om te komen tot praktisch uitvoerbare oplossingen.

Socio-economisch: Relaties leggen met kosteneffectieve maatschappelijke gebiedsontwikkeling door en met de betrokken partijen. Waarbij het dus niet alleen gaat om risicobeheersing rond zoetwater, maar ook om borging/verbetering van de structuur voor landbouw, natuur, recreatie en andere functies.

De aanpak sluit aan bij de opgaven van het Deltaprogramma, in het bijzonder het Deelprogramma Zoetwater (DPZ). In een studie van de IJsselmeergroep en in het kader van het DPZ zijn al de nodige maatregelen in kaart gebracht. Ook het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) heeft gekozen voor een dubbel- strategie waarbij zowel gekeken wordt naar de buffervoorraad in het IJsselmeer als naar water-conserving in het regionale systeem en waterbesparing bij gebruikers. Daarnaast wil de agrarische sector met het Deltaplan Agrarisch Waterbeer (DAW) bijdragen aan het oplossen van de wateropgaven, in combinatie met het versterken van de land- en tuinbouw.

Het project “voldoende schoon water in de Groot Limmerpolder” levert een bijdrage aan het in samenspraak met de gebiedspartijen verder in kaart brengen van de mogelijkheden om te voorzien in voldoende schoon zoetwater. Daarmee kan de aanpak in de Groot Limmerpolder een voorbeeld worden, zowel voor andere polders in het werkgebied van HHNK, als voor het denken in het Deltaprogramma, als in het DAW.

1.2 Kennisdocument en inspiratieboek

In dit kennisdocument wordt de inhoudelijke informatie over de watervoorziening van de Groot Limmerpolder, de verwachte knelpunten bij een veranderend klimaat en de mogelijke oplossingsrichtingen gepresenteerd. Hierbij wordt kort verwezen naar het proces dat is doorlopen. In het begeleidende inspiratieboek is de inhoudelijke kennis samengevat en wordt het gebiedsproces verder uitgelicht.

2

Werkwijze van het gebiedsproces

Voorafgaand aan de start van het gebiedsproces zijn diverse voorbereidende (bilaterale) gesprekken gevoerd met de gebiedspartijen en heeft het projectteam intensief stil gestaan bij vragen als:

- Hoe geven we het traject vorm?
- Wat is de rol van het waterschap, de natuur- en landschapsorganisatie, de gemeenten, de provincie en de watergebruikers?
- Hoe verkrijgen we een gedeeld draagvlak bij deze organisaties en bij individuele gebruikers?
- En hoe kunnen we komen tot arrangementen waar voor iedereen wat in zit?
- Kortom hoe komen we tot mede-eigenaarschap?

Op basis van deze vragen heeft het projectteam een gezamenlijke visie ontwikkeld en is op hoofdlijnen (de fasering van) het gebiedsproces gemaakt. Werkende weg werd de aandacht verlegd van inhoudelijke verkenning en visieontwikkeling naar uitwerking van de ontwikkelde oplossingsrichtingen/maatregelen. Centraal stond daarbij de uitdaging om de gebiedspartners en watergebruikers actief en breed bij de implementatie te blijven betrekken. Daarin is het proces overigens goed geslaagd.

We hebben daarbij op drie aspecten gestuurd:

- sturen op draagvlak;
- sturen op vormkracht;
- sturen op 'governance'.

2.1 Uitwerking

Sturen op draagvlak

Zonder voldoende draagvlak is realisatie van strategische doelen en implementatie van maatregelen onmogelijk. In de eerste fase van het project Schoonwatervallei bleken de gebruikers vooral passief betrokken te zijn geweest. In het vervolgproces werden zij echter actief betrokken; dit is een harde randvoorwaarde voor het creëren van draagvlak.

Aan de wijze waarop wij de gebiedspartners betrokken hebben, zijn overigens nadrukkelijk (kwaliteits-) eisen gesteld; deze vindt u in het inspiratieboek.

Sturen op vormkracht

Het projectteam heeft actief gewerkt aan het realiseren van vormkracht. De inzet daarbij was dat het proces niet louter mag leiden tot een mooi rapport, maar tot zichtbare en blijvende veranderingen in het gebied. De opdrachtgevers HHNK en LNH wilden -in samenwerking met andere gebiedspartijen-

tot ‘gedragen oplossingen’ komen door de dialoog aan te gaan. Hierdoor ontstond zowel begrip als bereidheid tot samenwerken en zijn belangrijke gezamenlijke stappen gezet naar oplossingsrichtingen.

Sturen op gezamenlijkheid (‘governance’)

De gebiedspartners zullen uiteindelijk (zowel op korte, middellange als lange termijn (perspectief 2050)) de eigenaren van de maatregelen worden en daarmee het gebied toekomstbestendig maken. Het begrip ‘gezamenlijkheid’ heeft in het gebiedsproces een centrale rol ingenomen. Complexe problemen als de zoetwatervoorziening zijn immers niet door één individuele partij of via traditioneel top-down beleid op te lossen.

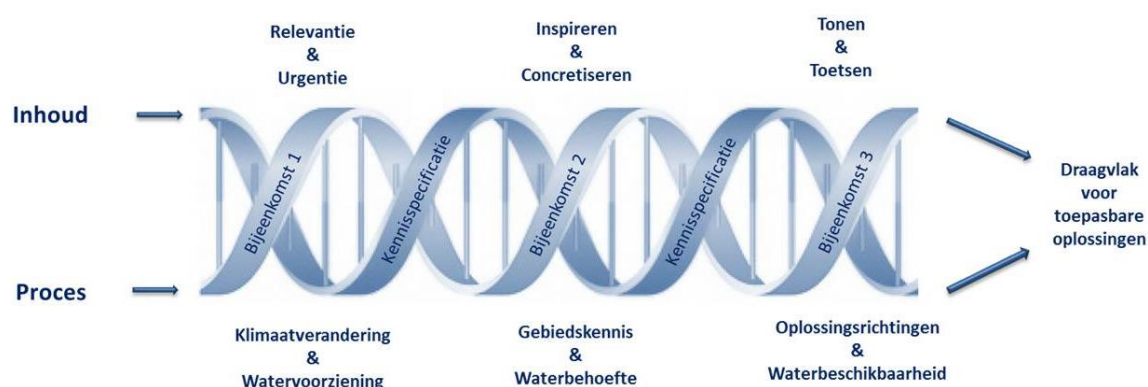
‘Zachtere’ vormen van een integrale benadering, met een gezamenlijke sturing, gericht op samenwerking tussen partijen bieden daartoe, zo is gebleken, meer perspectief. Het gedachtengoed rond ‘governance’ hebben we verder vorm gegeven door het tijdig aanspreken van bestuurders. De bestuurlijke aandacht kreeg direct al aan de voorkant veel aandacht, daardoor is gezorgd dat de aanpak en de resultaten van het project aansluiten bij de lopende processen en wensen vanuit de bestuurders.

Feiten ondersteunen de dialoog in het gebiedsproces

In het gebiedsproces is bevestigd dat kennis belangrijk is om tot gedragen, feitelijk correcte oplossingsrichtingen te komen. In de verschillende gebiedsbijeenkomsten is de relevante (geo)hydrologische informatie over het gebied gedeeld, zijn vervolgens de vragen vanuit de gebiedspartijen in beeld gebracht en verder geanalyseerd, en zijn tot slot de te verwachten resultaten van de oplossingsrichtingen die door de gebiedspartijen als kansrijk zijn benoemd uitgewerkt.

De kennisontwikkeling is in dit project geen losstaand doel. De kennis en begrip van het watersysteem is sturend geweest binnen het gebiedsproces. We hebben hierbij de insteek gehanteerd ‘feiten ondersteunen de dialoog’. Door deze benadering zijn de partijen door het hele proces goed geïnformeerd, en konden schijnbare tegenstellingen -bijvoorbeeld tussen landbouw en natuur- worden weggenomen of nader onderzocht. Hiermee werd een platform gecreëerd voor de dialoog tussen de partijen, en een goede basis gelegd voor het gezamenlijk zoeken naar gedeelde belangen en oplossingsrichtingen. Dit heeft geleid tot het formuleren van een set van oplossingsrichtingen die door de gebiedspartijen worden onderschreven.

In onderstaand schema visualiseren we het verloop van het gebiedsproces:



Figuur 1. De fasering van het gebiedsproces volgens de insteek ‘feiten ondersteunen de dialoog’.

3

Klimaatverandering en watervoorziening

3.1 Samenhang met het grotere watersysteem

De watervoorziening van de Groot Limmerpolder staat niet op zichzelf. Naast het water dat in de polder komt door neerslag en kwel (gebiedseigen water) wordt er ook extern water in de polder ingelaten. Daarmee heeft de polder een belangrijke relatie met zijn omgeving. Enerzijds is de polder dus deels afhankelijk van het water dat wordt aangevoerd en anderzijds kunnen besparingen in de GLP zorgen voor het oplossen van knelpunten verderop in het systeem. Daarom worden in dit hoofdstuk de veranderingen in de watervoorziening die op grotere schaal te verwachten zijn besproken. Het watersysteem en de mogelijke veranderingen binnen de GLP komen in de volgende twee hoofdstukken aan bod.

Het watersysteem van de GLP is onderdeel van het Noord-Hollandse watersysteem onder beheer van HHNK. Het beheersgebied van HHNK is een gebied met veel landbouw, waarvoor de zoetwateraanvoer relevant is. Rond 1930 kwam zoet water beschikbaar door de aanleg van de afsluitdijk en daarmee het IJsselmeer. De ontwikkeling van de landbouw in het gebied is sindsdien mee ontwikkeld met de verzoeting van het hele watersysteem. Door het hele gebied loopt namelijk een boezemsysteem dat waarmee het gebied van water wordt voorzien. Het water uit de boezem wordt ingelaten in de polder om daarmee het peil te beheren en de waterkwaliteit te regelen.



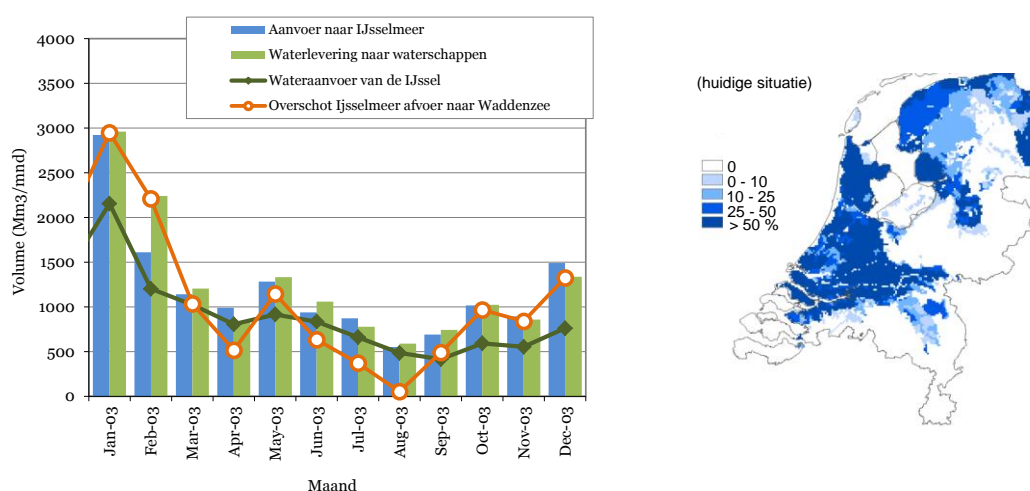
Figuur 2. De verdringingsreeks voor zoetwater (Min. V&W en RWS, 2004).

3.2 Knelpunten in de huidige situatie

De huidige watervoorziening kan in de huidige situatie over het algemeen in de vraag voorzien. Het watersysteem is wel strak ingericht om te voldoen aan de huidige watervraag. Wanneer er veranderingen in de vraag of het aanbod optreden kunnen knelpunten optreden. Op momenten van droogte en een beperkte waterbeschikbaarheid uit zich dat in de huidige situatie al op enkele locaties.

Bijvoorbeeld in de Kop van Noord Holland traden door het watertekort in 2011 verziltingsproblemen op. Dit voorbeeld geeft aan dat in droge jaren soms lastig is om aan de watervraag te voorzien. Een ander voorbeeld hiervan is het jaar 2003 waar in de maand augustus onvoldoende water uit de IJssel beschikbaar was om vanuit het IJsselmeer de waterschappen te voorzien (Figuur 3). Men stond toen op het punt om de verdringingsreeks in werking te laten treden.

Wanneer er tekorten optreden treedt de verdringingsreeks in werking, hierin is vastgelegd naar welke functies het beperkt aanwezige water gaat (Figuur 2). Landbouw valt onder de laatste categorie. Dit betekent dat als er een watertekort optreedt er als eerste gekort zal worden op de watervoorziening voor de landbouw. Wanneer er een watertekort optreedt en voor de eerste categorieën in de verdringingsreeks het peil moet worden gehandhaafd, bijvoorbeeld voor de veiligheid van waterkeringen, kan worden gekozen voor het inlaten van zout water. Daarom is het voor de landbouw in het gebied relevant om te voorkomen dat de verdringingsreeks in werking moet treden.



Figuur 3. Links: Waterbalans van het IJsselmeer. De grafiek toont dat in de zomer van 2003 de aanvoer van water naar het IJsselmeer vrijwel geheel afkomstig is uit de IJssel (en daarmee Rijn). Gedurende de zomer neemt de watervraag bij de waterschappen toe, waarbij in augustus 2003 de watervraag groter werd dan de aanvoer van de IJssel. Op dat moment was er onvoldoende water beschikbaar uit het IJsselmeer. Direct erna begon een natte periode waardoor de watervraag uiteindelijk terugliep. Rechts: het gebied dat vanuit het IJsselmeer en de grote rivieren van water wordt voorzien in een extreem droog jaar (hier 1976).

3.3 Watertekorten in de toekomst

Of er voldoende water beschikbaar is wordt bepaald door de watervraag en het wateraanbod. Beide kunnen in de toekomst gaan veranderen. De watervraag zal naar verwachting toenemen doordat er steeds vaker en steeds heftiger droge periodes zullen voorkomen (figuur 4). In deze periodes neemt de verdamping toe en is er water nodig om verdroging en verzilting te bestrijden. Daarnaast bepalen ook socio-economische veranderingen of de vraag naar water toeneemt in de toekomst.

	1906-2000	G	G+	W	W+
Neerslagtekort (mm)	144	151	179	158	220
Herhalingstijd 2003 droogte (jaar)	9,7	7,9	4,1	6,5	2,0

Figuur 4. Herhalingstijden voor het droge jaar 2003 onder het huidige klimaat en onder de verschillende klimaatscenario's van het KNMI '06. In het huidige klimaat komt een droog jaar als 2003 eens per 10 jaar voor. In het droge klimaatscenario W+ is de verwachting dat dit in 2050 elke twee jaar het geval zal zijn.



Figuur 5. Veranderingen in de watervraag als gevolg van klimaatverandering.

Hoe het klimaat en de socio-economische omstandigheden veranderen is niet volledig zeker. Daarom zijn er meerdere scenario's gedefinieerd die aangeven hoe watervraag en aanbod veranderen bij gematigde klimaatverandering (het G-scenario) en bij sterke klimaatverandering (het W+ scenario). Voor deze scenario's is in het Deltaprogramma berekend of er nog aan de watervraag kan worden voldaan. Uit deze berekeningen blijkt (ter Maat et al., 2014) dat in het G-scenario de watervraag in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer en het Markermeer niet veel verandert. Bij een W+ scenario is berekend dat de watervraag echter wel sterk toeneemt.

Het wateraanbod van water vanuit het IJsselmeer en het Markermeer wordt minder vanzelfsprekend. Deze meren zijn namelijk voor hun wateraanvoer afhankelijk van het water uit de IJssel, en daarmee van de Rijn. Op dit moment wordt de Rijn voor een belangrijk deel gevoed door smeltwater uit de Alpen. Dit smeltwater komt de hele zomer beschikbaar en de afvoer van deze rivier is dan ook meer geleidelijk dan de afvoer van een regenrivier zoals de Maas. Door klimaatverandering valt er echter minder sneeuw en meer regen, waardoor de gletsjers in de Alpen kleiner worden. De Rijn krijgt daardoor steeds meer het karakter van een regenrivier dan een van een smeltwaterrivier (KNMI, 2013). Bij een sterke klimaatverandering betekent dit dat er grotere pieken in de rivierafvoer zullen komen, en dat de lage afvoer van de Rijn nog lager zal worden. Daarnaast verliest het IJsselmeer door klimaatverandering in warme, droge periodes ook nog meer water door verdamping. In totaal kan er daardoor minder water vanuit het IJsselmeer beschikbaar komen.



Figuur 6. links: veranderingen in de afvoer van de Rijn in verschillende klimaatscenario's (PBL, 2012), o.a. veroorzaakt door het verminderen van sneeuwval en verdwijnen van de gletsjers in de Alpen (rechts).

