

RAPPORT

Draagkracht grondwater Noord- Brabant

Analyse

Klant: Provincie Noord-Brabant

Referentie: BF3125

Versie: 2.0/Concept

Datum: 1 december 2017



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 T
+31 33 463 36 52 F
info@rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Titel document: Draagkracht grondwater Noord-Brabant

Ondertitel:
Referentie: BF3125
Versie: 2.0/Concept
Datum: 1 december 2017
Projectnaam: Draagkracht Noord-Brabant
Projectnummer: BF3125_R004
Auteur(s): Floris Verhagen, Tom van Steijn, Joachim Hunink, Roelof Sturman

Opgesteld door: Floris Verhagen

Gecontroleerd door:

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door:

Datum/Initialen:

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 1.1 | Draagkrachtstudie en randvoorwaarden | 1 |
| 1.2 | Indeling in deelgebieden | 3 |
| 1.3 | Aanpak op hoofdlijnen en leeswijzer | 4 |
| 1.4 | Berekende scenario's | 5 |
| 1.5 | Opzet van de waterbalans | 7 |
| 1.6 | Beleidskader | 8 |
| 1.7 | Berekende effecten | 8 |
| 2 | De huidige waterbalans | 10 |
| 2.1 | Totale waterbalans | 10 |
| 2.2 | Grondwateraanvulling | 13 |
| 2.3 | Drainage en infiltratie door oppervlaktewater | 14 |
| 2.4 | Horizontale voeding van de watervoerende pakketten | 14 |
| 2.5 | Verticale voeding van de watervoerende pakketten | 17 |
| 2.6 | Onttrekking van grondwater | 17 |
| 3 | Watervraag: de onttrekkingen | 18 |
| 3.1 | Geregistreerde onttrekkingen | 18 |
| 3.2 | Niet geregistreerde onttrekkingen | 27 |
| 3.3 | Samenvattend beeld | 28 |
| 4 | Veranderingen in grondwateraanvulling | 29 |
| 4.1 | Klimaatverandering (KNMI 2014 scenario's) | 29 |
| 4.2 | Veranderingen in het W_H scenario (scenario 5) | 31 |
| 4.3 | KNMI G_L scenario (scenario 7) | 33 |
| 4.4 | Verandering in landgebruik | 33 |
| 4.5 | Samenvattend beeld grondwateraanvulling | 34 |
| 5 | Effect van grondwateronttrekking | 38 |
| 5.1 | Effecten bestaande winningen op grondwaterstand en stijghoogten | 38 |
| 5.2 | Bandbreedte in effecten op grondwaterstand en stijghoogten | 39 |
| 5.3 | Effecten van onttrekken op de waterbalans | 40 |
| 5.4 | Vergelijking tussen vergunde ruimte en gelijke verdeling onttrekking | 42 |
| 5.5 | Gevoeligheid van onttrekken per deelgebied | 44 |
| 5.6 | Effect van dieper onttrekken uit de Centrale Slenk | 49 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.7 | Effecten van W_H klimaat op landbouwberegening (scenario 5) | 50 |
| 6 | Analyse van de waterbalans | 53 |
| 6.1 | Theoretische grondwatervoorraad | 53 |
| 6.2 | Vergelijking aanvulling eerste watervoerende pakket met onttrekking | 56 |
| 6.3 | Is er sprake van uitputting? | 58 |
| 6.4 | Beïnvloedbaarheid van de waterbalans | 60 |
| 6.5 | Effecten op (beek)afvoer | 62 |
| 6.6 | Waterbehoefte natuur | 64 |
| 6.7 | Verhouding verandering grondwateraanvulling en onttrekking | 66 |
| 7 | Grondwaterkwaliteit | 68 |
| 8 | Conclusies over de draagkracht van het grondwatersysteem | 70 |
| 8.1 | Vraag en aanbod van het water | 70 |
| 8.2 | Grenzen aan het grondwatersysteem | 71 |
| 8.3 | Gevoeligheid van het grondwatersysteem | 72 |
| 9 | Reflectie op mogelijke maatregelen | 73 |
| 9.1 | Deltaplan Hoge Zandgronden | 73 |
| 9.2 | Seizoensberging | 74 |
| 9.3 | Infiltratie van water | 74 |
| 9.4 | Optimalisatie van de (diepe) winningen | 75 |
| 10 | Aanbevelingen voor monitoring | 76 |
| 10.1 | Monitoring diepe stijghoogten | 76 |
| 10.2 | Zoet-zout monitoring | 77 |
| 10.3 | Afvoer van beken (“Environmental Flow”) | 77 |
| 11 | Literatuur | 78 |
| 12 | Scenario 1: Referentiesituatie | 81 |
| 12.1 | Huidige waterbalans | 81 |
| 13 | Scenario 2: Vergund debiet | 83 |
| 13.1 | Beschrijving van het scenario | 83 |
| 13.2 | Verandering in waterbalans | 84 |
| 13.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 85 |
| 13.4 | Effect op beekafvoer | 85 |
| 13.5 | Samenvatting | 86 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 14 | Scenario 3: 30% meer onttrekking | 87 |
| 14.1 | Beschrijving van het scenario | 87 |
| 14.2 | Verandering in waterbalans | 87 |
| 14.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 88 |
| 14.4 | Effect op beekafvoer | 88 |
| 14.5 | Samenvatting | 89 |
| 15 | Scenario 4: Slenk Diep | 90 |
| 15.1 | Beschrijving van het scenario | 90 |
| 15.2 | Verandering in waterbalans | 90 |
| 15.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 91 |
| 15.4 | Effect op beekafvoer | 91 |
| 15.5 | Samenvatting | 92 |
| 16 | Scenario 5: W_H klimaat | 93 |
| 16.1 | Beschrijving van het scenario | 93 |
| 16.2 | Verandering in waterbalans | 94 |
| 16.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 94 |
| 16.4 | Effect op beekafvoer | 95 |
| 16.5 | Samenvatting | 98 |
| 17 | Scenario 6: W_H klimaat en 30% meer onttrekking | 99 |
| 17.1 | Beschrijving van het scenario | 99 |
| 17.2 | Verandering in waterbalans | 99 |
| 17.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 100 |
| 17.4 | Effect op beekafvoer | 101 |
| 17.5 | Samenvatting | 101 |
| 18 | Scenario 7: G_L klimaat | 102 |
| 18.1 | Beschrijving van het scenario | 102 |
| 18.2 | Verandering in waterbalans | 102 |
| 18.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 103 |
| 18.4 | Effect op beekafvoer | 103 |
| 18.5 | Samenvatting | 106 |
| 19 | Scenario 8: G_L klimaat en 20% minder onttrekking | 107 |
| 19.1 | Beschrijving van het scenario | 107 |
| 19.2 | Verandering in waterbalans | 107 |
| 19.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 108 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 19.4 | Effect op beekafvoer | 109 |
| 19.5 | Samenvatting | 111 |
| 20 | Scenario 9: 20% minder onttrekking op bestaande winlocaties | 112 |
| 20.1 | Beschrijving van het scenario | 112 |
| 20.2 | Verandering in waterbalans | 112 |
| 20.3 | Effect op grondwaterstand en stijghoogte | 113 |
| 20.4 | Effect op beekafvoer | 113 |
| 20.5 | Samenvatting | 114 |
| 21 | Scenario 10: Geen onttrekking | 115 |
| 21.1 | Beschrijving van het scenario | 115 |
| 21.2 | Verandering in waterbalans | 115 |

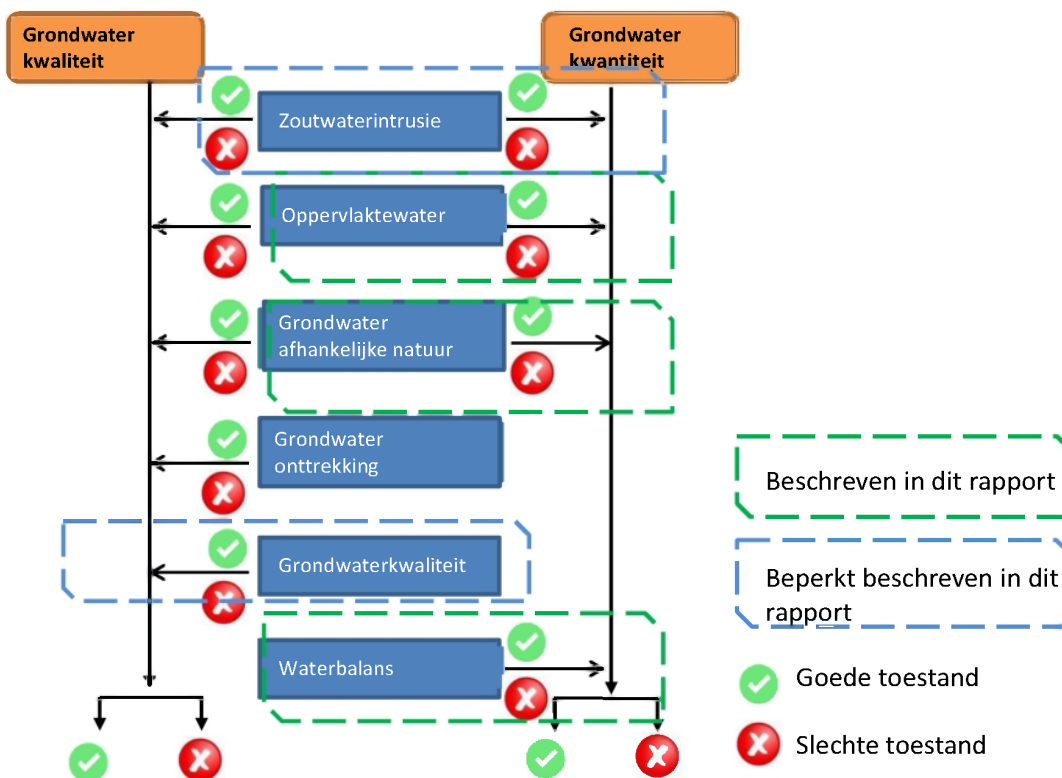
1 Inleiding

Dit deelrapport presenteert de mate van draagkracht van het grondwatersysteem in Noord-Brabant. Dit wordt gedaan door de aanvulling van het grondwatersysteem in perspectief te zetten met de onttrokken hoeveelheden. De methodiek en achterliggende literatuurinformatie zijn elk beschreven in een apart achtergrondrapport.

1.1 Draagkrachtstudie en randvoorwaarden

De studie naar de draagkracht van het grondwatersysteem heeft tot doel te bepalen hoe de grondwateraanvulling en onttrekking in Noord-Brabant zich tot elkaar verhouden en hoe gevoelig het grondwatersysteem hiervoor is. Bij de onderhavige studie wordt uitgegaan van de huidige hydrologische situatie en de huidige grondwateronttrekkingen. Bij het onderzoek naar de effecten van de onttrekkingen worden tevens verschillende scenario's van klimaatverandering en verandering in onttrekkingen in beschouwing genomen.

Met behulp van dit rapport kan worden getoetst in hoeverre het grondwatersysteem van Noord-Brabant voldoende draagkrachtig is om veranderingen in klimaat en onttrekkingen op te kunnen vangen. Toetsing zou kunnen gebeuren volgens de voorwaarden die in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn gedefinieerd waaraan een grondwatersysteem moet voldoen. De Kaderrichtlijn gaat uit van een duurzaam gebruik van het grondwater zodat dit op de zeer lange termijn gebruikt kan worden voor menselijke consumptie. Daarnaast moet het grondwater zo beheerd worden dat er geen negatieve gevolgen zijn voor het oppervlaktewatersysteem en grondwaterafhankelijke natuurgebieden.