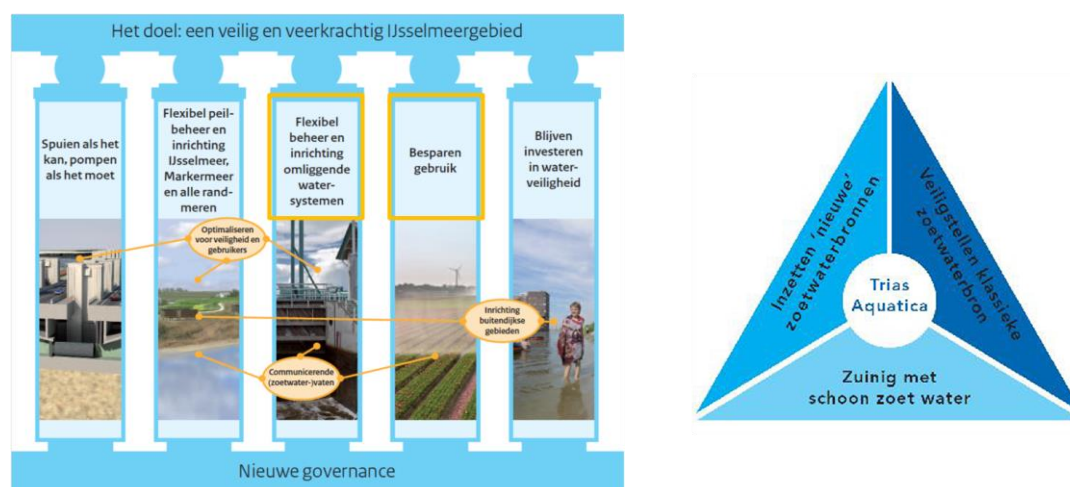
Om de zoetwatervoorziening ook in de toekomst veilig te stellen is in het Deltaprogramma in samenwerking tussen de overheid, kennisinstituten en de stakeholders een strategie ontwikkeld waarbij alle belangen in het IJsselmeergebied zijn afgewogen. In de strategie voor het IJsselmeergebied wordt er meer ruimte in het IJsselmeer gecreëerd om water beschikbaar te maken voor de droge periodes. Hierbij kan het waterpeil in het IJsselmeer indien nodig 10cm worden verhoogd, en mag het ook 10cm extra uitzakken, waardoor een waterbuffer van 20cm wordt gecreëerd. Hiermee kan volgens de berekeningen (ter Maat et al., 2014) aan een groot deel van de watervraag worden voldaan, maar kunnen met name in het W+ scenario nog tekorten optreden in extreem droge jaren.

Een verdere vergroting van de waterbuffer in het IJsselmeer brengt steeds grotere kosten met zich mee. Daarom wordt in het IJsselmeer gebied niet alleen ingezet op het vergroten van de waterbuffer in het IJsselmeer, maar worden daarnaast ook ingezet op flexibel beheer en inrichting van regionale watersystemen en efficiëntere benutting van water door gebruikers. Een kosten-baten analyse van de maatregelen heeft uitgewezen dat het gecombineerd inzetten op besparingen in de regio en het vergroten van de waterbuffer uit het IJsselmeer het meest effectief is (DPIJ, 2014).

Door HHNK is dit streven geformuleerd als de Trias Aquatica. Hierbij wordt ingezet op:

- 1) Zuiniger omgaan met water
- 2) Inzetten en ontwikkelen van 'nieuwe' zoetwaterbronnen
- 3) Veiligstellen van klassieke zoetwaterbronnen.

In dit project wordt onderzocht in samenspraak met de gebiedspartijen onderzocht hoe de eerste twee oplossingsmogelijkheden verder kunnen worden uitgewerkt.



Figuur 7. Links: de Deltastrategie voor het IJsselmeergebied. De delen die van belang zijn voor de aanpak in de regio zijn geel omlijnd. Rechts: de Trias Aquatica van HHNK.

3.4 Concluderend: rol van de GLP in de gebiedswatervoorziening

De GLP is een bijzonder gebied, waar een grote toevoer is van zoet kwelwater uit de duinen is. Daardoor wordt het begin van het droge seizoen vertraagd, en kunnen droge periodes worden overbrugd (dit wordt verder beschreven in het volgende hoofdstuk). Dit biedt kansen om het watergebruik in deze polder te optimaliseren. In andere gebieden binnen het beheersgebied van HHNK is er minder of geen zoet kwelwater beschikbaar, of is er sprake van zoute kwel, waardoor er problemen in de landbouw kunnen optreden.

De rol van de lokale watervoorziening, zoals in dit project in de GLP, is dus tweeledig. Aan de ene kant is het gebied op dit moment afhankelijk van externe aanvoer. Deze externe aanvoer kan mogelijk in het gedrang komen als de waterbeschikbaarheid door klimaatverandering afneemt. Aan de andere kant is het gebied een watergebruiker, waar de watervraag kan toenemen als er niks gebeurt.

Maatregelen in het gebied om de watervoorziening te optimaliseren kunnen dan ook twee doelen dienen. Ten eerste kan het gebied daarmee onafhankelijker worden van externe aanvoer, waardoor het minder risico loopt als er minder water beschikbaar is uit de aanvoer. Ten tweede kan de vraag aan het watersysteem worden verminderd. Hierdoor blijft er op momenten dat water schaars is meer water over voor andere gebieden, en kunnen mogelijke knelpunten op andere plaatsten in het systeem worden voorkomen. Het benutten van kansen in dit gebied kan dus worden gezien als kansrijk voor het gebied zelf, en solidair met de regio.

In dit project wordt onderzocht welke kansen kunnen worden benut in de GLP. Dit vormt hiermee een voorbeeldproject voor waterbesparing in het beheersgebied van HHNK. Wanneer blijkt dat de mogelijke waterbesparing substantieel is, dan kan dit onderdeel worden van de strategie om de watervoorziening duurzaam te maken naar de toekomst. Belangrijk om hierbij te noemen is dat het bedoeld is om het huidige niveau van waterbeschikbaarheid in de polder te behouden of zelfs te verbeteren.

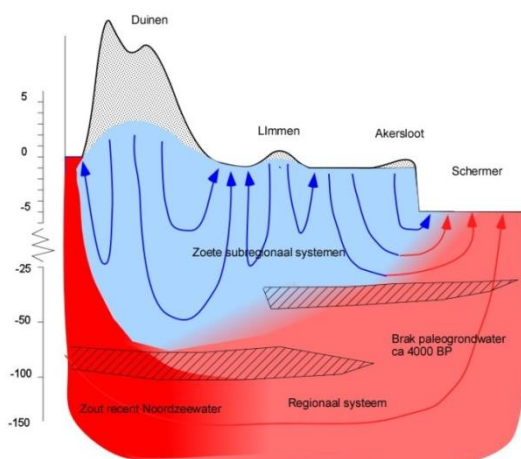
4 Gebiedskennis en waterbehoefte

In het watersysteem van de GLP zijn de aanvoer van gebiedseigen water en de externe aanvoer van belang. De aanvoer van het gebiedseigen water, zoals neerslag, kwel en oppervlaktewateraanvoer uit de duinen, is niet in het hele gebied gelijk. Daardoor zijn er deelgebieden in de polder die over het algemeen een overschot hebben, en andere deelgebieden die een tekort hebben. Hoe groot de kwel is in de verschillende delen van het gebied is berekend met het grondwatermodel dat is ontwikkeld in de studie 'Duinpolder ontboezemt' (Royal Haskoning, 2002). Dit model is voor dit project geactualiseerd en de jaren 2003 en 2005 zijn doorgerekend als voorbeelden voor een actueel droog jaar (2003) en normaal jaar (2005). In eerste instantie is gekeken naar de gehele GLP, maar tijdens het gebiedsproces is de focus verschoven naar het westelijke gedeelte: toeleveringsgebied gemaal Schulpvaart. In het oostelijk deel van het gebied is door invoering van flexibel peil reeds een waterbesparing gerealiseerd (Witteveen+Bos, 2006)

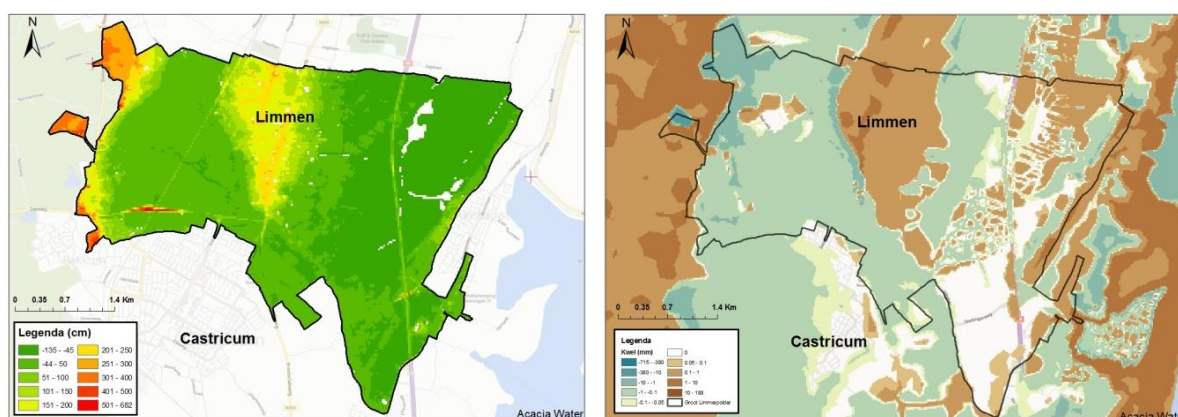
4.1 Gebiedsbeschrijving

4.1.1 Kwelaanbod

De Groot Limmerpolder is een polder die zich bevindt aan de voet van de duinen. Daardoor zijn er in en rondom het gebied hoogteverschillen, die bepalend zijn voor (geo)hydrologie van het gebied. Ten westen van de polder bevinden zich de duinen en er sterkt zich in het gebied (onder Limmen en Castricum) een strandwal uit. Deze liggen hoger dan de rest van het gebied, wat leidend is voor de waterstromen en de verschillen in de grondwaterstand op verschillende locaties in de polder. Het water stroomt zowel via het oppervlak van de hooggelegen gebieden naar de laaggelegen gebieden, via bijvoorbeeld het Koningskanaal en de Zeevelderbeek, als via de ondergrond in de vorm van kwel. De laatste stroom is in het gebied het belangrijkste.



Figuur 8. Schematische weergave van de grondwaterstromen als gevolg van de hoogteverschillen.



Figuur 9. Hoogtekaart (links; bron: AHN) en kwelkaart (grondwatermodel) van de GLP

De hooggelegen gebieden kunnen met name als infiltratiegebieden worden gezien, hier infiltreert de neerslag in de grond en zorgt het voor grondwateraanvulling, en de laaggelegen gebieden als kwelgebieden. Hoe groot de kwel is varieert binnen het gebied. De kwel is aan de voet van de duinen en de strandwal het grootst en naar het oosten toe neemt de kwel af. De kwelstroom zorgt ervoor dat in droge periodes de grondwaterstand minder snel uitzakt en er kwelt zoet water op in de sloten.

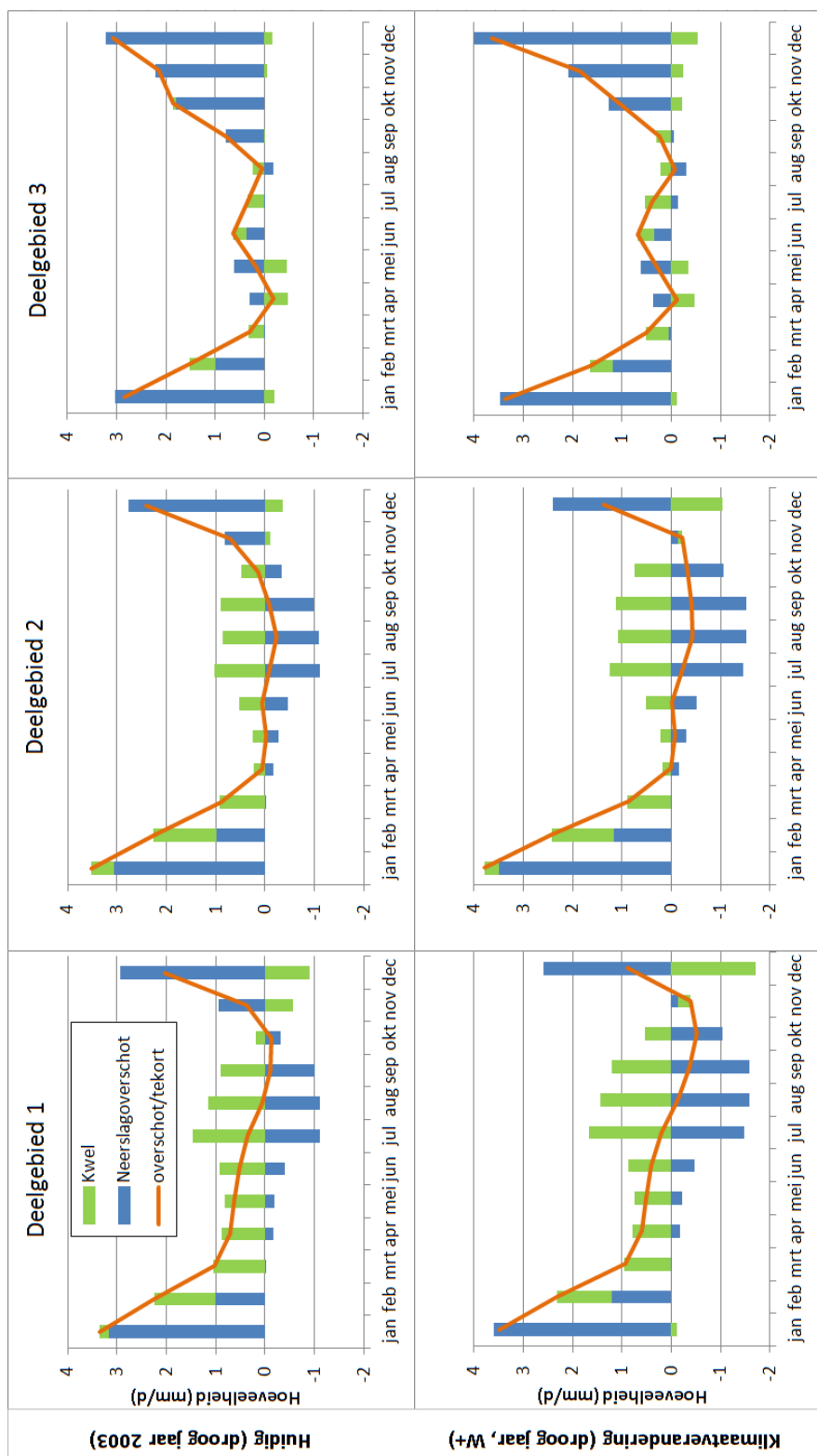
De kwel wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstand in de hooggelegen gebieden hoger is dan in de laaggelegen gebieden. Dit veroorzaakt een drukverschil in het grondwater, waardoor het water in de laaggelegen gebied omhoog wordt gedrukt (figuur 8). De sterkte van de kwelstroom in de polder is afhankelijk van het drukverschil (dus het verschil in grondwaterniveau) tussen de hooggelegen gebieden en de laaggelegen gebieden. Daarom geldt bij een vast peil in de polder: hoe hoger de grondwater stand in de duinen, hoe groter de kwel in het gebied. Andersom, als het waterpeil en de grondwaterstand in de polder worden verlaagd, kan dit ook leiden tot een grotere kwelstroom. Door de toevoer van kwel zakken grondwaterstanden minder snel uit en is er in gebieden met een kweltoevoer kleiner watertekort.

4.1.2 Neerslag

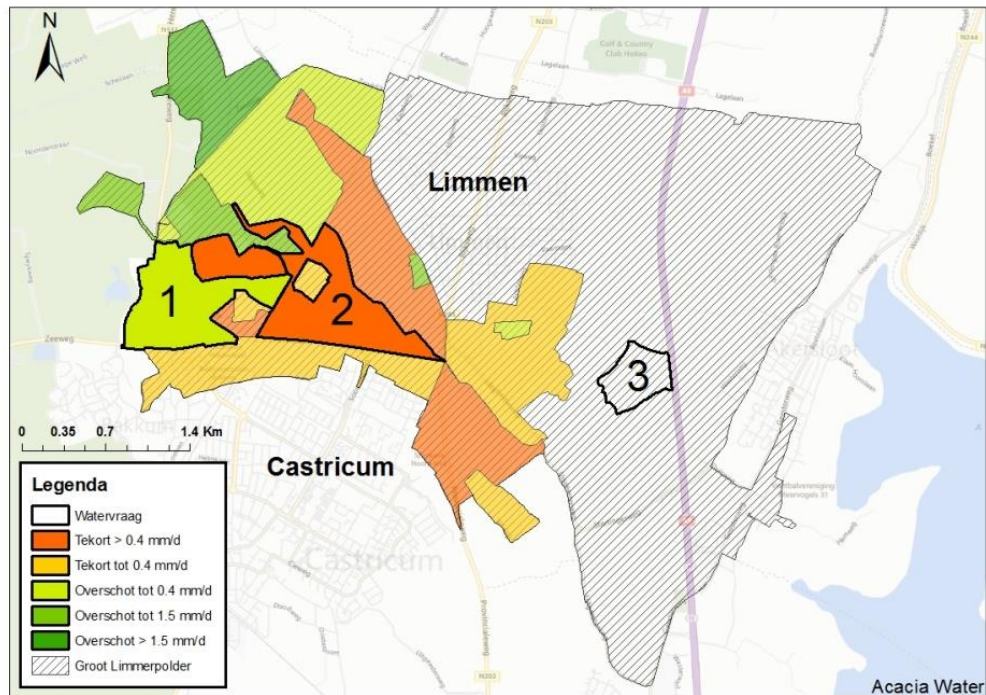
De meest directe vorm van beschikbaar water is de neerslag, min (gewas)verdamping. Het grootste deel van de neerslag valt in de winter, en dan is de hoeveelheid neerslag over het algemeen groter dan de verdamping. In de winterperiode is er sprake van een neerslagoverschot. Dat zorgt voor grondwateraanvulling, en vanaf een bepaalde grondwaterstand zal het overschot worden afgevoerd via de sloten. In de zomer daarentegen is de neerslag vaak kleiner dan de verdamping, en is er sprake van een neerslagtekort. In dat geval wordt er water onttrokken aan het grondwater, waardoor de grondwaterstand daalt. Dit kan ten dele worden beperkt door aanvulling van bijvoorbeeld kwel of met water dat extern wordt aangevoerd.

4.1.3 Wateroverschot of tekort

Of er theoretisch water zou moeten worden aangevoerd om de grondwaterstand op peil te houden, of dat er water zou moeten worden afgevoerd om te voorkomen dat de grondwaterstand te hoog wordt is afhankelijk van de som van het neerslagoverschot, de kwel en de vertraging in het systeem door de berging in de bodem. In Figuur 10 wordt een voorbeeld gegeven voor het droge jaar 2003. Daarin is goed te zien dat in dat jaar de neerslag in veel maanden minder is dan de verdamping. Het neerslagoverschot of -tekort is in niet in elk deelgebied precies hetzelfde, dit wordt met name veroorzaakt door verschillen in de verdamping, veroorzaakt door variaties in gewas en bodemsom.



Figuur 10. Variatie van het neerslagoverschot (neerslag min verdamping) en kwelwater voor drie deelgebieden (zie figuur op de volgende pagina voor locaties van de deelgebieden). In de bovenste panelen de huidige situatie, en in de onderste de situatie bij een veranderend klimaat, beide berekend met het grondwatermodel uit de studie 'Duinpolder ontboezemd' voor 2003. Blauw positief betekent een neerslagoverschot, en blauw negatief een neerslag tekort (de verdamping is groter dan de neerslag). Groen positief betekent dat er kwel optreedt, en groen negatief betekent dat er infiltratie plaatsvindt. De rode lijn is de som van de twee en geeft aan of er een netto overschot of tekort is. Bij een tekort is er sprake van een watervraag en dus noodzaak voor wateraanvoer.



Figuur 11. Variatie van tekort en overschot van neerslag en kwelwater. Links de kaart van tekorten en overschotten in verschillende deelgebieden. Het gekleurde deel betreft het voorzieningsgebied van gemaal Schulpvaart.

Ook een belangrijk ruimtelijk verschil in de waterbalans is de variatie in de kwel, zoals hierboven is beschreven. Uit de berekeningen blijkt dat de kwel een belangrijke component is in de waterbalans en dat het in periodes met neerslagtekort kan zorgen voor aanvulling. De kwel is dus een extra aanvoer van water, die in ieder geval in een deel van de droge periodes zorgt voor een reductie van de watervraag. In sommige gebieden is de kweltoevoer voldoende om het neerslagtekort te compenseren en is er zelfs in het droge zomerhalfjaar een overschot (Figuur 10). De verschillen in het gebied zijn weergegeven in Figuur 11, hierbij zijn drie representatieve gebieden geselecteerd die steeds als voorbeeld dienen.

4.1.4 Externe aanvoer en beheer

In het algemeen wordt in de winter en het voorjaar water uit het gebied afgevoerd en in de zomer water aangevoerd. Aangezien deze studie zich focust op periodes met een watertekort is de situatie waarbij water wordt aangevoerd met name van belang en weergegeven in Figuur 12.

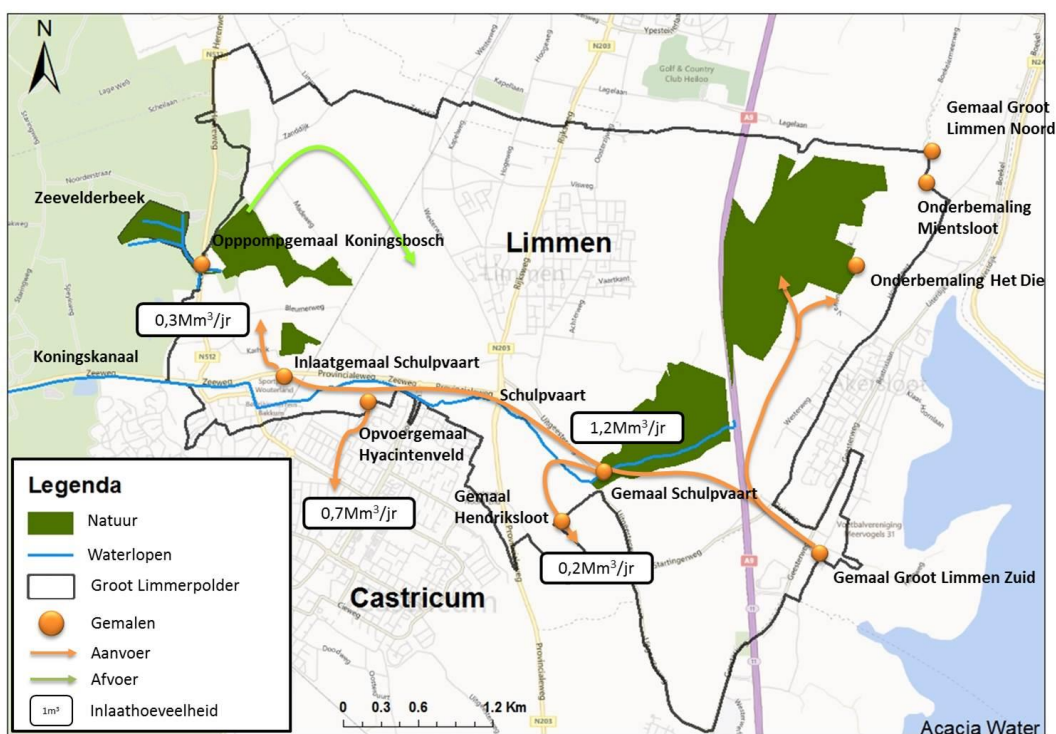
In de aanvoersituatie wordt het water aan de oostkant van de polder ingelaten. Het gemaal Groot Limmen Zuid laat water in vanuit het boezemsysteem, dat via het Alkmaardermeer wordt gevoed uit het IJsselmeer. Hiermee worden de GLP en Castricum van water voorzien. Het water stroomt via de Schulpvaart het gebied binnen, wordt vervolgens aan de westkant van het gebied naar het noorden geleid, waar het mengt met het gebiedseigen water van de kwel uit de binnenduinrand en het westelijk deel van de strandwal. Daarna stroomt het water terug naar de Schulpvaart waar het mengt met nieuw aanvoerwater. Dicht bij het inlaatpunt, aan de oostkant van de polder is ook een aftakking naar het noorden. Het water stroomt daar naar onder andere de waaronder het Die en het Oosterveld, en wordt opgemengd met kwelwater van de oostelijke kant van de Limmer strandwal. Het wateroverschot wordt aan de noordoost kant van het gebied via het gemaal Groot Limmen Noord uitgeslagen.

Vanuit het westen vindt ook aanvoer uit de duinen plaats door twee waterlopen: het Koningskanaal en de Zeevelderbeek. Het water van de Zeevelderbeek wordt met een aquaduct over de aanvoersloot van

het boezemwater geleid en komt ten goede aan het natuurgebied. Het water uit het Koningskanaal wordt direct uit in het oppervlaktewatersysteem.

Vanuit de Schulpvaart wordt niet alleen water naar de GLP geleid, maar ook naar Castricum en de Nessepolder die via gemaal Hendriksloot van water wordt voorzien. Het water voor de Nessepolder wordt overigens doorgeleid naar de naastgelegen polder en komt zo buiten de GLP terecht. Informatie over hoeveelheden hiervan ontbreken. Na consultatie van gegevensbeheer van HHNK, en analyse van de beschikbare maalstaten is duidelijk geworden welk deel van het inlaatwater wordt gebruikt voor de GLP en welk deel voor de andere gebieden die via de Schulpvaart worden gevoed (Figuur 12). Het betreft de cijfers voor het jaar 2013:

- Ongeveer 1,2 Mm³/jaar wordt ingelaten bij gemaal Groot Limmen Zuid;
- Daarvan gaat ongeveer 0,2 Mm³/jaar naar de polder ten zuiden van de Schulpvaart (de Nessepolder);
- 0,7 Mm³/jaar wordt naar Castricum geleid;
- 0,3 Mm³/jaar gaat aan de westkant de GLP in.



Figuur 12. Aanvoer van extern water naar de GLP. Specifieke aanvoerhoeveelheden zijn gemeten waarden voor de zomerperiode van 2013.

4.1.5 Verhouding intern en extern water

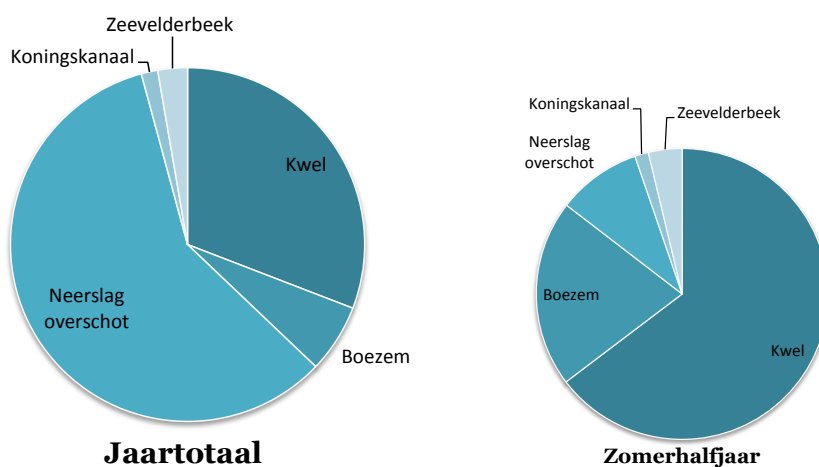
Berekeningen met het grondwatermodel laten zien dat de wateraanvoer vanuit de boezem naar de GLP in verhouding niet de belangrijkste waterbron in het gebied is in de zomerperiode. Het gebiedseigenwater blijkt een belangrijke component in de wateraanvoer balans. Figuur 13 geeft de watertoevoer naar het gebied van gemaal de Schulpvaart weer (voor de gebiedsaanduiding, zie het gekleurde gedeelte van Figuur 11). Als naar het gehele jaar wordt gekeken is het neerslagoverschot de belangrijkste vorm van wateraanvoer (Figuur 13a). De tweede belangrijke component in het jaartotaal is de kwel.

De aanvoer via de boezem is, zoals hierboven beschreven voor 2013, is dit gebied 0,3 Mm³/jaar en vormt een klein deel van de totale aanvoer. Gemiddeld over het jaar is het neerslagoverschot in het

gebied ongeveer 2.8 Mm³/jaar. De aanvoer van water uit de duinen in de vorm van kwel bedraagt gemiddeld ongeveer 1,5 Mm³/jaar (resultaat uit het grondwatermodel uit de studie ‘Duinpolder ontboezemt’ voor een gemiddeld jaar, 2005).

In het zomerhalfjaar ziet het plaatje er anders uit (Figuur 13b). In die periode is er een veel kleiner neerslagoverschot, en in droge periodes binnen het zomerhalfjaar is er ook geregeld een neerslagtekort. Daarnaast is de afvoer uit de duinen en vanuit de boezem ook niet constant. De kwel heeft een verloop door het jaar, waarbij het -afhankelijk van de locatie in het gebied- enkele maanden vertraging heeft ten opzicht van de neerslag (zie Figuur 10). In het totaal van het zomerhalfjaar blijft de berekende kwel de belangrijkste component in het gebied Schulpvaart, en is deze veel groter dan de hoeveelheid water die door de boezem wordt aangevoerd (Figuur 13b).

Er zijn maar beperkte gegevens over de aanvoer van oppervlaktewater uit de duinen (via het Koningskanaal en de Zeevelderbeek) bekend, slechts voor een deel van 2001 (mei-december) zijn metingen beschikbaar. Ondanks deze korte periode van gegevens kan hieruit wel worden afgeleid hoe belangrijk deze aanvoer voor het gebied is. Om inzicht te geven in de orde van grootte van de afvoer in verhouding tot de andere componenten, zijn de gegevens voor de eerste 4 maanden van het jaar geïnterpoleerd en is de jaarsom en de som voor het zomerhalfjaar voor 2001 opgenomen in Figuur 13. Het Koningskanaal gaf een aanvoer van ongeveer 0,07 Mm³/jaar en de Zeevelderbeek van ongeveer 0,13 Mm³/jaar. In de periode dat er waarnemingen beschikbaar zijn voor het Koningskanaal en de Zeevelderbeek is in maanden juli en augustus de aanvoer vrijwel nul, in de andere maanden is er wel aanvoer. De aanvoer vanuit de duinen via het oppervlaktewater is daarmee in vergelijking met de kwel en de aanvoer uit de boezem een relatief kleine component.



Figuur 13a en 13b. Verhouding tussen de verschillende componenten van de wateraanvoer voor het gebied ‘Schulpvaart’ (voor de gebiedsaanduiding, zie het gekleurde gedeelte van Figuur 11). Jaartotaal (links – 13a) en gemiddelde voor het zomerhalfjaar (rechts – 13b).

5

Analyse watertekort in toekomst GLP

5.1 Inleiding en werkwijze

In hoofdstuk 3 zijn de veranderingen die worden verwacht door klimaatverandering op grote lijnen geschetst. In dit hoofdstuk wordt een inschatting gegeven hoe deze veranderingen specifiek het watertekort in de toekomst in de GLP zullen beïnvloeden. Hier wordt ingegaan op de veranderingen in de neerslag, in de grondwaterstand en in de kwel.

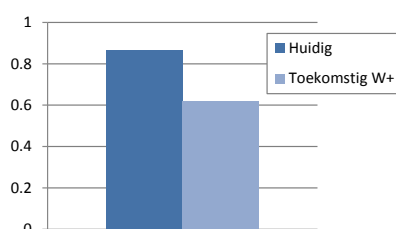
Om de veranderingen in de grondwaterstand te bepalen is gebruik gemaakt van het bestaande grondwatermodel dat in het project 'de Duinpolder ontboezemt' (Royal Haskoning, 2002) is ontwikkeld. In dit model is alle relevante informatie die beschikbaar is over de eigenschappen van de ondergrond en de gemeten grondwaterstanden gebruikt om een zo goed mogelijke representatie van de werkelijkheid te maken. Met dit model zijn de veranderingen in de grondwaterstand die worden veroorzaakt door veranderingen in de neerslagpatronen doorgerekend.

Als check op resultaten is de verandering van de grondwaterstand ook nog op een tweede manier berekend. Hiervoor is een tijdreeksanalyse (Menyanthes) gedaan op basis van de gemeten grondwaterstanden en de neerslag, en is vervolgens het effect van een verandering in het neerslag patroon berekend. Beide methodes geven een vergelijkbare verandering in de grondwaterstand in de droge periode.

Hieronder zijn de resultaten van het scenario met de sterkste klimaatverandering weergegeven (2050W+), dit kan als een hoekpunt van de te verwachten verandering worden gezien.

5.2 Verandering in het neerslagoverschot

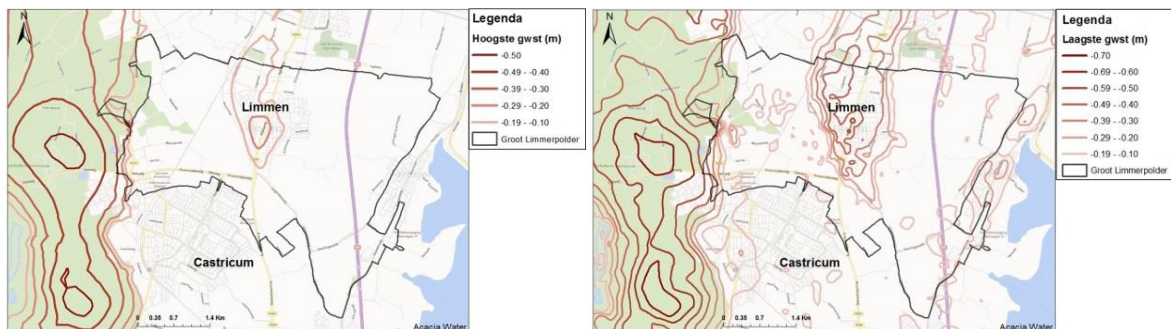
De veranderingen in de neerslag zijn bepaald met de klimaatgenerator van het KNMI, waarin zowel de verandering in het gemiddelde als de verandering in de extremen wordt meegenomen. Voor de berekening is gebruik gemaakt van de gemeten neerslag van de afgelopen 23 jaar bij neerslagstation Castricum. Voor de verandering van de verdamping zijn toename percentages van het KNMI'06 toegepast. Wanneer het klimaat verandert volgens het W+-scenario, neemt het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot af (Figuur 14), en worden de extremen extremer.