Figuur 1-1 Procedure voor de vaststelling van de grondwatertoestand (gebaseerd op Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013) en de beschreven onderdelen in het Draagkracht rapport

De toestand van het grondwater wordt om de zes jaar gecontroleerd en beschreven. Hiervoor wordt het stroomschema van Figuur 1-1 gebruikt uit het KRW protocol (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013). In dit rapport wordt geen uitspraak gedaan of de grondwatertoestand goed of slecht is. Maar er wordt wel in beeld gebracht wat de gevoeligheid van het grondwatersysteem is voor veranderingen in klimaat en onttrekking op het halen van deze doelstellingen. Daarbij wordt geconcentreerd op het onderdeel grondwaterkwantiteit, de rechter kolom in Figuur 1-1. De vier onderdelen zijn risico's voor:

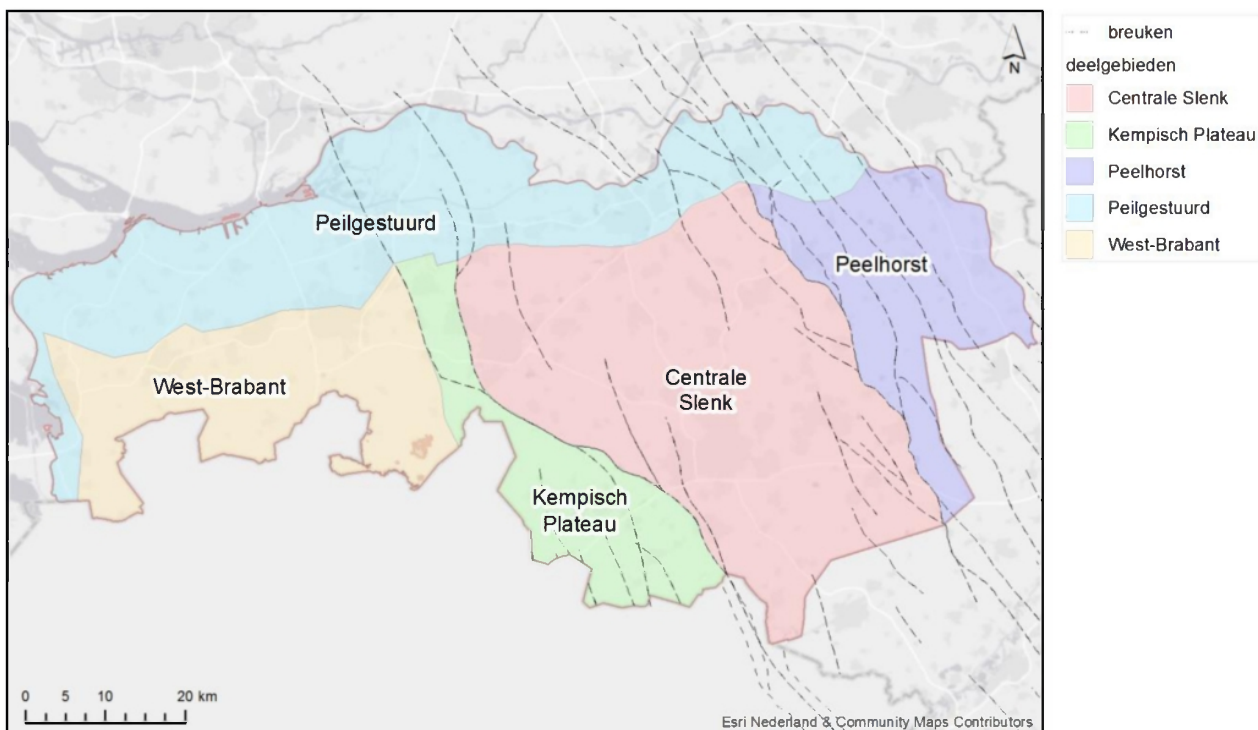
- het aantrekken van zout water uit de diepte of de omgeving;
- het verminderen van de basisafvoer naar het oppervlaktewater;
- het verlagen van de grondwaterstand en stijghoogte in grondwaterafhankelijke natuurgebieden;
- het verstoren van de balans tussen evenwicht en aanvulling van het grondwater zodat de watervoorziening voor drinkwater, industrie en landbouw in gevaar komt.

In dit rapport wordt vooral op de laatste drie onderdelen ingegaan, omdat zoutwater intrusie ook sterk door de aanwezigheid van zout in het grondwatersysteem wordt bepaald. Het onderdeel grondwaterkwaliteit komt wel beperkt aan de orde in dit rapport en wordt vooral beschouwd aan de hand van de waterbalans en de berekende fluxen. Deze studie gaat over de effecten op de schaal van deelgebieden binnen Noord-Brabant en gaat niet in op de effecten in individuele natuurgebieden, grondwaterbeschermingsgebieden of andere gebieden.

Een draagkrachtig grondwatersysteem betekent dat gebruik van het grondwater mogelijk blijft door verschillende gebruikers die hiervan afhankelijk zijn. Een duurzaam grondwaterbeheer betekent dat de grondwaterstanden ook voor landbouw en stedelijke omgeving zo optimaal mogelijk zijn. Echter in de huidige situatie is de grondwatersituatie voor grondwaterafhankelijke natuur het meest kritisch. Daarom wordt vooral gekeken naar generieke effecten van het dalen van de grondwaterstand en de stijghoogte in een zomersituatie. Ook de landbouw en stedelijk gebied zal hiervan last kunnen ondervinden. Daarom wordt in dit rapport onderscheid gemaakt in de grondwaterafhankelijke natuurgebieden, landbouwgebieden en stedelijke gebieden. Echter in deze studie worden effecten op deelgebiedsschaal berekend. Effecten voor natuur-, landbouw en stedelijk gebied zijn op deze schaal beperkt onderscheidend. Voor een analyse op gebiedsschaal is een nadere analyse nodig waarbij de gevoeligheid voor droogte of wateroverlast sterk kan verschillen voor het specifieke natuur-, landbouw of stedelijke gebied.

1.2 Indeling in deelgebieden

De analyse wordt uitgevoerd voor vijf deelgebieden (Figuur 1-2). Deze gebieden zijn afgebakend op basis van de geologische opbouw. Dit is nader beschreven in het inventarisatierapport.



Figuur 1-2 Indeling in vijf deelgebieden

De analyses van de waterbalans en de effecten op grondwaterstand, stijghoogten en beekafvoer worden op het niveau van deze deelgebieden gepresenteerd.

De vijf deelgebieden kunnen als volgt worden gekenschetst:

1. **West Brabant:** aan het oppervlak ligt een dun watervoerend pakket (formaties van Boxtel, Sterksel en Kreftenheye) met daaronder een slecht doorlatende laag van de kleien van Stramproy/Waalre. Hieronder bevinden zich twee dikke mariene watervoerende pakketten (Maassluis en Oosterhout), die af en toe door dunne kleiige lagen worden gescheiden. Uit deze twee watervoerende pakketten wordt water gewonnen voor de drinkwatervoorziening;
2. **Kempisch Plateau:** strekt zich uit van België tot in het zuidelijke deel van Noord-Brabant. Het Kempisch Plateau in het Nederlands deel bestaat uit een twee-lagensysteem. Het bovenste watervoerende pakket wordt gevormd door de Formatie van Sterksel; het onderste door de Kiezeloöliet en Maassluis Formatie.
3. **Centrale Slenk:** bestaat vooral uit fluviatiele afzettingen van het Rijn-Maas systeem met een diepe hydrologische basis van meer dan 250 meter onder maaiveld. De watervoerende pakketten en scheidende lagen zijn ruimtelijk grotendeels aaneengesloten in de Centrale Slenk. De watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen hebben grote diktes en daardoor hoge transmissiviteit en weerstand. Naar het zuidoosten toe wordt de Kiezeloöliet Formatie geleidelijk minder doorlatend en geeft dus meer weerstand. De meeste weerstand zit in de kleilagen van Waalre/Stramproy. De watervoerende pakketten onder deze laag zijn goed beschermd. Dit wordt

daarom in KRW termen “Slenk Diep” genoemd. Aan het oppervlak ligt de Formatie van Boxtel, een heterogene fijnzandige afzetting van ongeveer 20 meter dikte met leem en veenlaagjes.

4. **Peelhorst:** De hoog gelegen Peelhorst wordt begrensd door de Peelrandbreuk in het westen en de Grave-breuk in het oosten. Het gebied ten oosten van de Grave-breuk is de Venloslenk en het gebied ten westen van de Peelrandbreuk de Centrale Slenk. Het watervoerende pakket is dun en bevat zanden afgezet door rivieren (de formaties van Beegden en Kreftenheye).
5. **Peilgestuurd gebied:** afdekkende holocene kleilaag aan het oppervlak. Geologisch gezien loopt de diepe ondergrond van west naar oost en bevat daarom de kenmerken van West-Brabant, Kempisch Plateau, Centrale Slenk en de Peelhorst.

1.3 Aanpak op hoofdlijnen en leeswijzer

De draagkracht van het grondwatersysteem wordt in beeld gebracht door de waterbalans in beeld te brengen. Er wordt eerst gekeken naar het water dat in het grondwatersysteem aanwezig is en dat het grondwatersysteem instroomt. Dit is de aanvulling van het grondwatersysteem (hoofdstuk 2). Vervolgens kijken we naar het watergebruik, de onttrekkingen (hoofdstuk 3). In het hoofdstuk 4 bekijken we de verwachte verandering in de grondwateraanvulling waarna we in hoofdstuk 5 kijken naar de effecten van de grondwaterwinningen. In hoofdstuk 6 zetten we beide posten tot elkaar in perspectief. Het is niet zo dat de gehele aanvulling van het grondwatersysteem ook weer gebruikt kan worden om te onttrekken. De belangrijkste randvoorwaarden voor een goed functionerend grondwatersysteem zijn namelijk voldoende basisafvoer voor de beken, goede grondwaterstanden, een goede waterkwaliteit voor drinkwater, industrie, natuur, stad en landbouw en tot slot voldoende aanvoer van kwelwater vanuit diepere lagen naar de natuurgebieden. Dit zijn niet generieke randvoorwaarden. Elk natuurgebied of landbouwgebied heeft zijn eigen specifieke eisen ten aanzien van grondwaterstand en waterkwaliteit. Dit kan dus alleen op lokale schaal uitgewerkt worden. Deze studie geeft inzicht in de gevoeligheid van het watersysteem en in hoeverre er veranderingen optreden op de schaal van deelgebieden. In dit rapport wordt de waterbalans en de effecten op grondwaterstanden en stijghoogten onderbouwd met modelberekeningen. De kwaliteitsaspecten zijn niet doorgerekend en worden daarom meer beschouwend in hoofdstuk 7 aan de orde gebracht. De beschouwing over grondwaterkwantiteit en grondwaterkwaliteit levert de uitkomsten op over de mate van draagkracht van het grondwatersysteem (hoofdstuk 8). Het rapport wordt afgesloten met een beschouwing over bestaande en mogelijke maatregelen om de draagkracht te vergroten (hoofdstuk 9) en aanbevelingen hoe de monitoring verbeterd kan worden (hoofdstuk 10).

Tabel 1-1 Achterliggende vragen van dit rapport

| Vragen met betrekking tot vraag en aanbod van het water | Vragen over grenzen aan het grondwatersysteem | Wat is gevoeligheid van het grondwatersysteem |
|--|--|---|
| Is er sprake van uitputting van het grondwatersysteem? Is er evenwicht tussen aanvulling en onttrekking en hoe groot zijn deze posten? | Is een plafond van 40 miljoen m ³ /jr voor berekening een goede grens om blijvend duurzaam gebruik te maken van het grondwater | Wat is de gevoeligheid van deelgebieden voor het extra onttrekken van grondwater? |
| Wat zijn de verwachtingen voor de toekomst ten aanzien van de grondwateraanvulling voor menselijke consumptie? | Is een plafond van 250 miljoen m ³ /jaar (drinkwater + industrie) onttrekking een goede grens voor een draagkrachtig grondwatersysteem? | Wat is de gevoeligheid van deelgebieden voor klimaatverandering? |
| In hoeverre zijn alle onttrekkingen goed in beeld? En wat is het | Wat is het effect op de waterbalans indien de grondwateronttrekkingen | Wat zijn mogelijke gevolgen voor natuur, landbouw en stedelijk |

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| mogelijke effect van onbekende onttrekkingen zoals veedrenking? | in de Centrale Slenk worden verdiept. | gebied ten gevolge van veranderingen in onttrekking en grondwateraanvulling? |
| Hoe groot is de grondwateraanvulling, wat is de verwachte trend en wat zijn de onzekerheden? | | Hoe verhoudt de hoeveelheid onttrokken grondwater en de aanvulling zich tot de totale hoeveelheid aanwezig grondwater? |

De analyse wordt gedaan aan de hand van systeemkennis van het grondwatersysteem van Noord-Brabant en wordt ondersteund met berekeningsresultaten van de negen eerder gemaakte scenario-berekeningen. Deze berekeningen worden gepresenteerd in bijlage 1. De methodiek van de berekeningen met technische achtergronden over het gebruikte grondwatermodel en de wijze waarop de figuren zijn samengesteld is in een apart methodiek rapport opgenomen. Er wordt gebruik gemaakt van bestaande kennis dat systematisch beschreven en samengevat is in een apart inventarisatierapport.

1.4 Berekende scenario's

Er zijn in totaal 10 scenario's doorgerekend. De 10 scenario's zijn zo opgesteld dat er inzicht ontstaat in mogelijke veranderingen in onttrekkingsstrategie of klimaat. Het zijn geen realistische beleidsscenario's, maar bedoeld om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van het grondwatersysteem. De 10 scenario's zijn:

1. De huidige situatie. Deze wordt als referentiesituatie gebruikt. Deze bevat de gemiddelde grondwateraanvulling en beregeningsdebieten voor de periode 2000 t/m 2009 en overige onttrekkingen zoals bekend voor het jaar 2016;
2. Vergund: aangenomen is dat de vergunde ruimte voor de onttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening volledig wordt gebruikt. De vermeerdering in onttrekking verschilt per locatie, afhankelijk van de vergunningsruimte die nog over is. De toename in onttrokken hoeveelheid is circa 22%;
3. Een scenario waarbij 30% meer grondwater wordt onttrokken door drinkwaterbedrijven en industrie. De extra onttrekking vindt uitgesmeerd plaats over de gehele provincie;
4. Een verplaatsing van alle winningen voor drinkwater en industrie naar diepere lagen in de Centrale Slenk. Netto blijft de totale hoeveelheid onttrokken grondwater gelijk.
5. Het W_H klimaat scenario. In dit scenario gaat het in de winter meer regenen; in de zomer is er minder neerslag en meer verdamping. Netto verandert de grondwateraanvulling over het gehele jaar weinig;
6. Een combinatie van de scenario's 3 (30% meer onttrekking) en scenario 5 (W_H klimaat);
7. Het G_L klimaat scenario. In dit scenario gaat het in de winter meer regenen; in de zomer neemt neerslag en verdamping ongeveer gelijk toe. Netto neemt de grondwateraanvulling toe.
8. Het G_L klimaat scenario in combinatie met een afname van onttrekking voor drinkwater en industrie van 20%;
9. 20 % minder onttrekken op basis van de huidige winningslocaties
10. Geen grondwateronttrekking

Een schematisch overzicht van de 10 verschillende scenario's is weergegeven in Tabel 1-2. Het tiende scenario is gemaakt om te kunnen beoordelen wat het effect is van niet onttrekken. Alleen de waterbalans is gebruikt om een idee te hebben van de kwel en infiltratiestroming. Effecten op grondwaterstand en stijghoogte zijn weg gelaten voor dit scenario.

Tabel 1-2 Configuratie van de negen berekende scenario's

| | Onttrekking (miljoen m ³ /jaar) | | | | Locatie + of - debiet: | Klimaat | | | Tijds af hanke lijk |
|------------------------|---|-----------|------------|--------|------------------------------|---------|------------------|------------------|------------------------------|
| | Drinkwater | Industrie | Berekening | Totaal | | Huidig | W _H * | G _L * | |
| 1. Referentie | 199,0 | 21,5 | 35,6 | 256,1 | | x | | | x |
| 2. Vergund | 255,0 | 21,5 | 35,6 | 312,1 | huidig | x | | | |
| 3. Onttrek +30% | 258,7 | 28,0 | 35,6 | 322,3 | grid 2km | x | | | |
| 4. Slenk Diep | 199,0 | 21,5 | 35,6 | 256,1 | diepte | | | | |
| 5. W _H | 199,0 | 21,5 | 73,3 | 293,8 | | | x | | x |
| 6. W _H +30% | 258,7 | 28,0 | 73,3 | 360,0 | grid 2km | | x | | x |
| 7. G _L | 199,0 | 21,5 | 39,9 | 260,4 | | | | x | x |
| 8. G _L -20% | 159,2 | 17,2 | 39,9 | 216,3 | grid 2km | | | x | x |
| 9. -20% | 159,2 | 17,2 | 39,9 | 216,3 | | x | | | |
| 10. Q = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | x | | | |

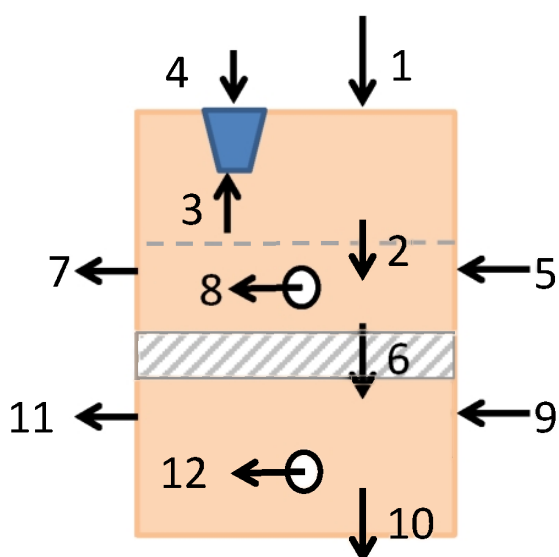
*) zichtjaar 2050

Toelichting bij de verschillende kolommen:

- Drinkwater: de totale hoeveelheid onttrekking die wordt onttrokken door Brabant Water en Evides ten behoeve van de drinkwaterconsumptie;
- Industrie: de totale onttrokken hoeveelheid grondwater door de industrie. Dit is de huidig onttrokken hoeveelheid grondwater. Er is meer vergunningsruimte voor de industrie, maar deze is niet meegenomen in de scenario's.
- Berekening: de hoeveelheid onttrokken grondwater ten behoeve van de berekening. Deze hoeveelheid is berekend aan de hand van het berekende vochttekort (zie methodiek rapport). De hoeveelheid varieert per klimaatscenario;
- Totaal: de som van onttrekking ten behoeve voor drinkwater, industrie en berekening;
- Locatie + of - debiet: indien het debiet voor drinkwater en/of industrie veranderd is ten opzichte van de huidige situatie, dan is weergegeven waar deze verandering plaats vindt. Dit kan een uitbreiding zijn ten plekke van de huidige onttrekking, een verandering in de diepte of een evenredige uitbreiding over het gehele oppervlak van Noord-Brabant door de extra onttrekking toe te kennen aan fictieve pompputten met een onderlinge afstand van 2 km;
- Klimaat huidig: het huidige klimaat qua neerslag en verdamping;
- W_H: Het KNMI W_H scenario 2014;
- G_L: Het KNMI G_L scenario 2014;
- Tijdsafhankelijk: X betekent dat het modeltijdsafhankelijk is doorgerekend. Naast een gemiddelde situatie voor grondwaterstanden, stijghoogten en fluxen is ook doorgerekend hoe deze grootheden veranderen in de tijd, bijvoorbeeld voor een zomersituatie. Nog niet alle tijdsafhankelijke resultaten zijn beschikbaar in deze versie van het rapport.

1.5 Opzet van de waterbalans

Voor elk scenario is de waterbalans uitgerekend en onderverdeeld in de posten gepresenteerd in Figuur 1-3. De waterbalans van het bovenste pakket bestaat uit de som van grondwateraanvulling, infiltratie en horizontale instroom (1, 4 en 5) min de som van de afvoer, verticale en horizontale uitstroom en onttrekking (3, 6, 7 en 8). Kwel en wegzijging (2) is een interne post en wordt daarom niet meegerekend bij het opstellen van de balans van het bovenste watervoerend pakket. De waterbalans van de diepere pakketten bestaat uit de som van verticale en horizontale instroom (6 en 9) min de som van de verticale en horizontale uitstroom en de onttrekking (10, 11 en 12). Een restpost in de waterbalans ontstaat door afronding van de fluxen (t.b.v. van de leesbaarheid van de figuren), door posten die niet in de waterbalans zijn opgenomen¹ of door een kleine verandering in grondwaterberging.



1. Grondwateraanvulling (neerslag minus actuele verdamping).
2. Flux van modellaag 1 naar modellaag 2. Dit is een maat voor kwel en wegzijging aan maaiveld. Het betreft een interne waterbalanspost binnen het eerste watervoerende pakket binnen Figuur 1 1.
3. Drainage van grondwater naar het oppervlaktewater.
4. Infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater. Dit is alleen van toepassing op waterlopen die water kunnen aanvoeren. Daarom is dit als een aparte post beschouwd.
5. Horizontale instroom uit andere deelgebieden of van buiten de provincie.
6. Verticale uitstroom naar het volgende watervoerende pakket. Een negatieve flux hier betekent dat er sprake is van netto opwaartse stroming.
7. Horizontale uitstroom naar andere deelgebieden of de provincie uit.
8. Grondwateronttrekking gesommeerd voor alle onttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening, industrie en beregening
9. De posten 9 tot en met 12 zijn in overeenstemming met het eerste watervoerende pakket uitgewerkt.

Figuur 1-3 Waterbalanstermen

¹ De waterbalans van deelgebieden Peelhorst en Peilgestuurd wordt beperkt beïnvloed door de modelrand. De invloed op de berekende effecten is gering (minder dan 10.000 m³/jaar).

1.6 Beleidskader

De draagkrachtstudie doet geen uitspraken over beleidsaanpassingen, maar geeft wel inhoudelijke brokstukken die gebruikt kunnen worden voor een afwegingskader voor het gebruik van grondwater. De draagkrachtstudie kan ook gebruikt worden voor andere beleidsmatige trajecten waarin aanpassingen in het watersysteem zijn voorzien, zoals de Robuuste Drinkwatervoorziening 2040, Waterbeschikbaarheid, Deltaplan Hoge Zandgronden en de omgevingsvisie.

Bestaande beleidskaders ten aanzien van grondwatergebruik

De provincie Noord-Brabant heeft voor het gebruik van grondwater voor menselijke consumptie (drinkwater en industrie) een plafond vastgesteld van 250 miljoen m³ per jaar (Provinciaal Milieu en Waterplan, 2016 - 2021). Het plafond is gebaseerd op de geregistreerde onttrekingshoeveelheid in 2007 + 10%. Bij de vergunningverlening voor grondwaterwinningen wordt op het onttrekingsplafond getoetst. Wanneer desondanks de totale jaarlijkse grondwateronttrekking 250 miljoen m³ nadert, is dat aanleiding om het beleid opnieuw te evalueren.

De provincie Noord-Brabant maakt een afwegingskader voor gebruik van grondwater voor menselijke consumptie (drinkwatervoorziening en industriële toepassingen). Het generieke standstill-principe wordt veranderd in regionale duurzame benutting van het grondwater. Uitgangspunten zijn dat (1) dit niet ten koste gaat van de draagkracht van het watersysteem, (2) de totale hoeveelheid onttrokken grondwater niet explosief groeit en (3) dit niet leidt tot overexploitatie en verdroging van natuurgebieden.

Voor berekening hebben de Brabantse waterschappen een intentieovereenkomst met medeoverheden en maatschappelijke partners afgesloten om te komen tot een meer flexibel en gebiedsgedifferentieerd beregeningsbeleid. Doel is om bewust om te gaan met water door het verbeteren van de waterhuishouding en de bodemstructuur en het beperken van de invloed van grondwatergebruik voor beregenen.

1.7 Berekende effecten

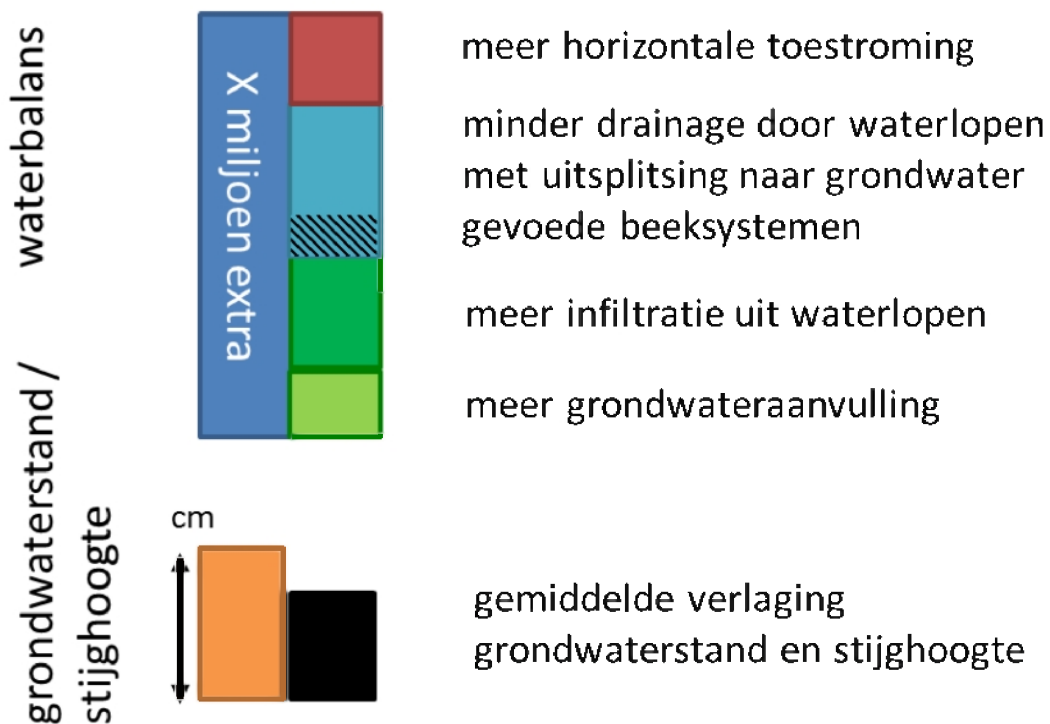
Voor ieder scenario is de verandering van de waterbalans ten opzichte van de referentie in beeld gebracht. Daarnaast wordt ook de gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte per deelgebied weergegeven. De effecten zijn gecombineerd weergegeven in een samenvattende figuur zoals toegelicht in Figuur 1-4 (zie voor een voorbeeld van het resultaat: **Error! Reference source not found.**). In de bovenste helft worden de waterbalanseffecten in miljoen m³/jaar weergegeven.

Het grondwatersysteem is een sluitende waterbalans. Een toename van de onttrekking zal een verandering van fluxen tot gevolg hebben, zoals afname van de drainage door waterlopen, meer infiltratie uit waterlopen of meer horizontale toestroming van buiten het gebied. De onderlinge verhouding van deze componenten laat zien hoe het deelgebied reageert op een toename van de onttrekking.

Een verandering in grondwateraanvulling betekent dat het extra water in het systeem zich zal verdelen naar het oppervlaktewater en horizontaal en verticaal in de watervoerende pakketten.