Figuur 14. Gemiddeld jaarlijks neerslagoverschot periode 1990-2013 bij het huidige klimaat en bij klimaatverandering volgens het W+ scenario2050 (berekend o.b.v. de KNMI '06 scenario's).

5.3 Verandering in aanvoer vanuit de duinen

De berekeningen met het grondwatermodel laten zien dat de grondwaterstand in het W+-scenario door de reductie van het neerslagoverschot, in combinatie met de toename van de verdamping, wordt verlaagd. In de duinen is de berekende grondwaterstand op plaatsen met enkele tientallen centimeters lager (Figuur 15). Dit suggereert een verandering in de afvoer vanuit de duinen. Verwacht wordt dat hierdoor de kwel en afvoer uit de duinen beperkt afneemt. De verwachting is dat de kwelafname zeer gering zal zijn omdat het absolute verschil in grondwaterstand in de duinen en de polder groot blijft. In een kleine zone met een flinke kweldruk (direct aan de voet van de duinen) neemt de kwel maximaal 5% af, in het resterende deel van de polder met kwel en langs de strand wal is de afname kleiner dan 2%.

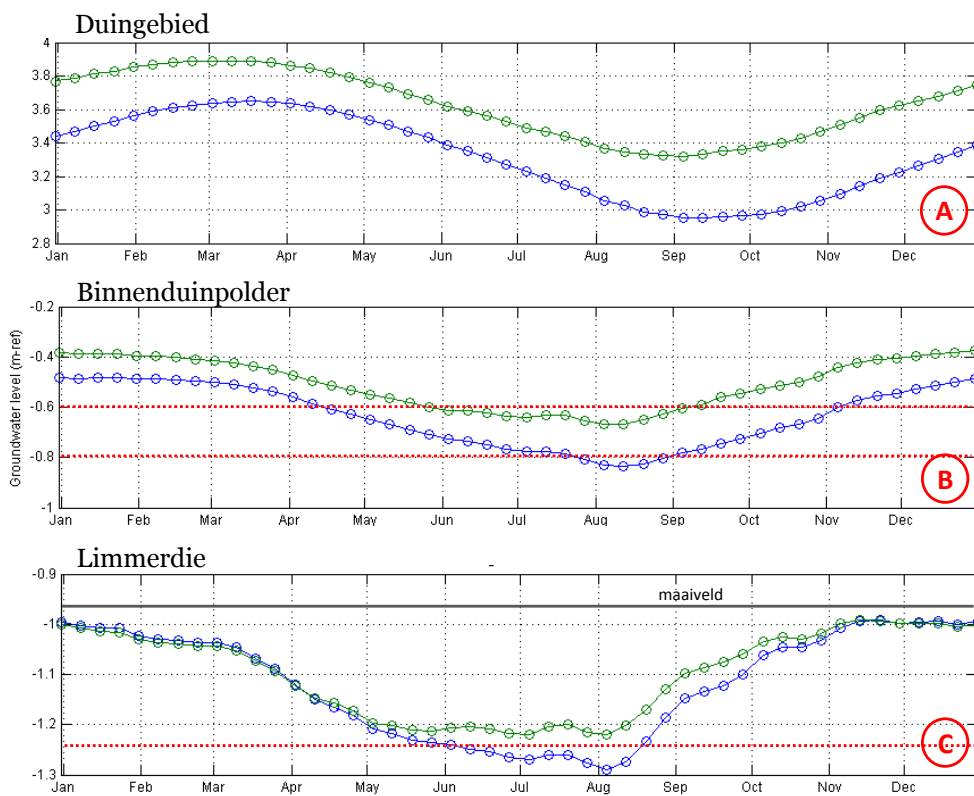
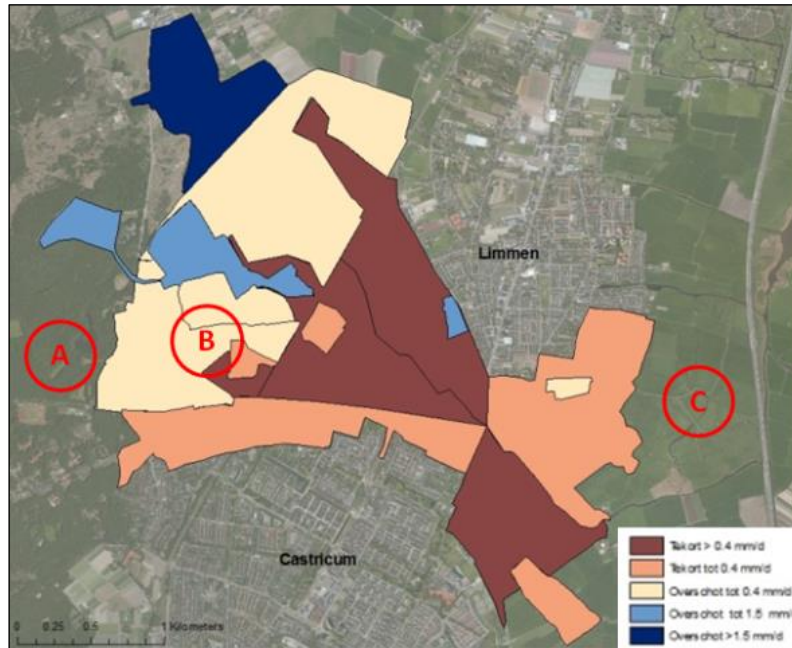


Figuur 15. Berekende verandering van de grondwaterstand van het toekomstscenario2050 W+ ten opzichte van het huidige klimaat. Links de verandering in de hoogste grondwaterstand voor 2003 (links) en verandering van de laagste grondwaterstand voor 2003 (rechts).

5.4 Veranderingen in de grondwaterstand in de polder

De grondwaterstanden in de polder worden door twee processen beïnvloed wanneer het klimaat verandert. Dit kan door een afname van de kweldruk, zoals hierboven beschreven, maar deze verandering is gering. Daarnaast vindt er door de verwachte afname van de neerslag en de toename van de verdamping in de zomer minder aanvulling van het grondwater plaats. Zowel met het grondwatermodel als met de tijdreeksanalyse is berekend dat de grondwaterstanden gaan dalen. De berekeningen geven een verlaging in het hele jaar in het duingebied (figuur 16 a), en in de binnenduinpolder (figuur 16b) en een verlaging alleen in de zomer in het Limmerdie van de GLP (figuur 16c).

In het volgende hoofdstuk wordt beschreven wat de drempelwaarden zijn waarbij functies schade ondervinden, deze waarden zijn met de rode lijnen aangegeven in de figuren. Zowel de berekeningen met het grondwatermodel, als de berekeningen met de tijdreeksanalyse geven aan dat in een W+-scenario de grondwaterstanden vaker en langer onder de drempelwaarden van de functies in het gebied zakken. Er wordt daarom verwacht dat deze verlaging in de grondwaterstand bij een sterke klimaatverandering voor schade door droogtestress zal zorgen.



Figuur 16. Op basis van tijdreeksanalyse berekende verandering in de grondwaterstand (grondwater regimecurves, een maat voor de gemiddelde optredende grondwaterstand) op drie karakteristieke locaties in het gebied (zie kaartje). Locatie A is in de duinen, waar het maaiveld op ongeveer 5 m boven NAP ligt, locatie B is in de binnenduinpolder (met maaiveld op ongeveer 0 m NAP) en C in de het Limmerdie (ongeveer -1 m NAP). In het groen de regimecurve voor de huidige situatie, gebaseerd op de metingen, in blauw de regimecurve berekend met een verandering neerslagoverschot voor een W+ scenario. De rode lijnen geven de drempelwaarden waaronder schade kan optreden aan de functies (bij B voor grasland en bij C voor natte natuur).

6

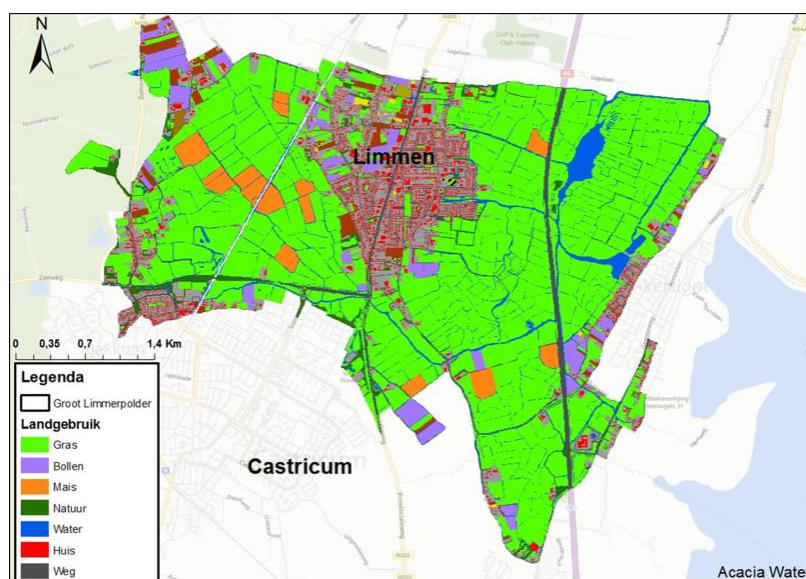
Funcities en belangen in de GLP

6.1 Funcities en waterbehoefte in het gebied

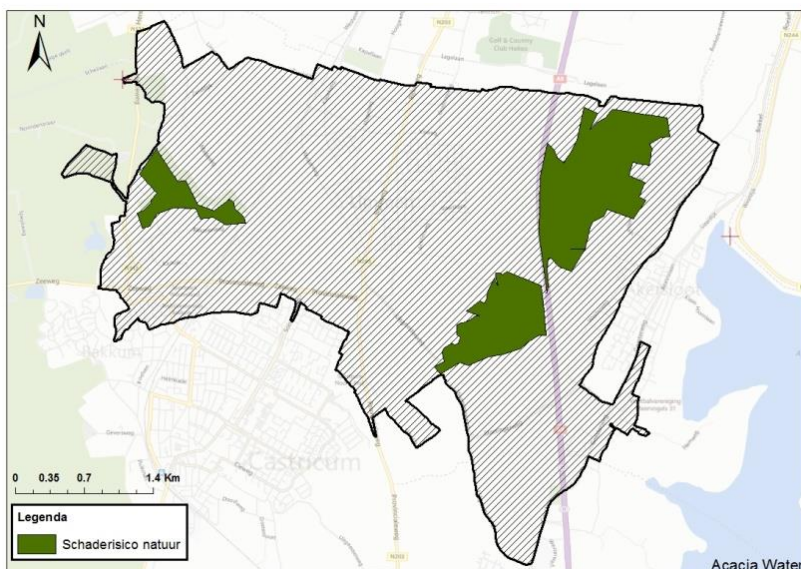
De watervraag in de polder wordt bepaald door het landgebruik, een groot deel in de polder is in gebruik voor landbouw, en er zijn delen waarop natuurbeheer plaatsvindt. Deze twee kunnen soms tegengestelde belangen hebben, maar ook vaak liggen de wensen vanuit de natuur en de landbouw in elkaars verlengde.

Het grootste deel van de GLP bestaat uit graslanden, daarnaast zijn ook percelen met maïs en bollenteelt verdeeld over het gebied (Figuur 17). Voor landbouw is met name de hoeveelheid water op het juiste moment van belang, terwijl voor de natuur naast droogtebestrijding ook de kwaliteit voorop staat. Er zijn in het gebied een aantal soorten natuur te onderscheiden die specifiek droogtegevoelig zijn, dit zijn de schrale graslanden, weidevogel graslanden en veenmosrietland en moerasheide (figuur 18).

Voor zowel landbouw als natuur kan een ondergrens worden geformuleerd voor het grondwaterniveau, waaronder droogteschade kan optreden. Gras en maïs wordt een ondergrens voor de grondwaterstand aangehouden van 60-80 cm-mv. Voor bollen wordt een ondergrens voor de grondwaterstand aangegeven van 60cm –mv, voor dit gewas is de watervoorziening in de periode april - juli het belangrijkste. Voor natuur wordt een maximale ondergrens van de grondwaterstand van 25cm –mv (Z, O en L) gehanteerd.



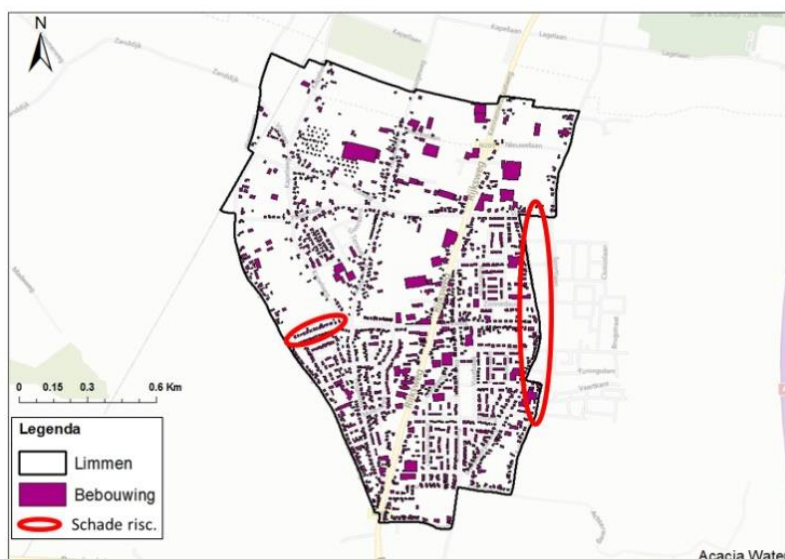
Figuur 17. Landgebruik in de Groot Limmerpolder (bron: LGN)



Figuur 18. Locaties met een verhoogd risico op schade voor de natuur wanneer lagere grondwaterstanden en/of bodemvochtgehalten optreden

6.1.1 Bebouwing

Het stedelijk gebied is een aparte categorie in de watervraag. De hoogte van de grondwaterstand is van belang om funderingsschade te voorkomen. Funderingsschades door droogte worden veroorzaakt door paalrot, maaiveldval, verschuiving en krimp als gevolg van lage grondwaterstanden en/of lage bodemvochtgehalten. In het gebied wordt niet verwacht dat dit risico op grote schaal aanwezig is. Er is namelijk veel nieuwbouw gefundeerd op staal, waarbij geen risico op paalrot kan optreden. Er zijn wel enkele oude gebouwen, gefundeerd op houten palen. Daarom is er in specifieke gebieden wel risico. Omdat dit slechts beperkte gebieden zijn wordt gesuggereerd om hier lokaal de grondwaterstand hoog te houden, en is in dit project verder buiten beschouwing gelaten.



Figuur 19. Locaties met een verhoogd risico op schade voor de bebouwing wanneer lagere grondwaterstanden en/of bodemvochtgehalten optreden.

6.2 Belangen van de gebiedspartijen

Ook uit de gebiedsbijeenkomsten bleek dat binnen de GLP, en in haar directe omgeving, zich verschillende en duidelijk te onderscheiden functies, en daarmee belangen bevinden. Functies die, zoals we vaststelden, uiteenlopende waterbehoeften hebben naar volume, tijdstip en kwaliteit. In het gebiedsproces hebben we uitdrukkelijk vanuit de *bestaande* functies gekeken of, en met behulp van welke oplossingsrichtingen, de klimaatbestendigheid van het gehele gebied kan toenemen.

In de gebiedsbijeenkomsten zijn de gebiedspartijen op open en respectvolle wijze met elkaar in gesprek gegaan over hun specifieke belangen. De gebiedspartners constateerden daarbij weliswaar accenten in uiteenlopende behoeften, maar zij constateerden ook dat er niet echt zware principiële tegenstellingen in belangen zijn. Deelnemers bleken in de volle breedte voorstander van een robuust watersysteem met behoud van variatie, identiteit en balans voor alle functies in het gebied.

7

Inventarisatie van oplossingsrichtingen

Naar aanleiding van de wens om zuiniger om te gaan met water en de analyse van het watertekort is naar voren gekomen dat maatregelen wenselijk zijn. Hiertoe zijn mogelijke oplossingsrichtingen geïnventariseerd.