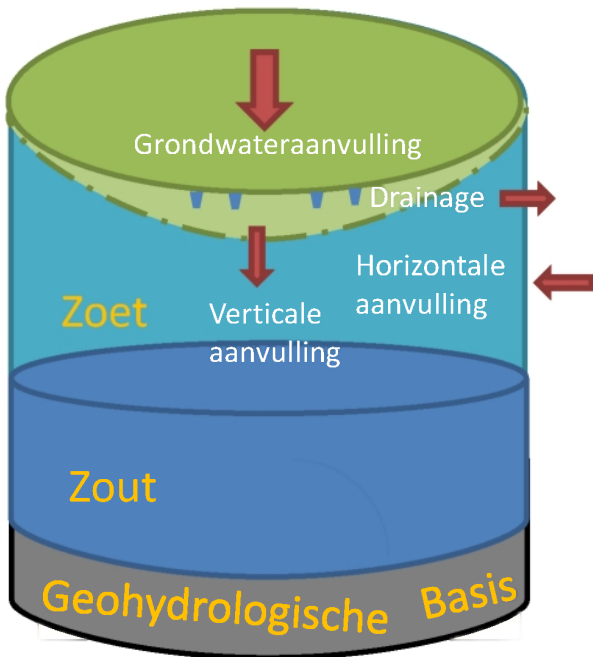
De afname in drainage is onderverdeeld en gearceerd voor de grondwatergevoede beken die als belangrijk voor deze studie zijn aangemerkt. Alleen de deelgebieden Centrale Slenk, Kempisch Plateau en West-Brabant bevatten deze grondwatergevoede beken (zie voor verdere toelichting het Methodiek rapport).

In de onderste helft van de samenvattende figuur worden de gemiddelde veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogte in cm weergegeven. De veranderingen worden gemiddeld over het deelgebied. Voor de stijghoogte wordt de berekende stijghoogte van modellaag 10 gekozen, het tweede watervoerende pakket, de Peize-Waalre Formatie (zie verder het Methodiek rapport). De verandering in stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (modellaag 4) zijn redelijk vergelijkbaar met de veranderingen in grondwaterstand en worden daarom niet apart weergegeven. De veranderingen in waterbalanseffecten in het bovenste deel van de figuur zijn een maat hoe gevoelig het deelgebied is voor verandering van grondwateraanvulling en onttrekkingen.



Figuur 1-4 Toelichting op de samenvattende figuren

2 De huidige waterbalans



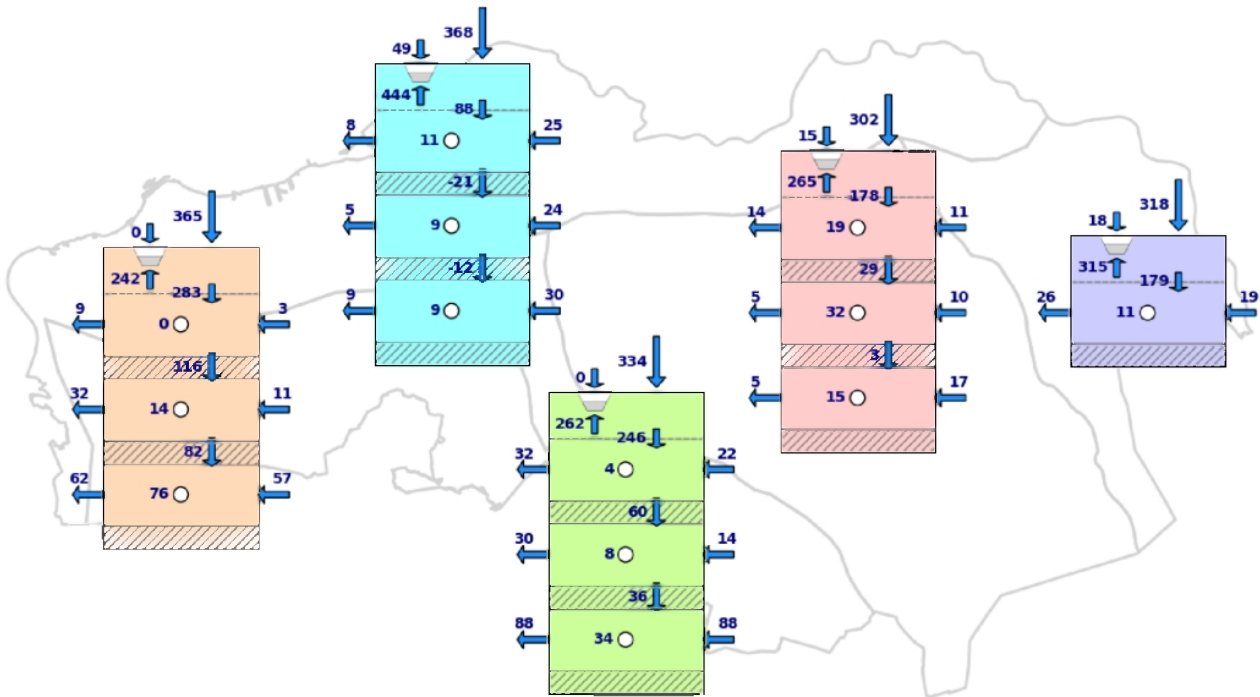
In het inventarisatierapport is een uitgebreide beschrijving opgenomen van de werking van het Brabantse grondwatersysteem. In hoofdstuk 2 van dat rapport is beschreven waar het grondwater infiltreert, hoe het grondwater door de ondergrond stroomt en waar het weer aan de oppervlakte komt en wordt afgevoerd door het oppervlaktewater. In dit hoofdstuk wordt de waterbalans beschreven voor de huidige situatie met de huidige onttrekkingen (situatie 2015/2016) en het huidige klimaat (situatie 2000-2009). De gepresenteerde getallen zijn berekend met het Brabant model. De beschrijving wordt stapsgewijs gedaan via de grondwateraanvulling (paragraaf 2.1), de drainage door het oppervlaktewater (paragraaf 2.2), de horizontale voeding van het grondwater (paragraaf 2.3) en de verticale voeding van het diepe grondwater (paragraaf 2.4).

Figuur 2-1 Schematische waterbalans

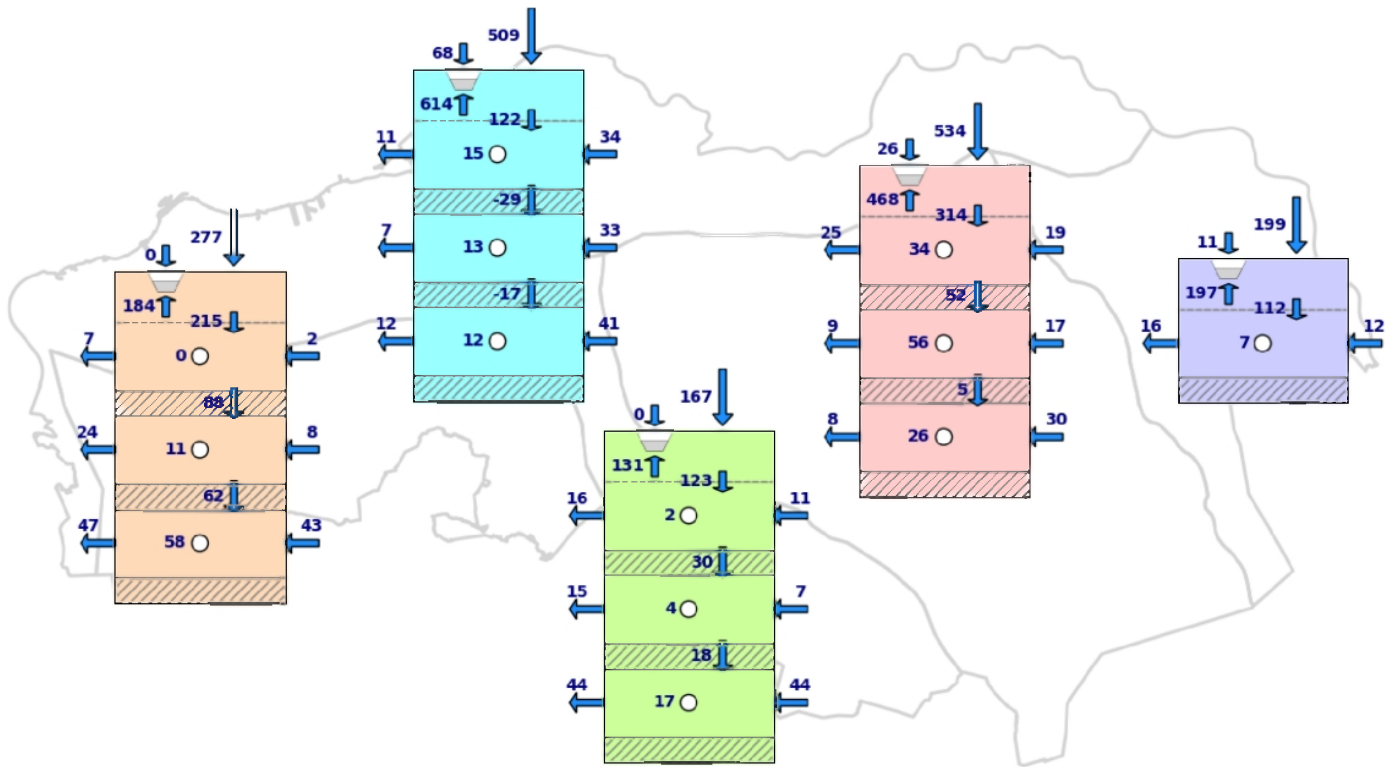
De waterbalans is opgesteld voor vijf deelgebieden onderverdeeld in drie watervoerende pakketten (zie voor toelichting op deze indeling het Methodiek rapport van deze studie). De balansen zijn per definitie sluitend. Het extra onttrekken van grondwater zal worden gecompenseerd door andere balanstermen.

2.1 Totale waterbalans

De waterbalansen zijn gepresenteerd in hoeveelheden mm per jaar (Figuur 2-2) en in miljoen m³/jaar (Figuur 2-3). Beide methodes hebben voor- en nadelen. Presentatie in mm/jaar maakt een vergelijking tussen deelgebieden mogelijk, omdat de hoeveelheden onafhankelijk zijn van de grootte van het deelgebied. De presentatie in miljoen m³/jaar sluit aan bij het bestaande beeld over de hoeveelheid water die wordt onttrokken.



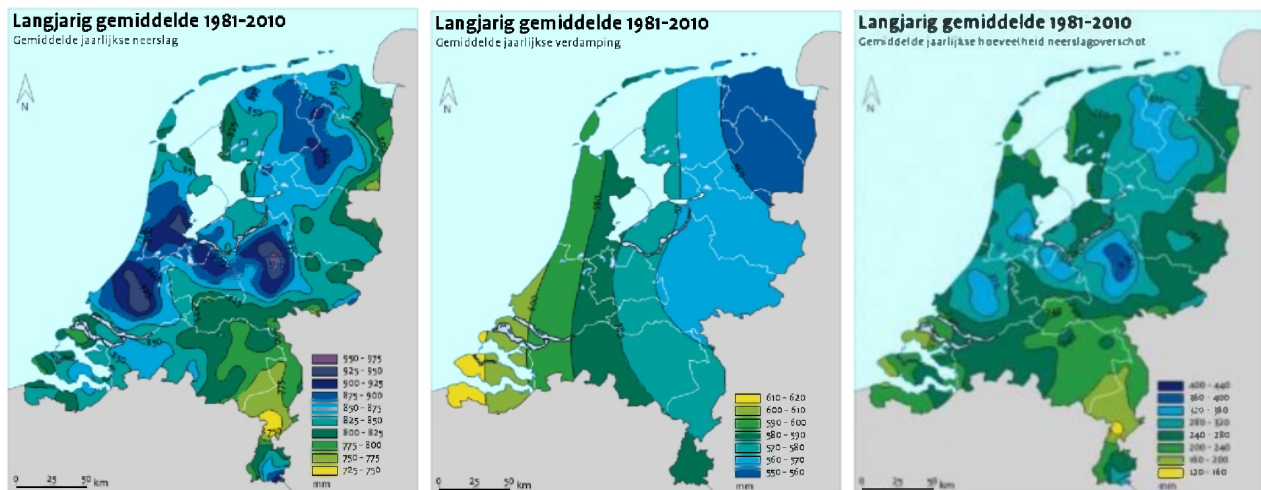
Figuur 2-2 Huidige waterbalans [mm/jaar]



Figuur 2-3 Huidige waterbalans [miljoen m³/jaar]

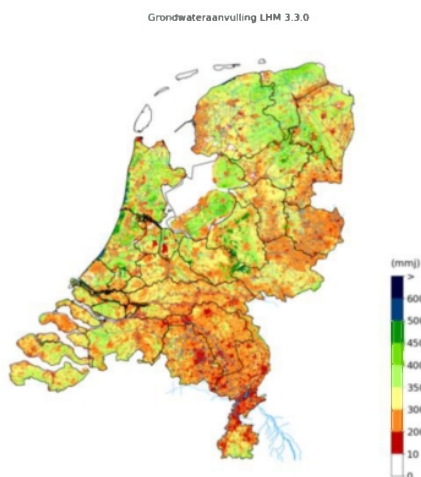
2.2 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling is gedefinieerd als: “de netto aanvulling van het grondwater ten gevolge van enerzijds percolatie van netto neerslag en anderzijds verlies uit het grondwater door capillaire opstijging”. Grondwateraanvulling is dus de waterflux van de onverzadigde zone naar de verzadigde zone. De grondwateraanvulling is gemiddeld ongeveer 330 mm per jaar. De grondwateraanvulling verschilt per deelgebied omdat neerslag en verdamping ruimtelijk verschillen (Figuur 2-4).