7.1 Werkwijze

Voor het inventariseren van de mogelijke oplossingsrichtingen is gebruik gemaakt van gebiedsbijeenkomsten. Door gebruik te maken van gebiedsbijeenkomsten is het mogelijk om de gebiedspartners, rekening houdend met de problemen die spelen binnen het gebied, bij de oplossingsrichtingen te betrekken en samen te ontwikkelen. Tijdens een tweede bijeenkomst met de gebiedspartners van de Groot-Limmerpolder zijn op 12 december 2013 oplossingsrichtingen gedefinieerd om te kunnen komen tot een meer klimaatbestendige polder. Tijdens de gebiedsbijeenkomst zijn acht oplossingsrichtingen naar voren gekomen.

7.2 Oplossingsrichtingen

Op dit moment vormt droogte (nog) geen probleem, niet voor de natuur maar ook niet voor de stedelijke omgeving. Deelnemers zien in flexibel peilbeheer en vasthouden van gebiedseigen water een belangrijke oplossingsrichting voor het verlengen van waterbeschikbaarheid in droge perioden. Dit belang geldt voor alle functies en daarmee worden alle functies een beetje meer klimaatbestendig. In de ruimtelijke ordening liggen verder nog mogelijke potentiële meekoppelkansen, bijv. in de vorm van een nieuwe strandwal, nieuwbouw of herinrichting. In totaal zijn vanuit de actoren binnen het gebied de volgende acht oplossingsrichtingen gedefinieerd.

No.	Oplossingsrichting	Trias Aquatica
1	Benutten opslagcapaciteit duinen en strandwallen	Nieuwe zoetwaterbronnen
2	Vasthouden van water in de bodem	Nieuwe zoetwaterbronnen
3	Peilgestuurde drainage	Nieuwe zoetwaterbronnen
4	Flexibel peilbeheer	Zuinig met zoet water
5	Sloten verbreden	Nieuwe zoetwaterbronnen
6	Ondergrondse infiltratie / subirrigatie	Nieuwe zoetwaterbronnen
7	Optimaliseren waterinlaat	Zuinig met zoet water
8	Ruimtelijke inrichting 'functie volgt peil'	Zuinig met zoet water

1) Benutten opslagcapaciteit duinen en strandwallen

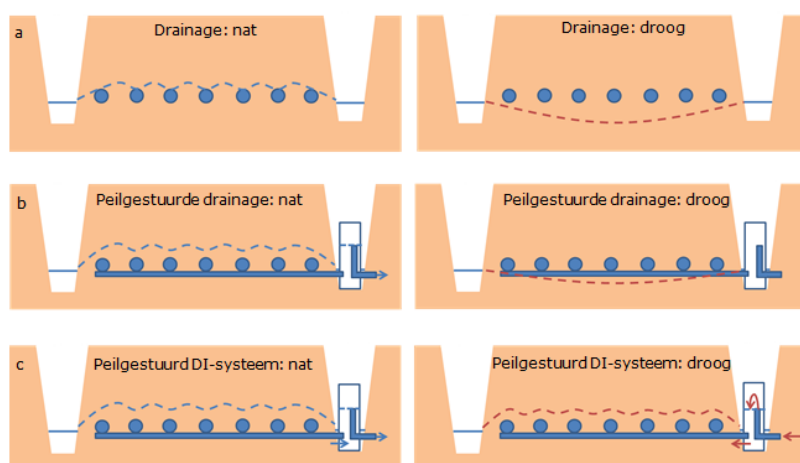
Het opslaan van water in duinen en strandwallen heeft via een toename van de kwel een positieve uitwerking op de waterbeschikbaarheid. De toename van de kwel vindt voornamelijk plaats in een rand zone nabij de duinen en strandwallen die beperkt van omvang is. Ook de periode waarin de kwel in de rand zone zal toenemen is beperkt. Deze toename zal voornamelijk in het voorjaar plaatsvinden. Daarnaast zal een deel van het kwelwater worden afgevangen door de ontwateringsmiddelen. Om de opgeslagen hoeveelheid water beter te benutten is een combinatie met een aangepast peilbeheer wenselijk.

2) Vasthouden van water in de bodem

De mate waarin water kan worden vastgehouden in de bodem is als gevolg van een relatief geringe berging beperkt. Het vasthouden van water in de bodem is te realiseren door de oppervlaktewaterpeilen gedurende het voorjaar en de zomer te verhogen. Deze maatregel heeft ook tot gevolg dat eventuele overtollige neerslag gedurende deze periode minder snel zal worden afgevoerd, waardoor de waterbeschikbaarheid toeneemt.

3) Peilgestuurde drainage

Door de aanleg van peilgestuurde drainage kan de berging van water in de bodem worden vergroot. Als gevolg van het intensiveren van het ontwateringsstelsel nemen de mogelijkheden voor het sturen van de grondwaterstand toe. Hierdoor wordt het gemakkelijker de grondwaterstand aan te passen aan de wensen vanuit de bedrijfsvoering. Daarnaast nemen als gevolg van de sterke intensivering van het ontwateringsstelsel de infiltratiemogelijkheden toe.



Figuur 20. De werking van verschillende vormen van drainage in natte en droge perioden.

- Bij traditionele landbouwdrainage wordt het ontwateringsniveau bepaald door het aanlegniveau.
- Bij peilgestuurde drainage kan het drainageniveau door de gebruiker worden bepaald. Door het instelniveau te verhogen kunnen de grondwaterstanden worden gereguleerd.
- Bij het peilgestuurd DI (drainage-infiltratie)-systeem wordt in aanvulling daarop in droge perioden water via de verzameldrain geïnfiltreerd om een vast peil te handhaven.

4) Flexibel peilbeheer

Als gevolg van flexibilisering van het peilbeheer, waarbij het oppervlaktewaterpeil gedurende het voorjaar en de zomer wordt verhoogd, zal de berging van water in de bodem toenemen. Daarnaast zal de afvoer van overtollige neerslag en eventuele kwel gedurende deze periode in eerste instantie in de bodem worden geborgen. Het effect van de vermindering van deze afvoer kan groter zijn dan de initiële toename van de berging in de bodem als gevolg van een peilverhoging. De mate waarin de waterbeschikbaarheid als gevolg van een afvoervermindering toeneemt is in hoge mate afhankelijk van de neerslagverdeling, waardoor de te verwachte effecten tussen jaren sterk kunnen verschillen. De infiltratie van water vanuit het oppervlaktewaterstelsel zal beperkt van omvang zijn. Deze maatregel wordt in het oostelijk deel van de GLP toegepast.

5) Sloten verbreden

Als gevolg van het verbreden van sloten zal de berging van water in het oppervlaktewatersysteem toenemen. Gezien de geringe infiltratie vanuit het oppervlaktewaterstelsel zal deze maatregel naar schatting een gering effect hebben op de grondwaterstand. De toename van de berging in het oppervlaktewater kan wel via beregning benut worden om de waterbeschikbaarheid te vergroten.

6) Ondergrondse infiltratie ook wel subirrigatie

Een aangepaste vorm van peilgestuurde drainage (zie punt 3 en Figuur 20) is waarbij ook infiltratie in de bodem plaatsvindt vanuit oppervlaktewater. Dit om de grondwaterstand in het perceel te handhaven. Een systeem dan al ca. 40 jaar bij de bollenteelt wordt toegepast. In het geval de GLP kan hiervoor in de zomermaanden het afstromende kwelwater worden benut. Door het intensiveren van het ontwateringsstelsel kan infiltratie gemakkelijker plaatsvinden.

7) Optimaliseren waterinlaat

Het optimaliseren van de waterinlaat vindt voor een groot deel plaats via andere maatregelen zoals peilaanpassingen en het verhogen van de waterberging in duinen, strandwallen en de bodem. Maar ook het verbeteren van het watersysteem in het stedelijk gebied (hier Castricum) waardoor er minder water nodig is om de waterkwaliteit te handhaven.

8) Ruimtelijke inrichting 'functie volgt peil'

Als gevolg van het aanpassen van de ruimtelijke inrichting kunnen grondgebonden functies worden aangepast aan de waterbeschikbaarheid ter plaatse. Ook het creëren van grotere aaneengesloten arealen met dezelfde functie kan doordat dit tot gevolg heeft dat er minder peilverschillen nodig zijn een positieve uitwerking hebben. De mate van de positieve uitwerking is sterk afhankelijk van de laagopbouw in de ondiepe ondergrond. Het is echter vaak een maatregel waarvoor uitruil van gronden noodzakelijk is.

Tussen een aantal van deze door de gebiedspartijen geformuleerde oplossingsrichtingen zit overlap. In de analyse van de oplossingsrichtingen (zie volgend hoofdstuk) zijn deze daarom verder geclusterd.

8

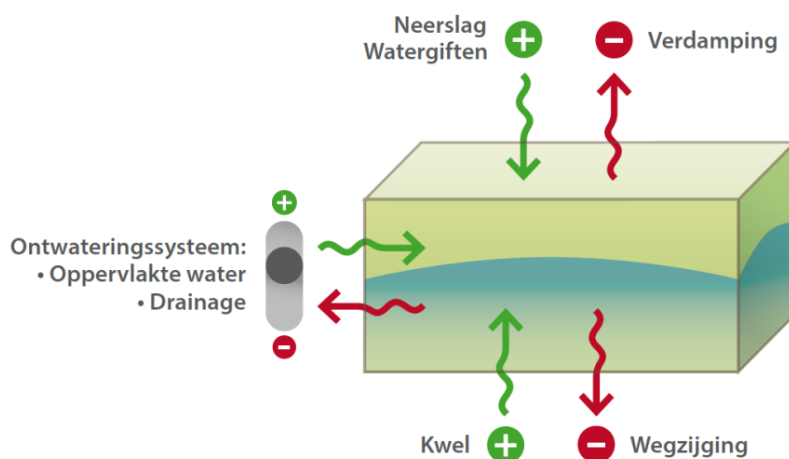
Methode voor het bepalen van de haalbaarheid van oplossingsrichtingen

8.1 Inleiding

Om de haalbaarheid en effectiviteit van kansrijke oplossingsrichtingen te kunnen bepalen zal gebruik moeten worden gemaakt van een model. Bij modellering is het van belang rekening te houden met de wijze waarop maatregelen kunnen worden doorgerekend. Dit heeft tot gevolg dat er een vertaalslag nodig is tussen de in het voorgaande hoofdstuk geïnterpreteerde oplossingsrichtingen en de wijze waarop deze kunnen worden ingevoerd in een model. Deze vertaalslag kan worden doorgevoerd door gebruik te maken van sturingsmechanismen.

8.2 Werkwijze

Om een indruk te kunnen krijgen van de effectiviteit van de oplossingsrichtingen zijn de oplossingsrichtingen vertaald naar sturingsmechanismen. Deze sturingsmechanismen hebben voor het merendeel betrekking op waterhuishoudkundige maatregelen waarmee de grondwaterstand en de hiermee samenhangende watervraag kan worden beïnvloed. Daarnaast is het van belang dat deze maatregelen kunnen worden doorgerekend met een hydrologisch model, teneinde veranderingen in de grondwaterstand en de watervraag te kunnen kwantificeren. Op deze wijze kan een indruk worden verkregen van de effectiviteit van maatregelen, hetgeen een belangrijke stap is voor het bepalen van de kansrijkheid van maatregelen.



Figuur 21. Grafische schematische weergaven van de factoren die van invloed zijn op de grondwaterstand.

8.2.1 Categoriseren van de oplossingsrichtingen op basis van sturingsmechanismen

Voor het definiëren van de sturingsmechanismen kan worden uitgegaan van de waterbehoefte. Deze waterbehoefte wordt mede bepaald door de mate waarin het verloop van de grondwaterstand kan worden beïnvloed. Hiervoor is voornamelijk de relatie tussen grondwater en oppervlaktewater van belang. Op een locatie wordt het verloop van de grondwaterstand vanaf de bovenzijde beïnvloed door neerslag, verdamping en eventuele watergiften in de vorm van beregening of andere vormen van irrigatie (

Figuur 21). Vanaf de onderzijde wordt de grondwaterstand beïnvloed door kwel en wegzijging als gevolg van regionale hoogteverschillen dan wel peilverschillen. Via de zijrand wordt de grondwaterstand beïnvloed door het ontwateringssysteem.

Het ontwateringssysteem bestaat uit een oppervlaktewatersysteem al dan niet gecombineerd met buisdrainage. Van dit oppervlaktewatersysteem is voor het verloop van het grondwater vooral de dichtheid van de ontwateringsmiddelen en het oppervlaktewaterpeil van belang. Naast deze kenmerken spelen ook bodemkundige omstandigheden en de omvang van waterlopen een belangrijke rol.

Aan de hand van het voorgaande kunnen de waterhuishoudkundige sturingsmechanismen op een systematische wijze worden gedefinieerd (tabel 1). De daadwerkelijke uitwerking van aanpassingen aan de waterhuishoudkundige sturingsmechanismen, de maatregelen, worden in hoge mate bepaald door de geologische en bodemkundige omstandigheden ter plaatse.

Tabel 1. Vertaling van de oplossingsrichtingen naar sturingsmechanismen die gebruikt kunnen worden binnen modellen

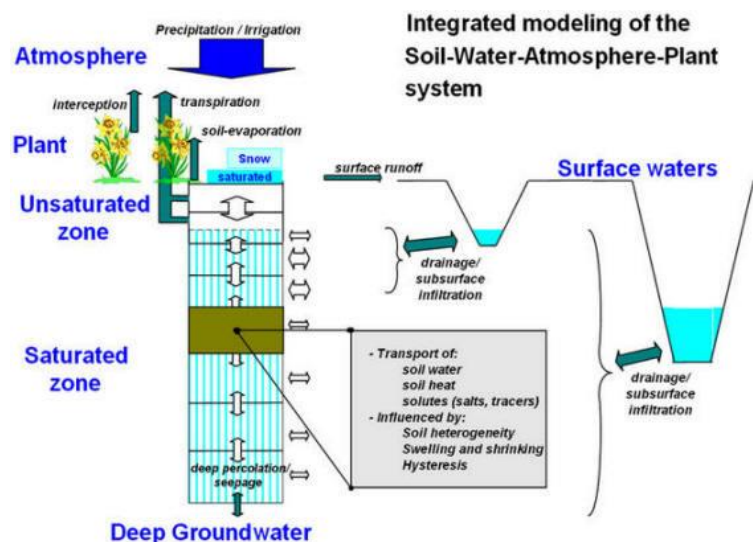
Sturingsmechanisme	Maatregel	Oplossingsrichting
Zijrand	-	7. Optimaliseren waterinlaat
Onderrand	Beïnvloeden kwel/wegzijging	1. Benutten opslagcapaciteit duinen en strandwallen
Bovenrand	Ruimtelijke inrichting	8. Ruimtelijke inrichting 'functie volgt peil'
Zijrand	Sloten verbreden	5. Sloten verbreden
Zijrand	Drainage aanleggen Peilaanpassing	2. Vasthouden water in de bodem 3. Peilgestuurde drainage 4. Flexibel peilbeheer 6. Ondergrondse infiltratie / subirrigatie

8.2.2 Berekening van het effect van de maatregelen

Om de effecten van de maatregelen door te rekenen kan gebruik worden gemaakt van een aantal modelinstrumenten. Voor het project is het vooral van belang inzicht te krijgen in de kansrijkheid van maatregelen. Het is hierbij van belang gebruik te maken van een model waarin gebruik kan worden gemaakt van de gedefinieerde sturingsmechanismen om het effect van de maatregelen door te rekenen. Hiervoor is gebruik gemaakt van het model SWAP (Soil, Water, Atmosphere and Plant) (van Dam et al., 1997).

Met het model SWAP kan de interactie tussen bodem, water, atmosfeer en vegetatie worden berekend (Figuur 22). Het betreft een eendimensionaal model waarin de bodemopbouw in de vorm van een verticale kolom kan worden ingevoerd. Deze bodemkolom is onderverdeeld in een groot aantal rekencompartimenten, waardoor de bodemopbouw gedetailleerd kan worden ingevoerd. De gemodelleerde bodemkolom heeft via de zijrand een interactie met het oppervlaktewatersysteem. Via

de bovenrand zorgen neerslag en eventuele irrigatie voor wateraanvoer en wordt de actuele verdamping via de bodem en de plant berekend. Aan de onderzijde van het model kan de interactie met het regionale systeem via verschillende onderrandvoorwaarden worden opgegeven. Door de opzet van het model waarbij een gesimuleerde bodemkolom een interactie heeft met het oppervlaktewatersysteem kan het model gezien worden als een model waarmee de waterhuishoudkundige situatie voor een perceel wordt doorgerekend.



Figuur 22. Schematische weergave van het model SWAP waarmee de interactie tussen bodem, water, atmosfeer en vegetatie kan worden berekend.

Met een aangepaste versie van het model SWAP (van der Gaast et al., 2006) kan de effectiviteit van het merendeel van de maatregelen, die een uitwerking hebben op perceel niveau, op een relatief eenvoudige wijze worden berekend. Hierbij is onder meer aandacht besteed aan de verschillende uitwerking van maatregelen als gevolg van ruimtelijke verschillen in fysische omstandigheden.

8.2.3 Gebied specifiek maken van het model

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een aantal veelvoorkomende omstandigheden binnen de Groot Limmerpolder. Voor de ruimtelijke schematisatie is gebruik gemaakt van de peilvakkenkaart. Deze peilvakken zijn op basis van het grondgebruik indien nodig nader onderverdeeld. Vervolgens is aan deze deelgebieden een bestaand model toegekend. Hierbij is gebruik gemaakt van de beschikbare modellen die in het kader van het onderzoek 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' beschikbaar zijn gekomen (van der Gaast et al., 2006). Om deze bestaande modellen beter aan te laten sluiten bij de lokale situatie zijn enkele randvoorwaarden aangepast. De modelaanpassingen hebben op de volgende wijze plaatsgevonden:

- De bovenrand: Voor de neerslaggegevens is gebruik gemaakt van het KNMI neerslagstation Castricum. De referentie gewasverdamping is afkomstig van het meteorologisch station De Kooi.
- De onderrand: Voor een lokale parametrisering van de SWAP-modellen is gebruik gemaakt van lokale kwel/wegzijgingsgegevens. Hiervoor is gebruik gemaakt van de modelmatig verkregen kwel/wegzijging afkomstig van het grondwatermodel.
- In de praktijk wordt vaak gebruik gemaakt van een onderrand in de vorm van een onderrandflux die eventueel in de tijd via een sinusvormig verloop kan fluctueren. Binnen het beheergebied van HHNK is bijvoorbeeld in het modelinstrumentarium STONE geen temporele variatie in de onderrand toegepast (Kroes et al., 2001). Dit heeft tot gevolg dat het verloop van de kwel/wegzijging gedurende het jaar is vastgelegd en deze niet van jaar tot jaar kan verschillen. Het

vastleggen van de onderrand in de vorm van een kwel/wegzijgingsflux heeft tevens tot gevolg dat geen rekening kan worden gehouden met veranderingen in de kwel/wegzijging als gevolg van waterhuishoudkundige maatregelen. Om op perceel niveau wel rekening te kunnen houden met veranderingen in de kwel/wegzijging als gevolg van waterhuishoudkundige maatregelen is gebruik gemaakt van een onderrand in de vorm van een sinusvormig verloop van een diepe stijghoogte in combinatie met een weerstand (van der Gaast et al., 2006). De kwel/wegzijging wordt in het model berekend als functie van het verschil tussen de diepe stijghoogte en de freatische grondwaterstand, waarbij rekening wordt gehouden met de opgegeven weerstand.

- De Zijrand: Voor iedere schematisatie eenheid is op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) de gemiddelde maaiveldhoogte bepaald. De gemiddelde maaiveldhoogte gecombineerd met het gehanteerde polderpeil levert het benodigde streefpeil ten opzichte van maaiveld. Vervolgens heeft er een modelkalibratie plaatsgevonden om de te hanteren lokale drainageweerstand te kunnen bepalen. Het betreft een handmatige modelkalibratie, waarbij de drainageweerstand zodanig zijn aangepast dat het actuele grondwaterregime in de vorm van de actuele grondwatertrap (Gt) wordt berekend (van der Gaast et al., 2010).

Het uiteindelijke resultaat is een set met perceelmodellen die representatief zijn voor de onderscheiden schematisatie eenheden. Ter illustratie zijn de rekenresultaten voor 3 verschillende gebieden in een raai van west naar oost nader uitgewerkt (Figuur 11). Hierbij is gebruik gemaakt van de rekenresultaten voor het droge jaar 2003.

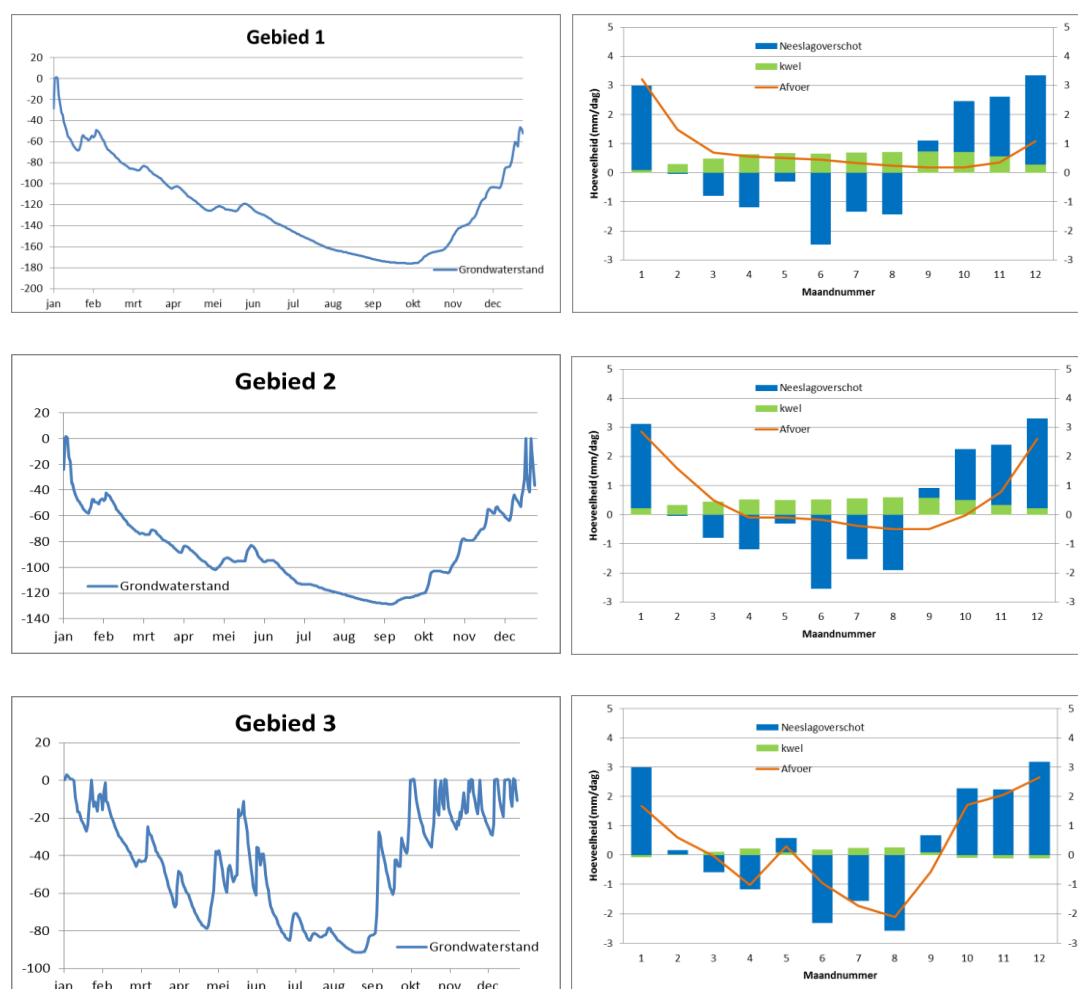
Het meest westelijke gebied (gebied 1) is een peilgebied gelegen op de flank van de duinen. Het grootste gedeelte van het gebied betreft een leemarm tot zwak lemig fijn zandige hoge zwarte enkeerdgrond (bodemcode zEZ21-VI). Deze bodemsoort komt voor in zandlandschappen en zijn ontstaan door bemesting met dierlijke mest en plaggen. In enkeerdgronden kunnen planten gemakkelijk en diep wortelen. De bovengrond heeft minstens een dikte van vijftig centimeter en heeft een zwarte kleur. De grond is kleiarm en bevat weinig tot geen sporen van leem. Dankzij de duinen in de nabije omgeving is het gehele jaar door sprake van kwel. De relatief hoge ligging heeft tot gevolg dat ondanks de kwel geen natte omstandigheden zijn, hetgeen tot uiting komt in een grondwatertrap VI. Deze lage grondwaterstanden komen ook tot uiting in de rekenresultaten voor 2003. In dit droge jaar zakt de grondwaterstand ondanks de kwel tot ongeveer 180 cm onder maaiveld (Figuur 23). De kwel die in droge perioden toeneemt heeft tot gevolg dat er gedurende het hele jaar sprake is van voldoende zoet water, hetgeen tot uiting komt in de berekende afvoer.

Het naastliggende gebied (gebied 2) wordt gedomineerd door een leemarm tot zwak lemig fijn zandige Vlakvaaggronden (bodemcode Zn21-VI). Deze grondsoort vertoont weinig tekenen van bodemvorming en bestaat grotendeels uit grijs gekleurd zand. De grondsoort is kenmerkend voor gebieden langs de kust en op zandbanken. Binnen het peilgebied (gebied 2) is een gedeelte van de vlakvaaggrond bedekt met een dek van klei of zavel (bodemcode kZn50-II). Dit dek is afgezet als sediment. Het gedeelte van de vlakvaaggrond dat bedekt is met een kleidek binnen het peilgebied is echter kleiner dan het gebied zonder kleidek. Het gebied zonder kleidek heeft een relatief droge grondwaterstandssituatie, Grondwatertrap VI. Indien de vlakvaaggrond bedekt is met een kleidek zijn de omstandigheden duidelijk natter, hetgeen tot uiting komt in een grondwatertrap II. Het gedeelte met kleidek is echter niet apart in de modellering meegenomen. Het grondgebruik binnen dit peilgebied bestaat overwegend uit grasland. Uit de rekenresultaten voor 2003 komt naar voren dat de grondwaterstand gedurende dit droge jaar uitzakt naar ongeveer 130 cm onder maaiveld (Figuur 23). Ook in deelgebied 2 is sprake van kwel gedurende het gehele jaar. Deze kwelflux is gedurende de zomerperiode dan in de natte winterperiode. In tegenstelling tot deelgebied 1 wordt de afvoer in de droge periode van 2003 negatief, hetgeen betekent dat er sprake is van wateraanvoer.

Het oostelijk gelegen peilgebied (gebied 3) wordt gekenmerkt door een Kalkarme drechtvaaggronden bestaande uit zware klei (bodemcode Mv41C-II). In het peilgebied is sprake van zeer natte omstandigheden die voornamelijk het gevolg zijn van de bodemkundige situatie (klei). Als gevolg van

de grotere afstand tot het duingebied en het hoger gelegen Limmen is er sprake van geringe kwel in droge periodes en een geringe wegzijging in natte periodes. Het gebied is ingericht als natuurgebied. Gedurende het droge jaar 2003 zakt de berekende grondwaterstand tot circa 90 cm onder maaiveld (Figuur 23). Het verloop van de grondwaterstand wijkt echter duidelijk af van de andere twee deelgebieden. In tegenstelling tot de andere twee deelgebieden stijgt de grondwaterstand in deelgebied 3 wel als gevolg van een neerslag van 86,5 mm. Deze grondwaterstandsstijging wordt geheel bepaald door de bodemkundige omstandigheden. In de zware kleigrond is in tegenstelling tot de zandgronden is veel minder berging van water beschikbaar. Hierdoor reageert de grondwaterstand snel op neerslag, hetgeen tot uiting komt in een piekeriger verloop van de grondwaterstand (Figuur 23). Gedurende mei 2003 heeft deze stijging van de grondwaterstand tot gevolg dat er een verdampingsreductie wordt berekend waardoor in tegenstelling tot de andere deelgebieden in mei 2003 sprake is van een neerslagoverschot en een geringe afvoer.

Uit de drie voorbeeld deelgebieden komt naar voren dat ruimtelijke verschillen zoals relatieve maaiveldhoogte en bodemkundige situatie in hoge mate bepalend zijn voor de lokale hydrologische omstandigheden.



Figuur 23. Berekend grondwaterstandsverloop op dagbasis met het model SWAP in 2003 voor 3 karakteristieke deelgebieden (links). Berekende maandelijkse variatie in neerslagoverschot, kwel/wegzijging en afvoer met het model SWAP in 2003 voor 3 karakteristieke deelgebieden (rechts).

9

Waterbeschikbaarheid per oplossingsrichting

9.1 Drainage en peilaanpassingen

Een aantal oplossingsrichtingen hebben betrekking op peilaanpassingen en de aanleg van buisdrainage. Voor de eerder beschreven ruimtelijke schematisatie eenheden is de effectiviteit van een aantal van deze maatregelen door middel van modelberekeningen in kaart gebracht. Zowel peilaanpassing als de aanleg van buisdrainage zijn maatregelen die ingrijpen op de zijrand van het systeem.

Om te voorkomen dat op voorhand bepaalde keuzes worden gemaakt is er voor gekozen meerdere combinaties van maatregelen met het model SWAP door te rekenen (Tabel 2). Met deze systematische aanpak kan de effectiviteit van maatregelen op een objectieve wijze worden bepaald. Bij de maatregelen waarbij het peil wordt opgezet betreft het een peilverhoging van 20 cm gedurende de winterperiode of gedurende het gehele jaar. Bij de maatregel drainage wordt drainage aangelegd op een diepte van 80 cm, waarbij voor de drainageweerstand een waarde van 70 dagen en voor de infiltratieweerstand een waarde van 140 dagen is aangehouden.

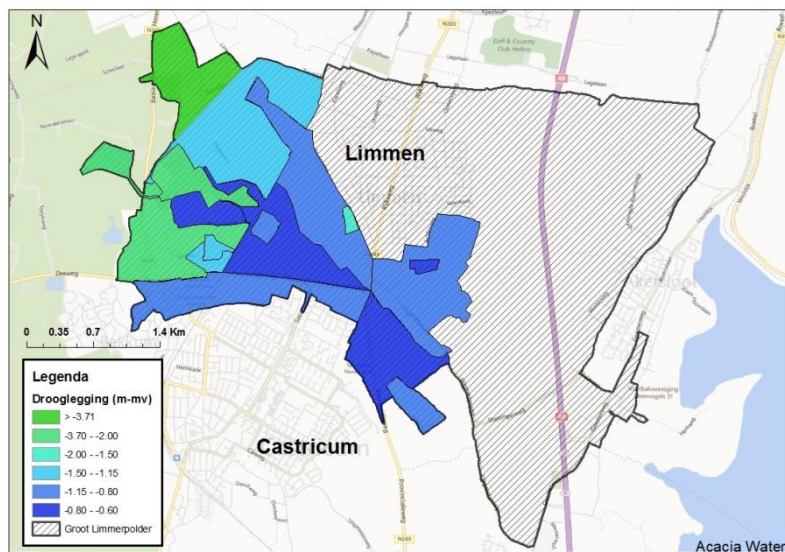
Er is alleen gerekend met reguliere drainage. Toepassing van peilgestuurde drainage is met het modelinstrumentarium niet mogelijk.

Tabel 2. Overzichtstabel met de doorgerekende maatregelen

Combinatie	Drainage	Opzet winterpeil	Opzet zomerpeil
1	nee	ja	ja
2	nee	ja	nee
3	ja	nee	nee
4	ja	ja	ja
5	ja	ja	nee

In het voorgaande hoofdstuk is al aangegeven dat ruimtelijke verschillen zoals relatieve maaiveldhoogte en bodemkundige situatie in hoge mate bepalend zijn voor de lokale hydrologische omstandigheden. Deze verschillen zijn tevens van belang voor het doorrekenen van maatregelen en de hiermee samenhangende berekende effectiviteit van maatregelen. Een relevant voorbeeld hiervan is het oppervlaktewaterpeil in een peilgebied in combinatie met een variatie in maaiveld die samen bepalend zijn voor de drooglegging binnen een peilgebied (Figuur 24).

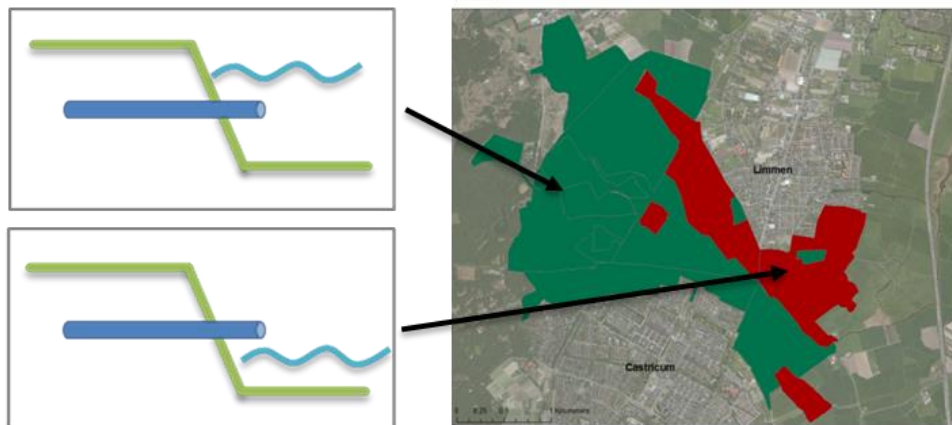
Deze drooglegging blijkt binnen het gebied sterk te variëren en zal in hoge mate bepalend zijn voor de effecten van waterhuishoudkundige maatregelen. Een directe relatie met de gehanteerde drooglegging is te verwachten bij een maatregel zoals het aanleggen van buisdrainage. De variatie in drooglegging kan tot gevolg hebben dat de buisdrainage voor een gedeelte van het gebied boven het slootpeil en voor een gedeelte van het gebied beneden het slootpeil kan komen te liggen (Figuur 25). Dit verschil kan van grote invloed zijn op de berekende effectiviteit.