Figuur 2-4 Langjarige gemiddelde neerslag (links), potentiële verdamping (midden) en neerslagoverschot (rechts) in de periode 1981-2010. Bron: klimaatatlas KNMI

In oostelijke richting valt er minder neerslag in Noord-Brabant; het verschil tussen West-Brabant (850 mm/jaar) en Oost-Brabant (750 mm/jaar) bedraagt ongeveer 100 mm/jaar. De verdamping neemt ook in oostelijke richting af, maar het verschil tussen west en oost is ongeveer 20 mm/jaar. Daarom is het neerslagoverschot in Oost-Brabant kleiner dan in West-Brabant. Oost-Brabant hoort bij de meest droge gebieden van Nederland. De grondwateraanvulling wordt bepaald door het neerslagoverschot, maar ook door de actuele verdamping. Deze verschilt per type gewas en de diepte van de grondwaterstand.



De grondwateraanvulling wordt bepaald door de waterbalans in de onverzadigde zone. Het water in de grond dat niet verdampt of direct oppervlakkig wordt afgevoerd is de grondwateraanvulling. Dit water zal binnen een dag tot honderden jaren in het grondwatersysteem blijven. Korte of lange reistijden maakt geen verschil, al het toegevoegde water aan het grondwater is grondwateraanvulling.

De grondwateraanvulling in Noord-Brabant is relatief laag ten opzichte van andere regio's in Nederland (Figuur 2-5).

Figuur 2-5 Berekende grondwateraanvulling met het Landelijk Hydrologisch Model

2.3 Drainage en infiltratie door oppervlaktewater

In het ondiepe (freatische) pakket wordt het merendeel van het neerslagoverschot via greppels, drains, slootjes en beken afgevoerd voordat dit water een grotere diepte kan bereiken. Deze “afstripping” (afvoer door topsysteem) vindt meer plaats in gebieden met een hoge grondwaterstand, waar vaak een gedetailleerd ontwateringsstelsel aanwezig is. In (infiltratie) gebieden met een lagere grondwaterstand zonder ontwateringsstelsel kan het water naar de diepte infiltreren. De weerstand van de (klei)lagen speelt een belangrijk rol: hoe makkelijk kan het grondwater deze lagen passeren?

Tussen de 70 en 100% van het water wat aan maaiveld infiltreert, stroomt via een het ondiepe grondwatersysteem naar een afvoersysteem zoals waterloop of drain waar het water wordt afgevoerd. Er is dus een sterke relatie tussen grondwater en oppervlaktewater. Door een andere inrichting van het gebied is deze snelle afvoercomponent groter geworden. Gemiddeld infiltreert het water in de infiltratiegebieden van Noord-Brabant en kwelt op in de lager gelegen gebieden zoals het deelgebied Peilgestuurd. Hier wordt meer water gedraineerd (444 mm/jr) dan er bijkomt door grondwateraanvulling (368 mm/jr). Dit komt omdat er oppervlaktewater wordt aangevoerd in het gebied wat kan infiltreren (49 mm/jr). Bovendien is er sprake van aanvulling van het eerste watervoerende pakket (21 mm/jr) vanuit het tweede watervoerende pakket.

In totaal wordt 1594 miljoen m³/jaar grondwater gedraineerd door het oppervlaktewater. Dit is de optelsom van alle sloten, beken en rivieren zoals de Maas. 105 miljoen m³/jaar oppervlaktewater infiltreert naar het grondwater. Dit gebeurt in de wateraanvoergebieden in het Peilgestuurde gebied, de Centrale Slenk en de Peelhorst.

2.4 Horizontale voeding van de watervoerende pakketten

De watervoerende pakketten worden horizontaal gevoed met grondwater door toestromend grondwater uit de omgeving. De deelgebieden West-Brabant, het Kempisch Plateau en de Centrale Slenk krijgen elk ongeveer 60 miljoen m³ grondwater per jaar, waarbij het grootste gedeelte instroomt vanuit het zuiden (België en Limburg) in het derde watervoerende pakket. Het peilgestuurde gebied krijgt het grootste gedeelte (108 miljoen m³/jaar) van het horizontaal aangevoerde water weer horizontaal doorgevoerd, ongeveer gelijk verdeeld over de drie watervoerende pakketten.

Tabel 2-1 Horizontale voeding voor de drie watervoerende pakketten

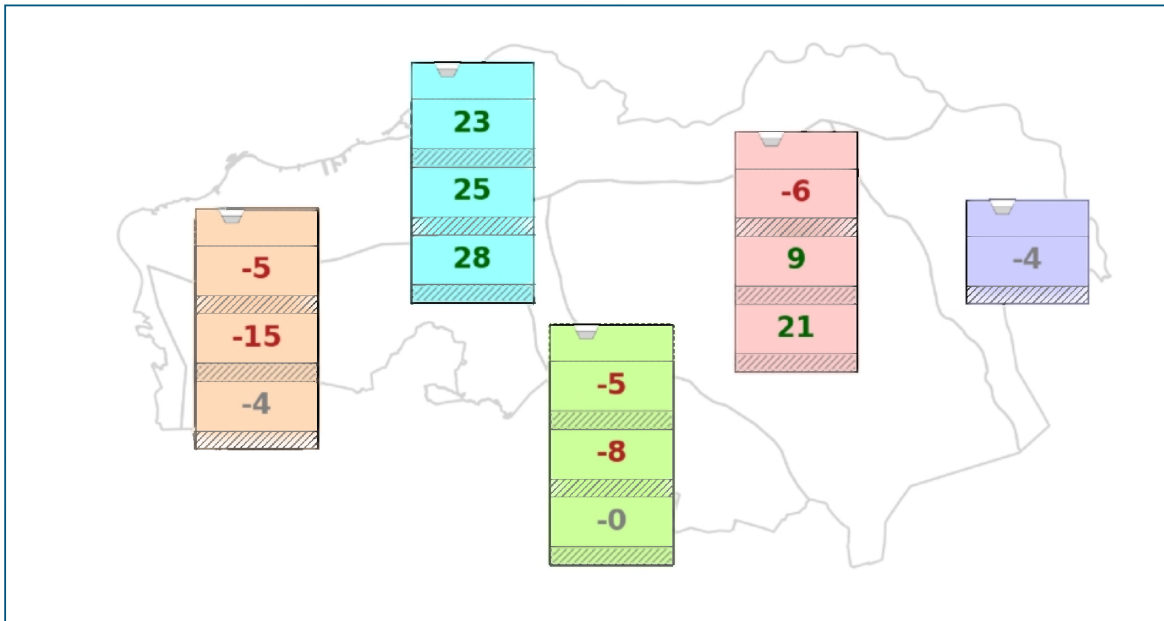
| Gebied | Horizontale toestroming (M m ³ /jr) | Voedingsgebied | Watervoerend pakket dat meeste voeding krijgt |
|------------------|--|--------------------------|---|
| West Brabant | 53 | België | WVP 3 |
| Peilgestuurd | 108 | Zuidelijk deel provincie | Gelijk verdeeld |
| Kempisch Plateau | 62 | België en Centrale Slenk | WVP 3 |
| Centrale Slenk | 66 | Limburg en België | WVP 3 |
| Peelhorst | 12 | Geen / beperkt | WVP 1 |
| TOTAAL | 301 | | |

Door het onttrekken van grondwater wordt extra horizontaal water aangetrokken vanuit België en Limburg. Dit speelt vooral in West-Brabant (ongeveer 10 miljoen m³/jaar extra) en de Centrale Slenk (ongeveer 15 miljoen m³/jaar extra), waarbij het meeste extra water horizontaal binnen stroomt in het derde watervoerende pakket. De hoeveelheden water waarbij geen water wordt onttrokken zijn uitgerekend in scenario 10.

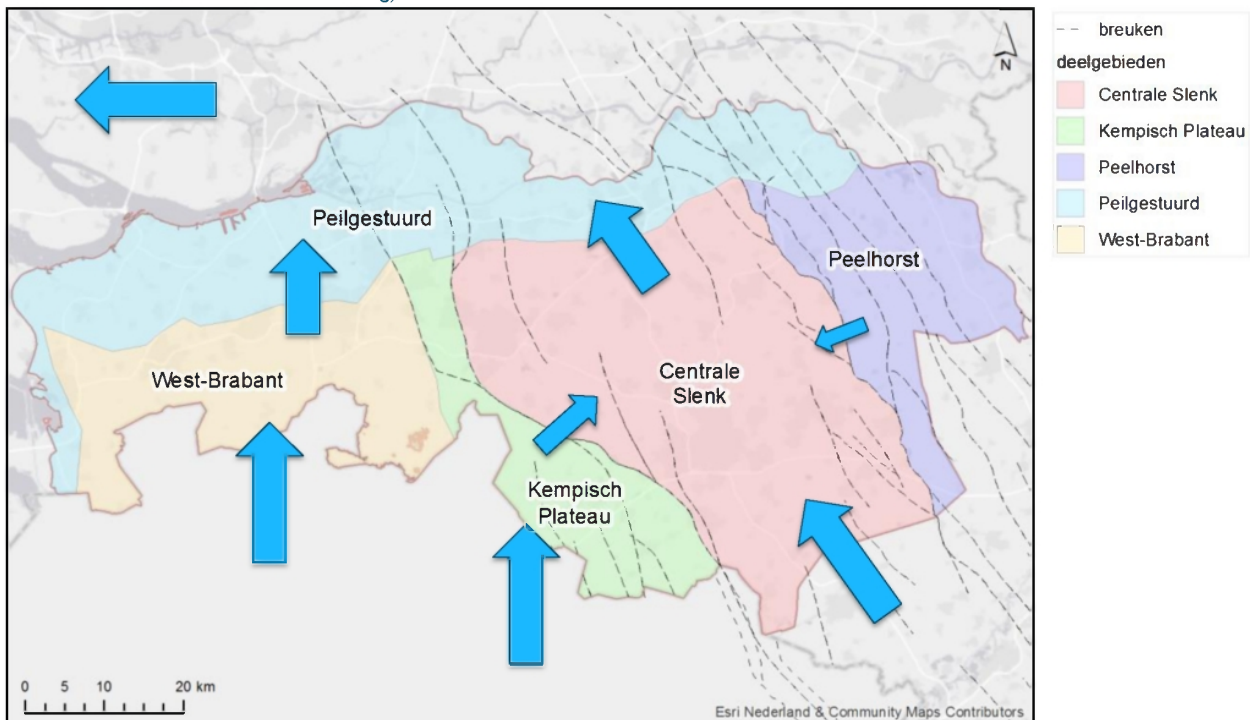
Tabel 2-2 Horizontale waterbalans (in miljoen m³/jaar) voor alle watervoerende pakketten

| Gebied | Horizontale toestroming (M m ³ /jr) | Horizontale uitstroming (M m ³ /jr) | Netto toestroming (M m ³ /jr) |
|------------------|---|---|---|
| West Brabant | 53 | 78 | -25 |
| Peilgestuurd | 108 | 30 | 78 |
| Kempisch Plateau | 62 | 75 | -13 |
| Centrale Slenk | 66 | 42 | 24 |
| Peelhorst | 12 | 16 | -4 |
| TOTAAL | 301 | 241 | 60 |

Netto stroomt er 60 miljoen m³ grondwater meer grondwater Noord-Brabant in, dan er weer uitstroomt (Tabel 2-2). Figuur 2-6 geeft een uitsplitsing van de netto horizontale stroming verdeeld naar watervoerend pakket. De Centrale Slenk ontvangt netto horizontaal grondwater in de twee onderste watervoerende pakketten, maar verliest grondwater in het bovenste watervoerende pakket. Figuur 2-7 geeft schematisch weer hoe het grondwater wordt uitgewisseld tussen de deelgebieden.



Figuur 2-6 Netto horizontale aanvulling per watervoerend pakket in miljoen m³/jaar (Groen is netto meer instroming dan uitstroming; rood is netto meer uitstroming)



Figuur 2-7 Richting van de horizontale grondwaterstroming tussen de deelgebieden

2.5 Verticale voeding van de watervoerende pakketten

De voeding van het grondwatersysteem vindt vooral van boven (verticaal) plaats. De netto horizontale in- of uitstroming per deelgebied is beperkt in vergelijking met de verticale voeding.

Tabel 2-3 **Error! Reference source not found.** presenteert per deelgebied de grondwateraanvulling, de afvoer door het topsysteem en het verschil tussen deze twee posten: de voeding van het eerste watervoerende pakket.