Figuur 24. Overzichtsk kaart van de drooglegging per peilgebied

Aangezien naast de hydrologische effecten ook de effecten op de landbouwkundige productie van belang zijn hebben de berekeningen voor een langere periode plaatsgevonden. Deze langere periode, een periode van 10 jaar (2001 – 2010), is van belang om de effecten op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) te kunnen bepalen.

Vervolgens kunnen deze langjarig gemiddelde effecten worden gebruikt om de opbrengstverliezen te bepalen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de zogenaamde HELP tabellen. Naast de veranderingen in landbouwkundige productie zijn ook de veranderingen in de waterafvoer dan wel wateraanvoer van belang om de wenselijkheid van maatregelen te kunnen bepalen. Van peilaanpassingen en de aanleg van buisdrainage zijn eventuele effecten op de waterkwaliteit niet berekend.



Figuur 25. Situatieschets bij een situatie waarbij buisdrainage onder (links) dan wel boven (rechts) het slootpeil wordt aangelegd. De kaart toont de corresponderende gebieden waar de drainage boven dan wel onder het zomerpeil zal liggen.

9.1.1 Berekende effectiviteit landbouw

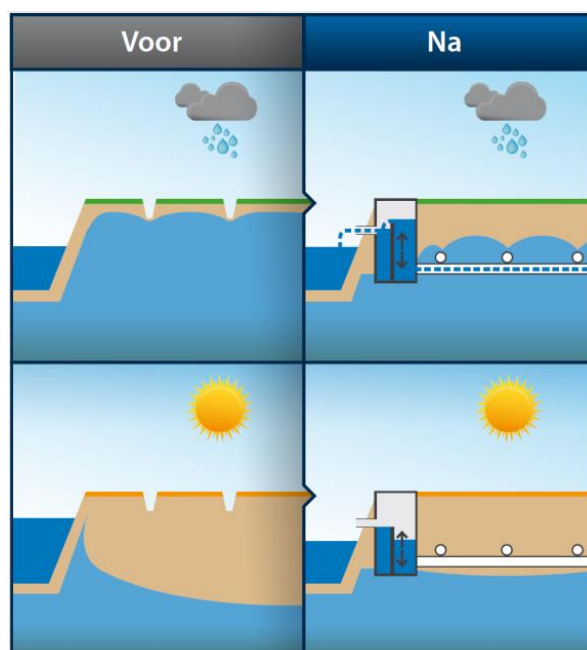
Op de rekenresultaten voor deelgebied 2 (zie paragraaf 8.2.3) een binnenduinpolder van grasland wordt ter illustratie nader ingegaan. Conform de verwachting blijkt uit de rekenresultaten dat indien het zomerpeil wordt opgezet dit in alle maatregelcombinaties een verhoging van de watervraag tot gevolg heeft (negatieve getallen in tabel 3). Deze verhoging van de watervraag is het gevolg van infiltratie vanuit de drainagemiddelen om het verlies aan water via verdamping te compenseren. Het gebied betreft een gebied waar de drainage onder het zomerpeil zal komen te liggen. Vooral indien de

peilopzet gedurende de zomer wordt gecombineerd met de aanleg van buisdrainage, waardoor het oppervlaktewater veel gemakkelijker gedurende droge periodes kan infiltreren in de bodem, wordt de watervraag sterk verhoogd. Het opzetten van het oppervlaktewaterpeil alleen gedurende de winterperiode heeft een beperking van de watervraag tot gevolg en is hiermee een waterbesparende maatregel.

Tabel 3. Rekenresultaten voor de doorgerekende maatregelcombinaties voor het huidige klimaat.

Maatregel	Afvoer %	Opbrengstverlies Wateroverlast	Opbrengstverlies Droogte	Totaal Opbrengstderiv
0 - situatie	100%	3 %	10 %	13 %
Winter en zomer peilopzet 20 cm	-39%	13 %	7 %	20 %
Winterpeil opzet	18%	11 %	10 %	21 %
Drainage	-5%	0 %	13 %	13 %
Drainage en winter en zomer peilopzet	-308%	4 %	6 %	10 %
Drainage en winter peilopzet	13%	2 %	11 %	13 %

Indien gekeken wordt naar de opbrengstveranderingen hebben een aantal maatregelcombinaties een vermindering van de opbrengst tot gevolg. Deze situatie doet zich voor bij het opzetten van het oppervlaktewaterpeil. Het opzetten van het oppervlaktewaterpeil heeft in de winterperiode tot gevolg dat de natschade toeneemt. Een peilverhoging in de zomerperiode heeft weliswaar een afname van de droogteschade tot gevolg maar deze kan de toename van de natschade niet compenseren. De opbrengstvermindering als gevolg van maatregelen kan alleen worden voorkomen indien een peilverhoging wordt gecombineerd met de aanleg van buisdrainage. De aanleg van buisdrainage heeft tot gevolg dat de grondwaterstand beter kan worden gereguleerd, hetgeen de landbouwkundige productie ten goede komt. Toepassing van peilgestuurde drainage kan dit effect verder verbeteren (Figuur 26).



Figuur 26. Grondwaterstand voor en na toepassing van peilgestuurde drainage. Voor toepassing van peilgestuurde drainage stijgt de grondwaterstand in natte perioden tot aan de greppels en dicht onder maaiveld. In de droge perioden zakt de grondwaterstand ver uit. Na toepassing van peilgestuurde drainage wordt overtollig water sneller afgevoerd en is het mogelijk de grondwaterstand beter op peil te houden in droge perioden. De grondwaterstandsfluctuaties worden hierdoor minder groot.

Het klimaatscenario W+ heeft tot gevolg dat de landbouwkundige schade in de huidige situatie zal gaan toenemen (tabel 4). Deze toename is het gevolg van een toename van de droogteschade. Evenals in de huidige situatie heeft alleen een peilverhoging tot gevolg dat de schade zal gaan toenemen. Alleen in combinatie met de aanleg van buisdrainage kan de berekende schade beperkt blijven. Indien gekeken wordt naar de wateraan- en afvoer blijkt dat de watervraag, uitgaande van het W+ klimaatscenario, 15% zal toenemen. Deze toename van de watervraag kan alleen door een peilopzet gedurende de winter worden gecompenseerd.

Tabel 4. Rekenresultaten voor de doorgerekende maatregelcombinaties voor klimaatscenario 2050W+.

Maatregel	Afvoer %	Opbrengstverlies Wateroverlast	Opbrengstverlies Droogte	Totaal Opbrengstderf
0 - situatie	-15%	2 %	13 %	15 %
Winter en zomer peilopzet 20 cm	-62%	9 %	11 %	20 %
Winterpeil opzet	0%	8 %	13 %	21 %
Drainage	-21%	0 %	15 %	15 %
Drainage en winter en zomer peilopzet	-308%	3 %	8 %	11 %
Drainage en winter peilopzet	-4%	1 %	14 %	15 %

9.1.2 Berekende effectiviteit Natuur

Voor peilgebieden met de functie natuur is natuurgebied Oosterveld (deelgebied 3) ter illustratie nader geanalyseerd. De systematische benadering waarbij alle maatregelcombinaties zijn doorgerekend is ook voor het natuurgebied doorgevoerd. Gezien de relevantie van droge omstandigheden van natuur is bij de analyse gekeken naar de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Conform de verwachting heeft het W+ klimaatscenario tot gevolg dat de GLG zal gaan dalen. Het scenario waarbij het oppervlaktewaterpeil gedurende de winterperiode met 20 cm wordt verhoogd blijkt in het doorgerekende voorbeeld nagenoeg geen effect te hebben op de GLG. De berekende effecten van een peilopzet gedurende de zomerperiode blijkt zeer groot. Voor natuurgebieden zijn peil verhogende maatregelen gedurende de zomerperiode kansrijk.

Huidig klimaat

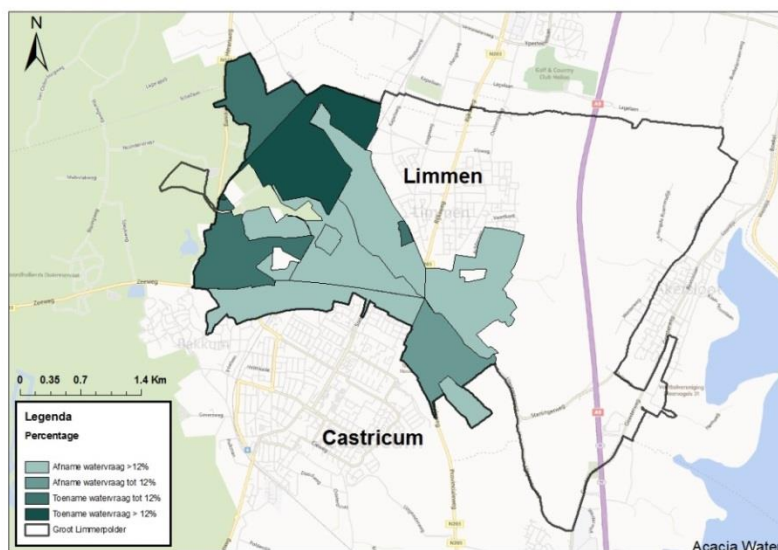
Maatregel	GLG
0 - situatie	-79 cm
Winter en zomer peilopzet 20 cm	-28 cm
Winterpeil opzet	-78 cm
Drainage	-71 cm
Drainage en winter en zomer peilopzet	-21 cm
Drainage en winter peilopzet	-70 cm

Klimaatscenario W+

Maatregel	GLG
0 - situatie	-86 cm
Winter en zomer peilopzet 20 cm	-44 cm
Winterpeil opzet	-86 cm
Drainage	-71 cm
Drainage en winter en zomer peilopzet	-27 cm
Drainage en winter peilopzet	-80 cm

9.1.3 Ruimtelijke variabiliteit

Zoals uit H.8. is gebleken kan de effectiviteit van maatregelen als gevolg van de ruimtelijke variabiliteit in bodem, grondgebruik en ontwateringssituatie ruimtelijk verschillen. Voor de maatregel waarbij het oppervlaktewaterpeil gedurende de winter met 20 centimeter wordt opgezet is ter illustratie de effectiviteit van de maatregel in ruimtelijk in kaart gebracht (figuur 27). Uit deze kaart komt het ruimtelijke verschillen van de doorgerekende maatregel naar voren. Voor de efficiëntie van maatregelen is naast de effectiviteit ook de doorwerking op de waterbehoefte op polderschaal in termen van vermindering van de waterbehoefte alsmede vermindering van opbrengstreductie van belang.



Figuur 27. Ruimtelijke variabiliteit van de toe- en afname watervraag bij een peilopzet van 20cm in de winter.

9.1.4 Conclusie oplossingsrichtingen met drainage en waterpeil

Van de doorgerekende alternatieven blijkt het opzetten van het winterpeil als waterbesparende maatregel het meest kansrijk in vergelijking met andere doorgerekende alternatieven. Het opzetten van het winterpeil resulteert weliswaar in een vermindering van de wateraanvoerbehoefte maar heeft ook tot gevolg dat de landbouwkundige productie afneemt. Door de aanleg van drainage kan het opbrengstverlies door wateroverlast uitgaande van het rekenvoorbeeld tot nul worden gereduceerd. Wanneer alleen drainage wordt aangelegd leidt dit echter tot een toename van de droogteschade en een geringe toename van de watervraag. Indien drainage wordt gecombineerd met peilopzet kan dit juist leiden tot een afname van de droogteschade. Deze afname van de droogteschade gaat echter gepaard met een forse toename van de wateraanvoerbehoefte. In de huidige combinatie van opties wordt of de droogteschade gereduceerd óf de natschade.

Dit impliceert dat een slimmer peilbeheer nodig is om beide opties tegelijk te bedienen. Dit is mogelijk door het toepassen van peilgestuurde drainage (oplossingsrichting 4), waarbij de grondwaterstand dynamisch en actief kan worden beheerd. Daarmee kunnen de voordelen met betrekking tot de landbouwkundige productie van bovenstaande opties worden gecombineerd. Peilgestuurde drainage kan -door het actief opzetten van het grondwater op het moment dat er water beschikbaar is- het moment van uitzakken normaal gesproken met zo'n 4-6 weken vertragen.

Omdat dit gebied de bijzondere situatie heeft dat er vrijwel door het hele jaar heen kwel beschikbaar is kan deze periode worden verlengd. Dit kan door toepassing van peilgestuurde drainage (oplossingsrichting 4) in combinatie met subirrigatie (oplossingsrichting 6) In kwelsituaties lijkt deze oplossing daarom een bijdrage te leveren aan de vermindering van de wateraanvoerbehoefte. De kansrijkheid is hierbij in hoge mate afhankelijk van de hoeveelheid kwel. Om de mogelijkheden van peilgestuurde drainage ten volste te benutten in een kwelsituatie wordt aangeraden om het beheer (wanneer het grondwater op te zetten, en wanneer het uit te laten zakken) verder te optimaliseren voor deze specifieke situatie.

Deze peilverhoging gedurende de zomer zal echter leiden tot een grotere wateraanvoerbehoefte. Indien deze grotere wateraanvoerbehoefte niet wenselijk is kan gebruik worden gemaakt van alleen peilgestuurde drainage.

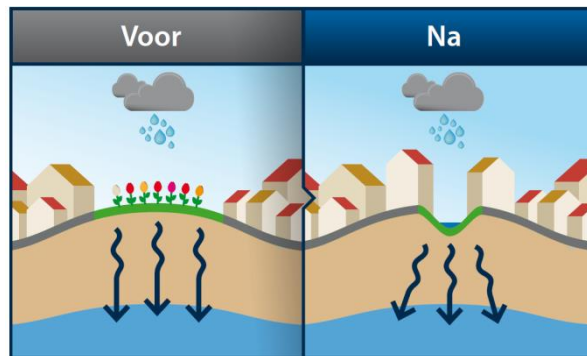
9.2 Benutten opslagcapaciteit duinen en strandwallen

Als gevolg van een toename van de verdamping bij het W+ klimaatscenario en een verwachte afname van de neerslag voor neerslagstation Castricum zal de grondwaterstand in de duinen lager uit gaan komen (figuur 16). Het relatief hoge grondwaterniveau in de duinen heeft kwel in de binnenduinpolder tot gevolg. Deze kwel zal uitgaande van het W+ klimaatscenario in geringe mate afnemen. Ter compensatie of verhoging van de kwel kan gedacht worden aan het infiltreren van extra water in de duinen. Het infiltreren van gebiedsvreemd water is echter niet wenselijk. Daarnaast is het infiltreren van water kostbaar in de uitvoering als gevolg van de aanleg van infrastructuur waardoor deze oplossing lastig haalbaar lijkt.



Figuur 28. Kaart van het stedelijk gebied Limmen waarin de bebouwing is aangegeven (links), verticale doorsnede uit GeoTOP van West naar Oost Limmen (rechts)

Voor de strandwallen zijn de mogelijkheden voor infiltratie eenvoudiger te realiseren (Figuur 29). Hierbij kan in stedelijk gebied zoals Limmen bijvoorbeeld gedacht worden aan het afkoppelen van verhard oppervlak gecombineerd met de aanleg van wadi's (zoals vaak al wordt gedaan in Limmen) of diep infiltratie via infiltratieputten. De infiltratie mogelijkheden zijn echter in hoge mate afhankelijk van de doorlatendheid in de matig diepe ondergrond (circa 0 tot 20 meter). Voor het stedelijk gebied van Limmen blijkt er op basis van de gegevens uit de GeoTOP-kartering in het oostelijk deel een veenlaag voor te komen waar men rekening mee dient te houden (Figuur 8).



Figuur 29. Stedelijk gebied voor en na het benutten van de opslagcapaciteit van de strandwal. Door de aanleg van wadi's in het gebied blijft eenzelfde infiltratiecapaciteit benut, ook bij uitbreiding van het verhard oppervlak in de vorm van nieuwbouw.

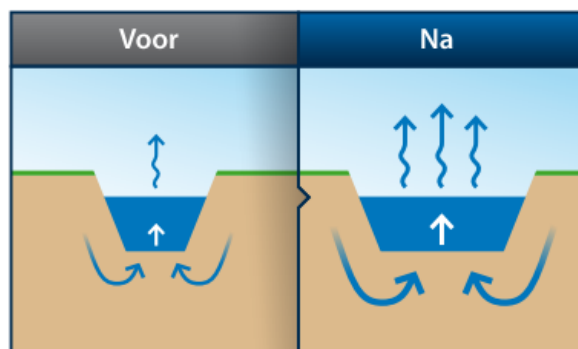
Het percentage verhard oppervlak in Limmen blijkt beperkt en bedraagt circa 20%. Het afkoppelen van het huidige verhard oppervlak levert bij volledig afkoppelen en 100% infiltratie circa 30.000 m³ water op. Voor nieuwbouw is het aan te bevelen het verhard oppervlak af te koppelen en te infiltreren teneinde de huidige hoeveelheid infiltratie te behouden. Bij afkoppelen en infiltreren bestaat de kans op verontreiniging van het grondwater. Het is daarom van belang effectgerichte maatregelen toe te passen ter bescherming van (grond)waterkwaliteit.