Tabel 2-3 Grondwateraanvulling, afvoer en flux naar 1^e WVP voor de verschillende deelgebieden voor een gemiddeld huidig jaar

| Gebied | Grondwater aanvulling (miljoen m ³ / jaar) | Afvoer door topstelsysteem (miljoen m ³ / jaar) | Flux naar 1 ^e WVP (miljoen m ³ / jaar) | Percentage aanvulling richting 1 ^e WVP (%) |
|------------------|---|--|---|---|
| West Brabant | 277 | 184 | 93 | 34% |
| Peilgestuurd | 509 | 514 | -37 | -7% |
| Kempisch Plateau | 167 | 131 | 36 | 22% |
| Centrale Slenk | 534 | 468 | 92 | 17% |
| Peelhorst | 199 | 197 | 13 | 7% |
| Totaal | 1686 | 1594 | 197 | 12% |

Het peilgestuurde gebied fungeert als kwelgebied, waar het grondwater omhoog stroomt vanuit de diepere watervoerende pakketten. Daarom wordt er meer water afgevoerd door het oppervlaktewater dan er grondwateraanvulling is. Dit is ook logisch omdat dit een regionaal kwelgebied is. Als dit grondwater niet onttrokken wordt, zal het gedraineerd worden door de polders en grote rivieren. De andere vier deelgebieden zijn infiltratiegebieden. Naast het peilgestuurde gebied wordt alleen uit het derde watervoerende pakket van de Slenk meer water onttrokken dan er aangevuld wordt. Het tekort aan water wordt horizontaal aangetrokken. Het derde watervoerende pakket van het Kempisch Plateau en West-Brabant is ongeveer in evenwicht wat betreft verticale voeding en onttrekking. In het deelgebied West-Brabant wordt het relatief grootste gedeelte van de grondwateraanvulling (34%) weer aangevuld in het eerste watervoerende pakket. Voor de andere deelgebieden is dit percentage kleiner.

2.6 Onttrekking van grondwater

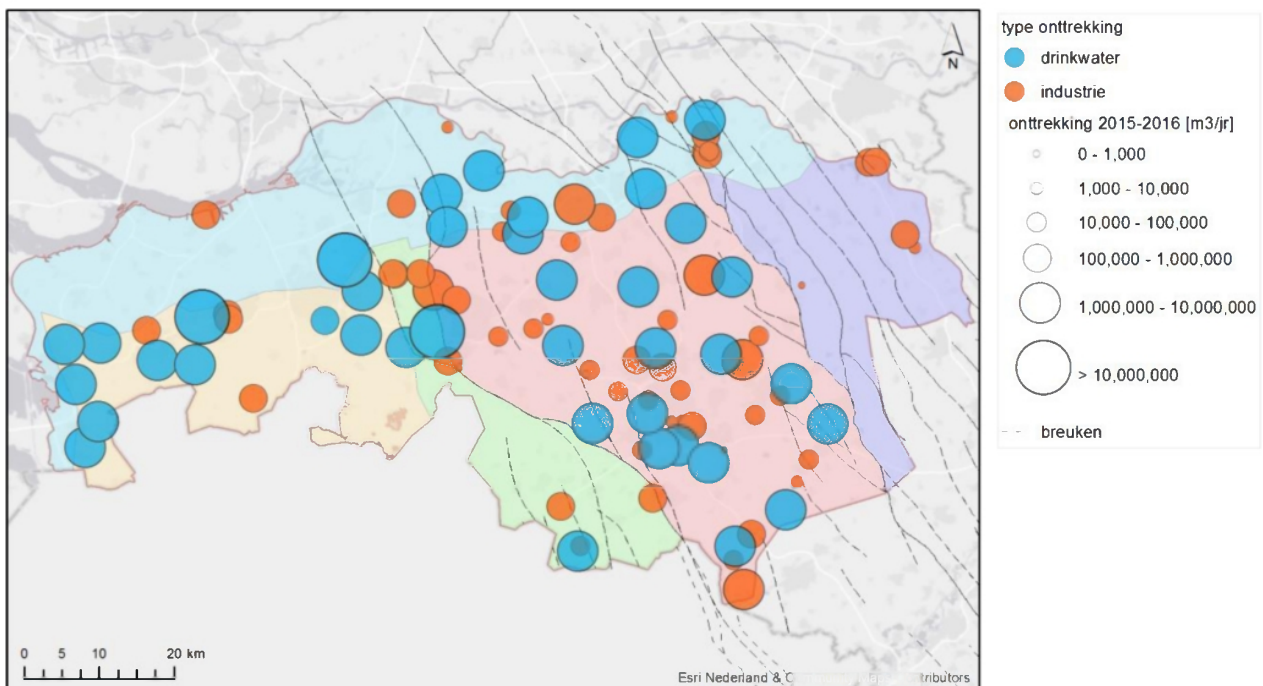
De onttrekking van grondwater in de huidige situatie worden besproken in het volgende hoofdstuk.

3 Watervraag: de onttrekkingen

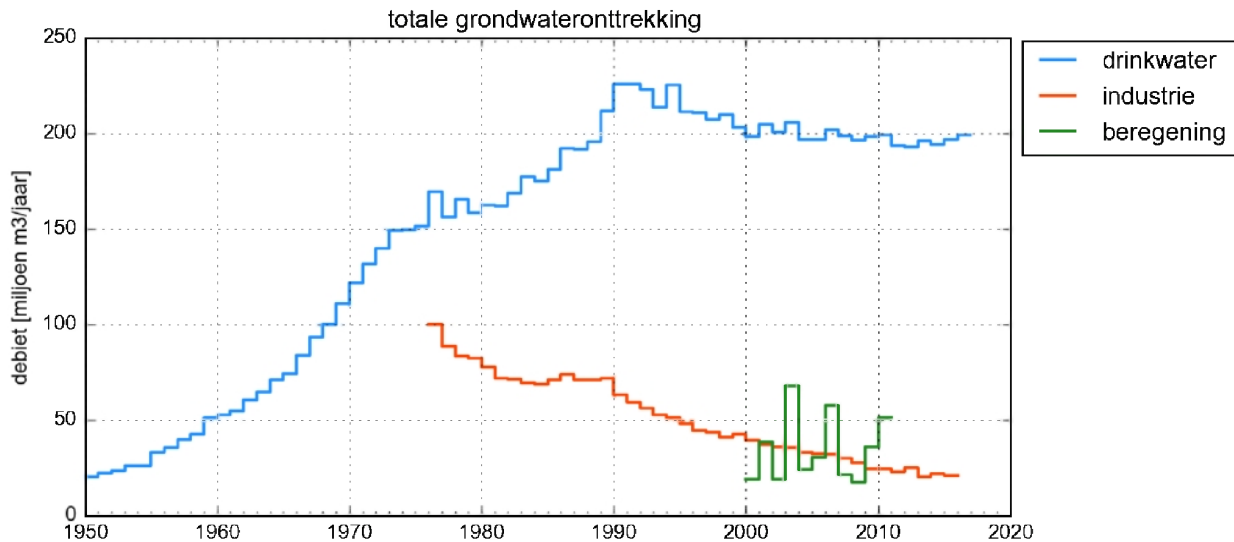
Dit hoofdstuk presenteert de huidige onttrekkingen op basis van geregistreeerde hoeveelheden. Daarnaast wordt de verwachting voor de toekomst gepresenteerd. Dit is gebaseerd op literatuuranalyse. Voor de schatting van de toekomstige berekening is gebruik gemaakt van berekeningen van klimaatscenario's met het grondwatermodel.

3.1 Geregistreeerde onttrekkingen

In het inventarisatierapport is een uitgebreid overzicht gegeven van de hoeveelheden grondwater die worden onttrokken door de verschillende sectoren. Figuur 3-1 en Figuur 3-2 geven een samenvattend overzicht van de onttrekkingen.



Figuur 3-1 Gemiddeld (situatie 2015/2016) jaarlijks onttrokken hoeveelheid grondwater voor drinkwater en industrie (Bron data: waterschappen en provincie Noord-Brabant).



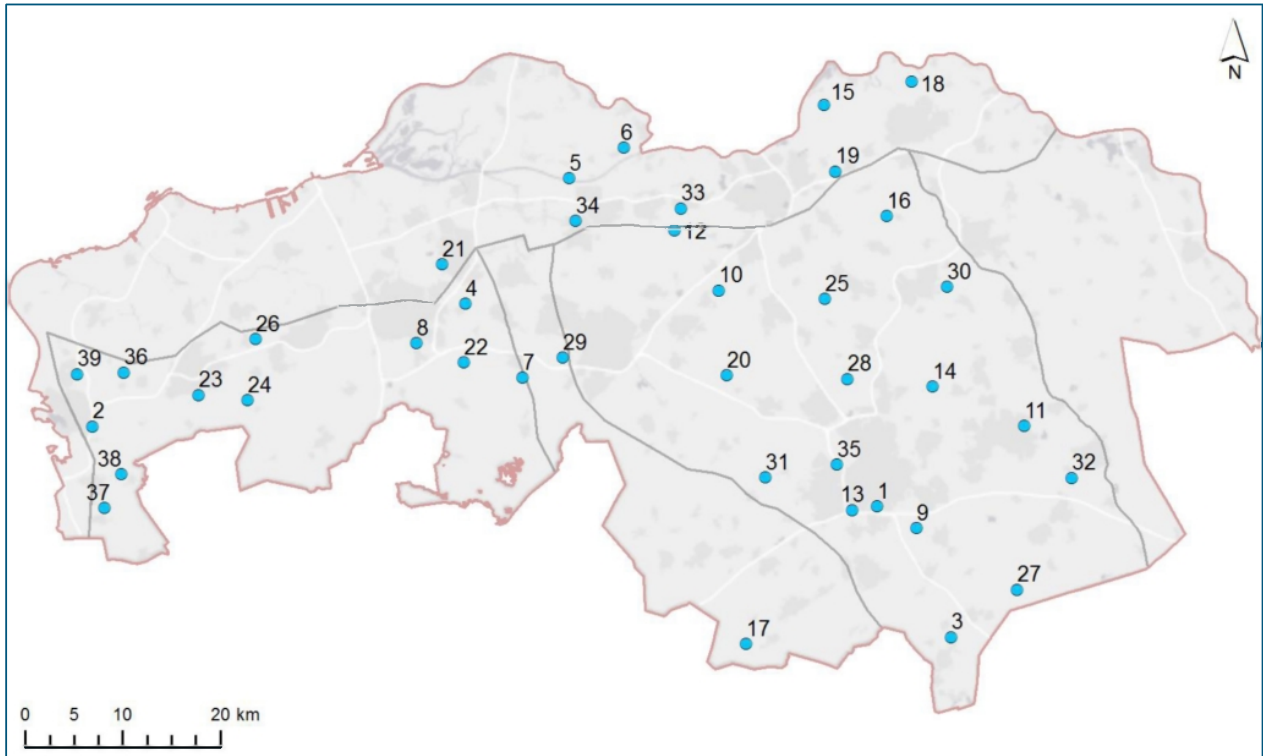
Figuur 3-2 Jaarlijkse geregistreerde hoeveelheid onttrokken grondwater ten behoeve van drinkwater, industrie en beregening (Bron data: waterschappen en provincie Noord-Brabant).

De onttrekkingen voor drinkwater, industrie en beregening zijn geregistreerde hoeveelheden door de ontbrekkers. De hoeveelheden zijn geregistreerd als maand- of jaartotalen per ontbrekker. De exacte locatie en diepte van de onttrekkingen en de variatie in de tijd is niet altijd goed bekend. De gemiddelde hoeveelheden zijn als volgt:

- De onttrekking ten behoeve van drinkwater (Brabant Water en Evides) is 199 miljoen m³/jaar
- De onttrekking door de industrie is 21,5 miljoen m³/jaar
- De onttrekking voor beregening bedraagt gemiddeld 35,6 miljoen m³/jaar. De hoeveelheid beregening verschilt sterk per jaar.

Onttrekking voor drinkwater

In totaal zijn er 39 drinkwateronttrekkingen in Noord-Brabant. De drie laatst genoemde winningen in Tabel 3-1 zijn van Evides. De andere 36 winningen zijn winningen van Brabant Water. Het gebruikte nummer in de tabel van de winningen is vermeld in Figuur 3-1.