Tabel 5. Overzicht van de kosten en baten voor het benutten van de infiltratiecapaciteit van strandwallen.

Trias Aquatica	Waterhoeveelheid	kwaliteitsaspecten	Kosten	Baten
Nieuwe zoetwater bronnen	Vermindering watervraag	Behoud of toename van de kwel	€0,- tot € 10.000,- per hectare	Meer water beschikbaar voor functie stedelijk

9.3 Sloten verbreden

Door middel van het verbreden van sloten kan extra berging in oppervlaktewater worden gecreëerd (figuur 30). Het te verwachten effect op de grondwaterstand is echter gering en kan ook averechts werken doordat de drainageweerstand als gevolg van een toename van de natte omtrek in geringe mate zal afnemen. Daarnaast kan als gevolg van het verbreden van sloten in kwelgebieden kwelwater gemakkelijker worden afgevangen door de sloten. De toename van het areaal open water bij slootverbreding gaat gepaard met een afname van het perceel oppervlak en zal ook tot gevolg hebben dat de verdamping vanuit het oppervlaktewater zal toenemen. In sommige gebieden kunnen waterbodems vervuild zijn. In deze situatie zal bekeken moeten worden hoe men om dient te gaan met het te verwijderen slib en grond. De voorgaande aspecten hebben tot gevolg dat er meerdere aspecten zijn die niet wenselijk zijn, waardoor het verbreden van sloten als maatregel beter niet kan worden toegepast.



Figuur 30. Weergave van de effecten voor en na het verbreden van sloten. De toename van het areaal open water gaat gepaard met een afname van het perceeloppervlak, mogelijke toename van verdamping en afname van de drainage weerstand.

Tabel 6. Overzicht van de kosten en baten voor het verbreden van sloten.

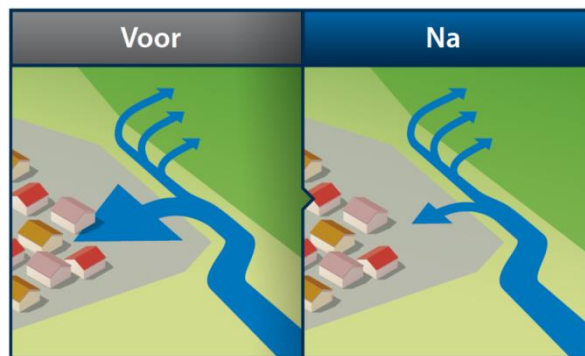
Trias Aquatica	Waterhoeveelheid	kwaliteitsaspecten	Kosten	Baten
Nieuwe zoetwater bronnen	Toename watervraag	Toename van de kwel naar de sloot	€10.000,- tot € 50.000,- per hectare	Grotere waterberging

9.4 Optimaliseren waterinlaat

Om de wenselijkheid en haalbaarheid van het optimaliseren van de waterinlaat te kunnen bepalen is het van belang de huidige inlaatsituatie in beeld te hebben. Uit een analyse van de huidige inlaatsituatie blijkt dat in de Nesselopolder in 2013 ca. 200.000 m³ water wordt ingelaten (Figuur 12). Deze inlaathoeveelheid komt overeen met ca. 3,5 mm/d. Deze relatief grote hoeveelheid wordt mogelijk veroorzaakt doordat deze inlaathoeveelheid niet alleen bestemd is voor de Nesselopolder maar ook wordt gebruikt om stroomafwaarts gelegen polders te voorzien van water.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de watervraag voor het gebied dat van water wordt voorzien door inlaatgemaal Zeeweg in 2003 ca. 160.000 m³ bedraagt. Aan de hand van de inlaatgegevens blijkt echter dat er in 2013 ca. 300.000 m³ werd ingelaten. Een betere afstemming van de benodigde hoeveelheid inlaatwater en de daadwerkelijke hoeveelheid ingelaten water zou een vermindering van de inlaathoeveelheden tot gevolg kunnen hebben (Figuur 31). Deze optimalisatie van de waterinlaat zou gecombineerd kunnen worden met peilaanpassingen, drainagemaatregelen en het verhogen van de waterberging in duinen en strandwallen. Door deze combinatie kan de gewenste inlaathoeveelheid sterker worden gereduceerd waardoor inlaathoeveelheden verder worden geoptimaliseerd.

Voor het stedelijk gebied van Castricum werd in 2013 ca. 700.000 m³ water ingelaten. Deze inlaathoeveelheid is ruim 50% van de totale inlaathoeveelheid in het beschouwde gebied. Hieruit komt naar voren dat nader onderzoek naar de 'werkelijke waterbehoefte' voor het stedelijk gebied wenselijk is. Naast onderzoek naar de waterbehoefte van het stedelijk gebied kan voor het optimaliseren van de waterinlaat ook gedacht worden aan aanpassingen van het oppervlaktewatersysteem (natuurvriendelijke oevers, doodlopen watergangen, etc.). Deze aanpassingen van het oppervlaktewatersysteem kunnen de waterkwaliteit bevorderen waardoor de inlaatbehoefte kan worden beperkt.



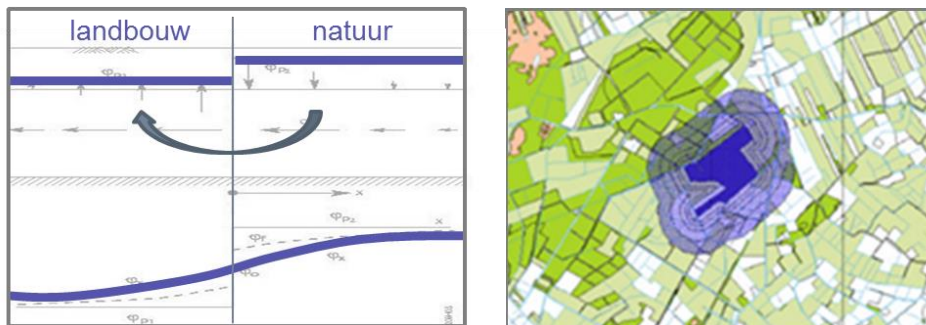
Figuur 31. Voor en na een betere afstemming van de benodigde hoeveelheid inlaatwater.

Tabel 7. Overzicht van de kosten en baten voor het optimaliseren van de waterinlaat.

Trias Aquatica	Waterhoeveelheid	kwaliteitsaspecten	Kosten	Baten
Zuinig met zoetwater	Vermindering watervraag	Minder gebiedsvreemd water	€0,- tot € 10.000,- per hectare	<ul style="list-style-type: none"> - Minder draaiuren gemaal Schulpvaart - Meer water beschikbaar voor rest beheergebied

9.5 Ruimtelijke inrichting ‘functie volgt peil’

Indien er sprake is van een ruimtelijke inrichting waarbij grondgebonden functies naast elkaar voor komen die sterk verschillende eisen stellen aan het grondwaterregime zullen er in de grensgebieden over en weer beïnvloedingen plaatsvinden (Figuur 32). De mate van deze beïnvloeding is in hoge mate afhankelijk van het peilverschil en de laagopbouw en de hiermee samenhangende doorlatendheden van de ondiepe ondergrond. Door gebieden met dezelfde functie via herinrichting te clusteren kunnen grotere aaneengesloten gebieden ontstaan waardoor het aantal grenzen met een peilverschil zal verminderen (Figuur 33). Indien grotere clusters van aaneengesloten functies kunnen worden gecreëerd zullen de wederzijdse effecten van natuur en landbouw verkleinen. Daarnaast kan het clusteren van functies een positieve uitwerking hebben op de waterkwaliteit. Het betreft een maatregel waarvoor uitruil van gronden in veel gevallen noodzakelijk is.



Figuur 32. Schematische weergave van de ruimtelijke interactie tussen een gebied met een relatief hoog peil en een gebied met een relatief laag peil (Links; naar Edelman, 1972), ruimtelijk beeld van een perceel met een lager peil als gevolg van de aanleg van buisdrainage (rechts; naar van der Gaast en Stuyt, 2000).



Figuur 33. Gebied voor en na ruimtelijke herinrichting. Clustering van functies creëert grote aaneengesloten gebieden waardoor het aantal grenzen met peilverschil vermindert.

Tabel 8. Overzicht van de kosten en baten voor het aanpassen van de ruimtelijke inrichting.

Trias Aquatica	Waterhoeveelheid	kwaliteitsaspecten	Kosten	Baten
Zuinig met zoetwater	Vermindering watervraag Hoeveelheid is klein	Verkleining wederzijdse effecten landbouw en natuur	€0,- € 10.000,- tot €30 mln. tot €... per inrichting	- Minder weglekking - Waterbesparing natuur

10 Conclusies en opschaling naar andere gebieden

Bij aanvang van het proces bleek dat de gebiedspartijen zich –in algemene zin- nog niet allemaal voldoende bewust waren van de urgentie van maatregelen voor klimaatbestendigheid. Er was bij de start van het proces duidelijk sprake van verschillende perceptie van deze urgentie. Tijdens de eerste bijeenkomst(en) is daarom uitvoerig aandacht besteed aan de aanleiding: het bereiken van meer klimaatbestendigheid.

Tijdens de tweede gebiedsbijeenkomst hebben we dat wederom gedaan door expliciet de Deltavisie van HHNK en de principes van de Trias Aquatica te agenderen. Mede met behulp van de door de deelnemers geformuleerde onderzoeksvragen, en vooral de resultaten van het (vervolg)onderzoek, ontstond vanaf de derde gebiedsbijeenkomst een duidelijke toename van het ‘eigenaarschap’. Deelnemers zagen meer concreet welke handelingsperspectieven en –alternatieven er voor hun functie ter beschikking komen. Een gezamenlijke en integrale aanpak bevordert daarmee aantoonbaar de ontwikkeling van het eigenaarschap.

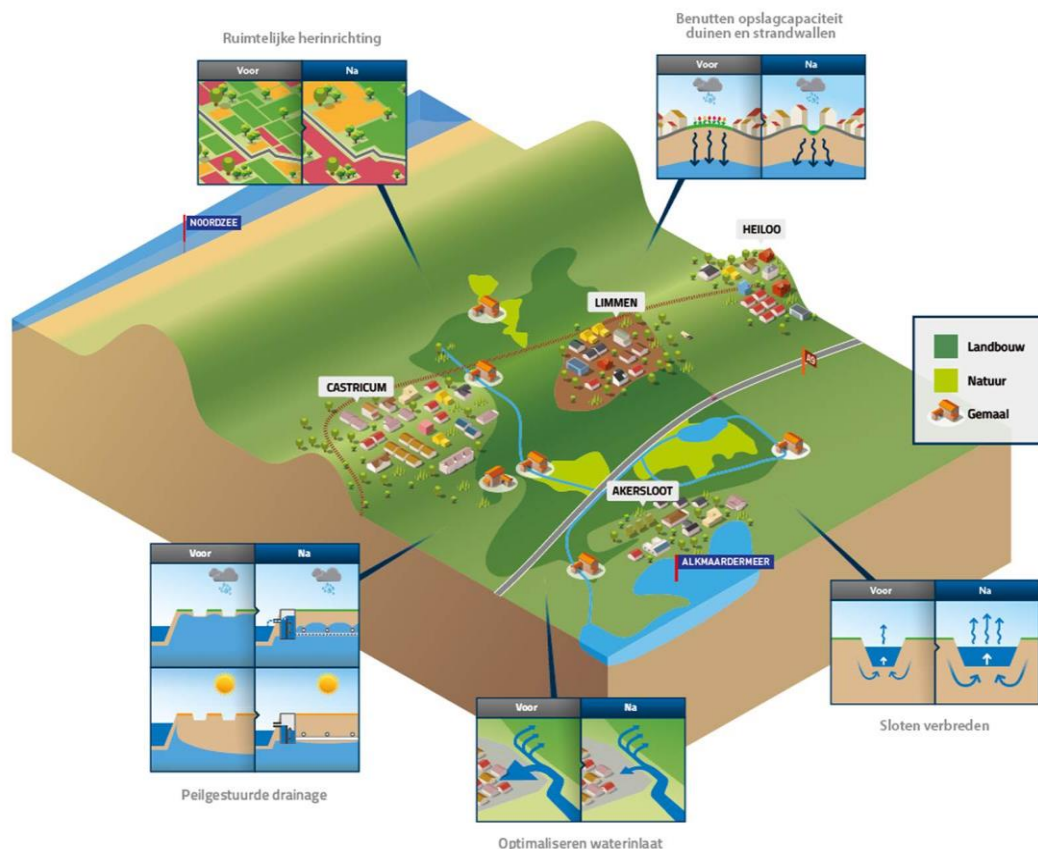
Het gebiedsproces ‘Schoonwatervallei, op weg naar een klimaatbestendige polder’ is succesvol verlopen. Er liggen een reeks concrete oplossingsrichtingen en er worden (voorloper)projecten voorbereid. De in dit proces verworven kennis en ervaring is goed toepasbaar op andere regio’s/ gebieden van HHNK, en daar buiten. Van belang nu is deze verworven kennis en ervaring gericht te gaan delen, zowel binnen HHNK als daar buiten.

Een overheid, waaronder een waterschap, ook in de rol van ‘gebiedsautoriteit’, zal nimmer voldoende sanctiemacht kunnen mobiliseren om ontwikkelingen te ‘forceren’ of af te dwingen, zover zij dat al zou willen. Nederland is groot geworden met de zogenaamde ‘poldercultuur’, een vorm die gericht is op het bereiken van consensus. Essentieel binnen de polderbenadering is dat gebiedspartijen hun verantwoordelijkheid nemen en daarbij gefaciliteerd worden door integrale en transparante processen.

Wij nodigen iedereen die met soortgelijke gebiedsprocessen aan de slag gaat uit kennis te nemen van onze resultaten en ervaringen. Onze ervaringen zijn, zowel inhoudelijk als procesmatig, ons inziens ook zeer goed toepasbaar op andere gebieden van HHNK, en daar buiten. De GLP is immers representatief voor grote delen van west Nederland aan de binnenduinrand. Er bestaat geen blauwdruk voor complexe gebiedsopgaven; er zijn wel theoretische kaders en hulpmiddelen. En praktische handreikingen, gebaseerd op de praktijk, zoals dit document.

Een complex gebiedsproces vraagt om een goede voorbereiding en een gedeelde visie op het te volgen proces. En tegelijkertijd om de betrokkenheid van alle gebiedspartners en de beschikbaarheid van betrouwbare feiten en kennis van het watersysteem. De wisselwerking tussen feiten en dialoog –met en tussen alle gebiedspartners- was de rode draad binnen dit gebiedsproces en wordt aangeraden als basis voor het succesvol verloop van gebiedsprocessen in andere gebieden.

Tenslotte kunnen de resultaten van dit gebiedsproces verder worden vergroot door ook in de nabije toekomst de ervaringen in voorloperprojecten op het vlak van toepasbaarheid en effectiviteit van de oplossingsrichtingen te blijven te delen. Nu is het zaak om, aan de hand van voorloperprojecten, ervaringen te delen, op te schalen en te verbreden. Op het vlak van het groeien van eigenaarschap is het proces nog maar net gestart



Figuur 34. Een resultaat van het gebiedsproces, een gebiedsoverzicht van de Groot-Limmenpolder met de concrete oplossingsrichtingen.

11 Referenties

- Dam, J.C. van, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk and C.A. van Diepen, 1997. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment. Report 71, Subdep. Water Resources, Wageningen University, Technical document 45, Alterra Green World Research, Wageningen.
- Deltaprogramma IJsselmeer (DPIJ), 2014. Een veilig en veerkrachtig IJsselmeergebied, Resultaten van het Deltaprogramma IJsselmeergebied, Synthesedocument. 77p.
- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop, H. R. J. Vroon & I. G. Staritsky, 2006. Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Alterra-rapport 1339, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der, H. R. J. Vroon & H.Th.L. Massop, 2010. Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken. STOWA, Amersfoort.
- Kennis en Kansen, tussenrapportage 2010-2012 Coalitie Klimaatbuffers
- Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon en R. Pastoors, 2001. Actualisatie van de hydrologie voor STONE 2.0. Alterra-rapport 298
- Maat ter J., M. Haasnoot, M. van der Vat, J. Hunink, G. Prinsen, M. Visser, R. van der Sligte, H.Verheij, C. Wesselius, M. Maarse & R. van Ek (2014). Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening van Nederland in de 21e eeuw. Deltares. Kenmerk: 1209141-001.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, 2004. Handreiking Watertekort en Warmte, versie 1.0. 195p.
- Royal Haskoning (2002). De Duinpolder Ontboezemt. Een ecohydrologisch onderzoek in de CALU duinpolders. 96p.
- Werkgroep HELP-tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie. Landinrichtingsdienst, Utrecht.
- Witteveen+Bos en Bware, (2006), 'Peilexperiment Groot-Limmenpolder, integraal eindrapport', pm25-1/eekc/032

Acacia Water
Jan van Beaumontstraat 1
2805 RN Gouda

Telefoon: 0182 – 686424
Internet: www.acaciawater.com
Email: info@acaciawater.com