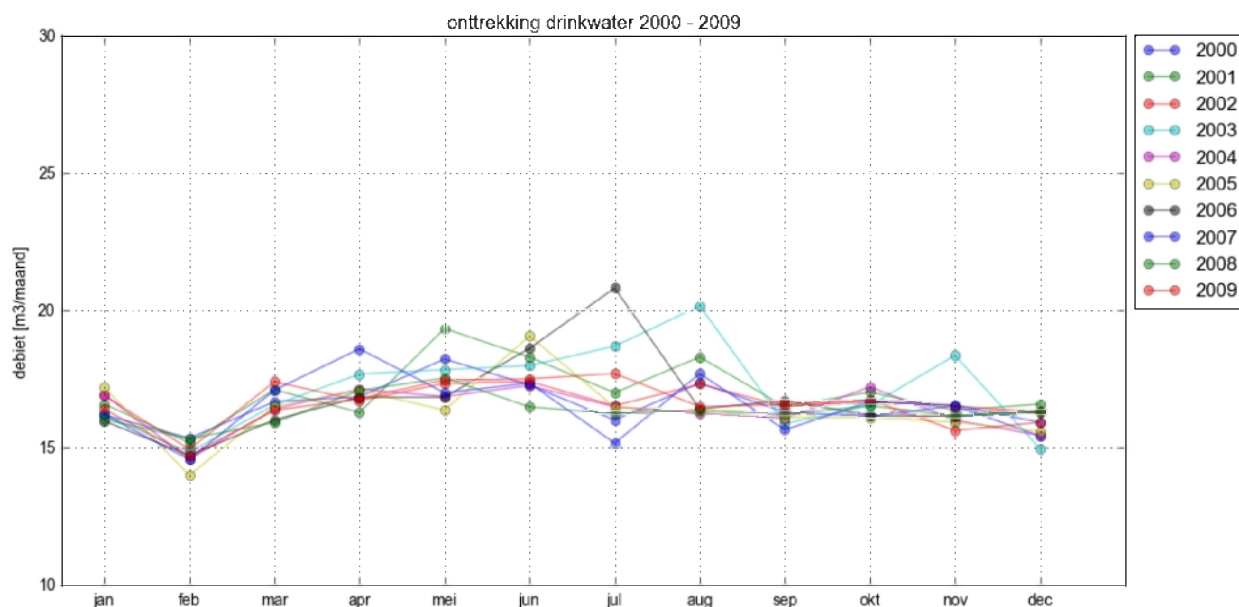


Figuur 3-3 Locaties van de drinkwaterwinningen zoals vermeld in Tabel 3-1

Tabel 3-1 Geregisteerde (2015 en 2016) en vergunde debieten voor de drinkwateronttrekkingen

| Nr op | Naam drinkwaterwinning | deelgebied | Onttrekkingsdebiet (miljoen m ³ /jaar) | | |
|-------|------------------------|------------------|---|-----------|---------|
| | | | 2015 | 2016 | Vergund |
| 1 | Aalsterweg | Centrale Slenk | 8.0 | 7.4 | 14.3 |
| 2 | Bergen op Zoom | West-Brabant | 4.9 | 5.0 | 5.0 |
| 3 | Budel | Centrale Slenk | 3.0 | 2.6 | 3.0 |
| 4 | Dorst | West-Brabant | 8.4 | 8.9 | 10.5 |
| 5 | Drongelen | Peilgestuurd | 2.1 | 1.9 | 3.0 |
| 6 | Genderen | Peilgestuurd | 3.6 | 3.5 | 5.0 |
| 7 | Gilze | West-Brabant | 1.8 | 2.1 | 2.0 |
| 8 | Ginneken | West-Brabant | 0.2 | 0.1 | 0.4 |
| 9 | Groote Heide | Centrale Slenk | 7.6 | 8.4 | 10.0 |
| 10 | Haaren | Centrale Slenk | 6.7 | 7.8 | 8.0 |
| 11 | Helmond | Centrale Slenk | 7.9 | 8.5 | 9.0 |
| 12 | Helvoirt | Centrale Slenk | 1.5 | 1.8 | 2.0 |
| 13 | Klotputten | Centrale Slenk | 1.7 | 1.8 | 4.2 |
| 14 | Lieshout | Centrale Slenk | 2.8 | 4.1 | 6.0 |
| 15 | Lith | Peilgestuurd | 2.5 | 1.4 | 4.0 |
| 16 | Loosbroek | Centrale Slenk | 7.8 | 9.2 | 10.5 |
| 17 | Luyksgestel | Kempisch Plateau | 1.9 | 1.8 | 2.0 |
| 18 | Macharen | Peilgestuurd | 1.7 | 1.6 | 3.7 |
| 19 | Nuland | Peilgestuurd | 8.1 | 7.7 | 10.0 |
| 20 | Oirschot | Centrale Slenk | 3.0 | 2.1 | 3.0 |
| 21 | Oosterhout | Peilgestuurd | 11.7 | 11.6 | 15.0 |
| 22 | Prinsenbosch | West-Brabant | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| 23 | Roosendaal | West-Brabant | 2.7 | 2.9 | 4.0 |
| 24 | Schijf | West-Brabant | 6.9 | 7.0 | 7.0 |
| 25 | Schijndel | Centrale Slenk | 7.4 | 7.5 | 8.0 |
| 26 | Seppe | West-Brabant | 13.5 | 12.4 | 15.0 |
| 27 | Somerem | Centrale Slenk | 2.3 | 2.8 | 4.0 |
| 28 | Son | Centrale Slenk | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| 29 | Tilburg | Kempisch Plateau | 14.5 | 14.7 | 18.0 |
| 30 | Veghel | Centrale Slenk | 8.7 | 8.7 | 12.0 |
| 31 | Vessem | Centrale Slenk | 4.0 | 4.5 | 6.5 |
| 32 | Vlierden | Centrale Slenk | 3.2 | 3.2 | 4.5 |
| 33 | Vlijmen | Peilgestuurd | 1.5 | 1.4 | 2.0 |
| 34 | Waalwijk | Peilgestuurd | 1.1 | 1.0 | 3.0 |
| 35 | Welschap | Centrale Slenk | 4.8 | 4.1 | 5.0 |
| 36 | Wouw | West-Brabant | 3.1 | 3.7 | 4.0 |
| 37 | Ossendrecht | West-Brabant | 4.1 | ontbreekt | 6.0 |
| 38 | Huijbergen | West-Brabant | 6.5 | ontbreekt | 10.0 |
| 39 | Halsteren | West-Brabant | 2.3 | ontbreekt | 2.5 |

De hoeveelheid onttrekking voor de drinkwatervoorziening verschilt per jaar per maand. Gemiddeld wordt meer water in de zomer onttrokken dan in de winter. De spreiding in hoeveelheid onttrekking is het grootst voor de maand juli met uitschieters naar boven en beneden (Figuur 3-4).

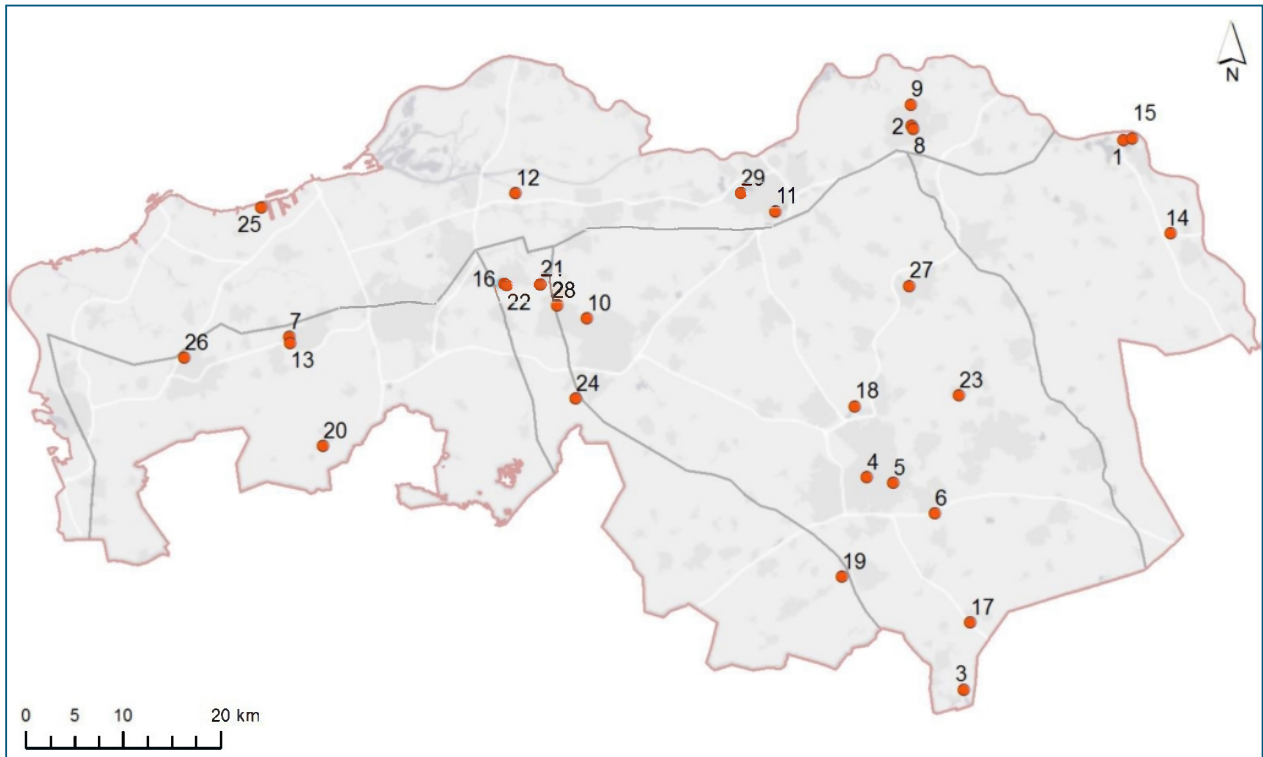


Figuur 3-4 Maandelijks geregistreeerde hoeveelheid onttrokken grondwater door Brabant Water (Bron data: Brabant Water)

De trend in drinkwateronttrekking is afhankelijk van de mate van economische groei. Voor Noord-Brabant wordt uitgegaan van 14% meer drinkwatergebruik in 2050 bij een sterk groeiende economie. In geval van lage economische groei kan het drinkwatergebruik in 2050 dalen met 11 %. Het maximumscenario (Global Economy) voorziet op landelijke schaal een toename van de drinkwatervraag van 30 procent ten opzichte van de huidige situatie (RIVM, 2015). Meer achtergronden worden gepresenteerd in het inventarisatierapport.

Industrie

In totaal zijn er 29 onttrekkingen in Noord-Brabant groter dan 100.000 m³/jaar (situatie 2015/2016) bestemd voor industrie, een geohydrologisch beheerssysteem (Nyrstar en Shell Moerdijk) of om infrastructuur voldoende droog te houden. Het gebruikte nummer in de tabel van de winningen is vermeld in Figuur 3-1.



Figuur 3-5 Locaties van de industriële winningen zoals vermeld in Tabel 3-2

Tabel 3-2 *Geregistreeerde (gemiddelde 2015 en 2016) debieten onttrekkingen voor industrie en infrastructuur*

| Nr | Naam drinkwaterwinning | deelgebied | Onttrekkingsdebiet gemiddelde 2015 / 2016 (miljoen m ³ /jaar) |
|----|--------------------------------------|------------------|--|
| 1 | Marque Champignons | Peelhorst | 0.1 |
| 2 | Stichting Vergunning Moleneind | Peilgestuurd | 0.3 |
| 3 | Budelco / Nyrstar | Centrale Slenk | 2.9 |
| 4 | Van de Ven en co Handelsmaatschappij | Centrale Slenk | 0.1 |
| 5 | Campina | Centrale Slenk | 0.1 |
| 6 | Dienstkring Autosnelwegen Eindhoven | Centrale Slenk | 0.2 |
| 7 | Saint-Gobain Construction Products | West-Brabant | 0.2 |
| 8 | Aspen | Peilgestuurd | 0.2 |
| 9 | MSD | Peilgestuurd | 0.2 |
| 10 | International Flavors En Fragrances | Centrale Slenk | 0.2 |
| 11 | Campina | Peilgestuurd | 0.2 |
| 12 | Maasoever Cold Store | Peilgestuurd | 0.2 |
| 13 | Hydro Business | West-Brabant | 0.3 |
| 14 | Campina | Peelhorst | 0.3 |
| 15 | Aviko | Peelhorst | 0.3 |
| 16 | ECCO Tannery | Kempisch Plateau | 0.3 |
| 17 | Refresco | Centrale Slenk | 0.4 |
| 18 | Rendac | Centrale Slenk | 0.4 |
| 19 | InBev | Kempisch Plateau | 0.4 |
| 20 | Ardo | West-Brabant | 0.5 |
| 21 | Coca-Cola Enterprises | Kempisch Plateau | 0.5 |
| 22 | Trobas Gelatine | Kempisch Plateau | 0.5 |
| 23 | Bavaria | Centrale Slenk | 2.9 |
| 24 | Van Besouw Kunststoffen | Kempisch Plateau | 0.7 |
| 25 | Shell Chemie | Peilgestuurd | 0.8 |
| 26 | Sensus | West-Brabant | 0.8 |
| 27 | Campina | Centrale Slenk | 1.1 |
| 28 | Fujifilm Manufacturing Europe | Centrale Slenk | 1.5 |
| 29 | Heineken | Peilgestuurd | 3.8 |

De trend in onttrekking voor de industrie is afhankelijk van de mate van economische groei. In berekeningen met het Nationaal Watermodel wordt rekening gehouden met een grote spreiding (40%/+60%) in totaal watergebruik door de industrie (Deltares, 2016).

De verwachting van de Brabantse Vereniging Industriewater (VIW, 2016) is dat de daling van de industriële onttrekkingen afvlakt, ondanks dat de Brabantse industrie groeit. De ontwikkeling van totale industriële grondwaterbehoefte vindt voor de middellange termijn naar verwachting plaats binnen de bandbreedte van +/- 5%. De industrie is gebonden aan de maximale vergunningseisen, maar heeft eventueel de mogelijkheid om water in te kopen bij de waterbedrijven.

Berekening

De beregeningshoeveelheden worden geregistreerd door de waterschappen. Er is dus een redelijk goed beeld over de huidige onttrekkingen uit grondwater ten behoeve van beregening. Echter er zijn onzekerheden in de beregeningshoeveelheden omdat de registratie waarschijnlijk niet volledig is. De onzekerheid zit in de onttrokken hoeveelheden maar ook in de locaties waar beregend kan worden. Gemiddeld is de hoeveelheid beregening uit het grondwater circa 36 miljoen m³/jaar. Dit blijkt zowel uit de modelberekeningen als de registratie. Het Methodiek Rapport gaat nader in op de vergelijking van de metingen en berekeningen van beregening.

Door de volgende oorzaken zal de hoeveelheid landbouwberegening kunnen toenemen:

1. Vaker beregenen door grotere neerslagtekorten

Door toename van de neerslagtekorten als gevolg van klimaatverandering zal vaker en eerder worden beregend. Dit zal vooral in de droge klimaatscenario's een grote rol spelen. In is de beregening weergegeven voor de huidige situatie, het klimaatscenario G_L en het klimaatscenario W_H . G_L geeft een kleine verhoging van de watervraag en in het W_H scenario is een toename met een factor 2 mogelijk.

2. Wijziging van het moment van de beregeningsvraag

Door klimaatverandering kan verandering van de gewasgroei optreden, waardoor ook het moment van de watervraag voor beregening kan wijzigen. Wanneer het groeiseizoen eerder start, zal ook het moment van beregening eerder optreden. Daarnaast worden juist de zomers droger waardoor de toename van de beregeningsvraag niet over de gehele periode gelijk is. Dit is zichtbaar in Figuur 3-7 waar de beregening per maand is weergegeven voor de huidige situatie en de klimaatscenario's G_L en W_H . De piek in watervraag verplaatst zich naar later in de zomerperiode in het W_H scenario.

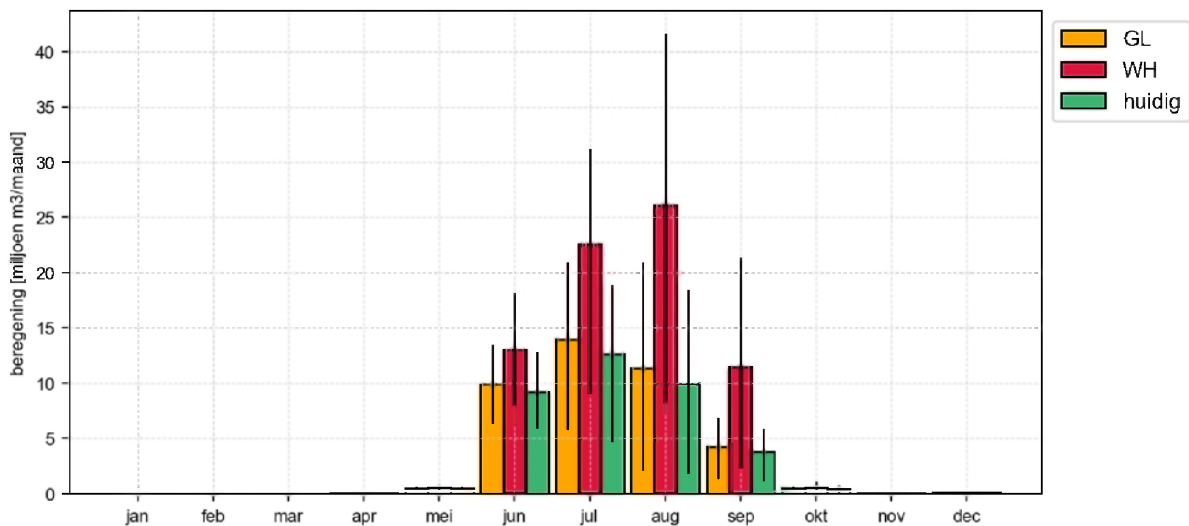
3. Uitbreiding van het beregend areaal.

De verwachting is dat het landbouwareaal de komende jaren af gaat nemen. Echter door uitbreiding van de intensieve teelten en de kapitaal intensieve teelten zal beregening een steeds belangrijker onderdeel worden van de bedrijfsvoering. De toename van het potentieel beregend areaal is onzeker, maar schattingen kunnen oplopen tot een verdubbeling van het areaal. Voor de periode 2013-2016 is voor de provincie Brabant een toename van het potentieel areaal gemeten van circa xx %.

Aan de andere kant zal door nieuwe beregeningstechnieken zoals druppelirrigatie efficiënter worden beregend. Hierdoor is er minder water nodig. Maar netto zal de watervraag voor beregening waarschijnlijk omhoog gaan. De modelberekeningen laten een toename in beregening zien van een factor twee voor het droge klimaatscenario (W_H). Voor het natte scenario (G_L) wordt weinig extra beregeningsvraag berekend.



Figuur 3-6 Beregning per jaar bij huidig klimaat en scenario's G_L en W_H (berekend met Brabant model)



Figuur 3-7 Gemiddelde beregning per maand, berekend met het Brabant model. De balkjes geven de mediaan aan over de periode van 2000 t/m 2009. De lijn geeft de range tussen de 10^e en 90^e percentielwaarde weer. De extra beregning augustus en september wordt mogelijk overschat, omdat sommige gewassen dan niet meer beregend worden.

In 2014 is er een Socio-economische analyse van de landbouwsector in Noord-Brabant uitgevoerd (Janssen, 2014). In die analyse wordt op basis van de huidige trends een toename van circa 10% voorzien in beregning in 2025. Hierbij wordt vooral rekening gehouden met extra beregning voor kapitaal intensieve gewassen, en wordt het effect van klimaatverandering niet kwalitatief gemaakt. Een toename van de beregning van 100% in 2050 (komt overeen met circa 40% in 2025) lijkt hierom geen overschatting.

3.2 Niet geregistreerde onttrekkingen

Naast de geregistreerde onttrekkingen voor drinkwater, industrie en beregening, zijn er nog naar verwachting meer dan 16.000 kleine, niet geregistreerde, onttrekkingen. Dit zijn de onttrekkingen met een capaciteit van kleiner dan 10 m³/h waarvoor geen vergunning nodig is en die verspreid plaats vinden over de gehele provincie. Door Deltares (Noord-Brabant, 2010) is een schatting gemaakt van deze hoeveelheden:

- bedrijfswatervoorziening van veebedrijven: 20 miljoen m³ per jaar;
- beregening en tuinsproeien: 3 tot 12 miljoen m³ per jaar (nat tot droog jaar)
- huishoudelijk gebruik: 0,3 miljoen m³ per jaar

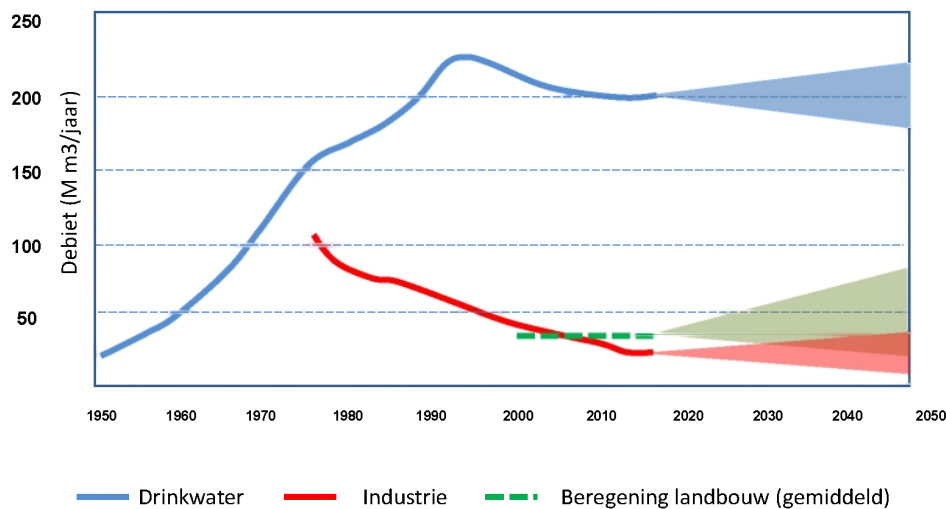
Het totaal gebruik komt uit op een totaal van circa 23 – 32 miljoen m³/jaar. Schattingen van de watersector (Brabant Water) komen op 28-50 miljoen m³/jaar. Het ontbreekt aan inzicht in de veranderingen in onttrekkingen door een gebrek in administratie.

De geschatte hoeveelheid aan kleine onttrekkingen is circa 10% van de totale hoeveelheid onttrokken grondwater. Dit geeft aan dat het hier gaat om een significante post op de waterbalans. Een belangrijk aandachtspunt bij deze onttrekkingen is dat verwacht wordt dat deze onttrekkingen voor een groot deel (ongeveer 75%) in de zomer plaatsvindt. De effecten op de grondwaterstanden zijn in een eerdere studie berekend, met de grootste effecten in West Brabant. Een figuur van de berekende effecten is opgenomen in het inventarisatierapport.

Naast de kleine onttrekkingen vinden er ook nog onttrekkingen plaats ten behoeve van Koude Warmte Opslag (KWO). Bij een KWO wordt evenveel onttrokken als geïnfiltrerd, waardoor het op de waterbalans van Brabant geen effect heeft. Lokaal kunnen deze onttrekkingen echter wel effect hebben op lokale grondwaterstanden en grondwaterstroming.

3.3 Samenvattend beeld

De totale hoeveelheid onttrokken hoeveelheid grondwater is de afgelopen 20 jaar gedaald in de provincie Noord-Brabant. De hoeveelheid beregning verschilt sterk per jaar. Voor zowel drinkwater, industrie als beregning kan de hoeveelheid onttrokken grondwater zowel stijgen als dalen. Stijging wordt vooral veroorzaakt door een hogere economische groei en bijbehorende productie. De grootste onzekerheid zit in de mogelijke groei van watergebruik door de landbouw voor beregning. Als gevolg van klimaatverandering kan de watervraag verdubbelen van ongeveer 35 miljoen m³/jaar tot meer dan 75 miljoen m³ per jaar. De maximaal verwachte stijging voor drinkwater (circa 20 miljoen m³ jaar) en industrie (maximaal 12 miljoen m³ per jaar) is minder groot. In geval van weinig klimaatverandering en lichte economische groei kan de watervraag ook voor alle sectoren afnemen.



Figuur 3-8 Samenvattend beeld van de jaarlijks geregistreeerde onttrekkingen van grondwater (in miljoen m³/jaar) en verwachte trends tot en met 2050

4 Veranderingen in grondwateraanvulling

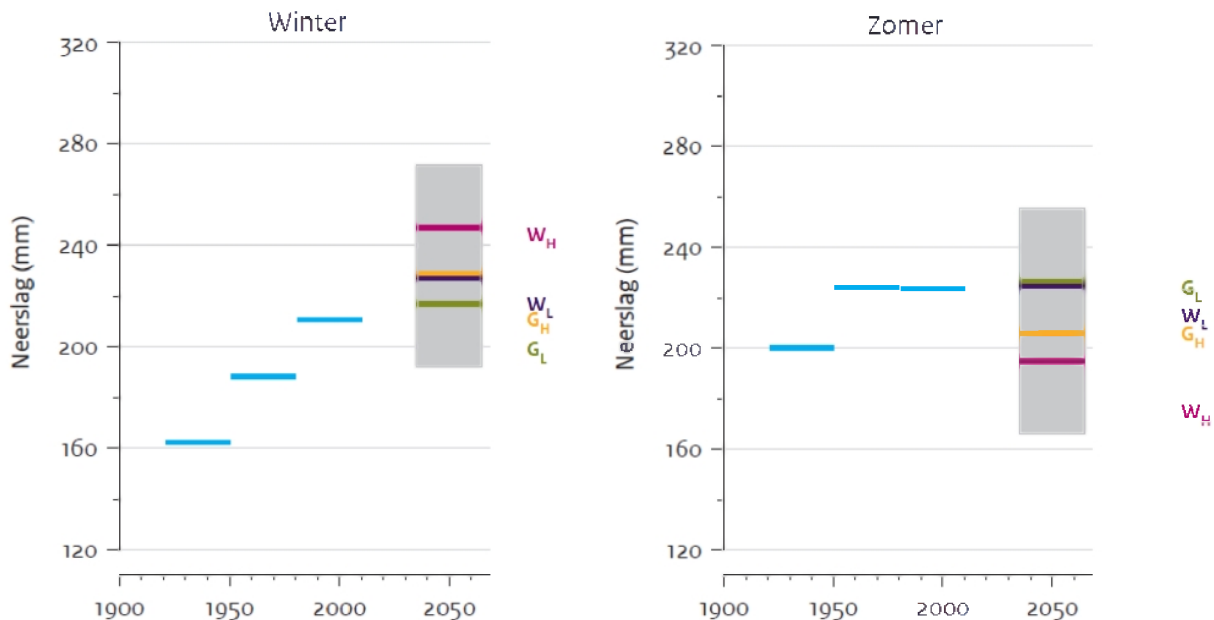
De grondwateraanvulling kan in de toekomst veranderen door klimaatverandering en door wijzigingen in landgebruik of menselijk handelen. Dit hoofdstuk gaat hier nader op in.

4.1 Klimaatverandering (KNMI 2014 scenario's)

Door klimaatverandering verandert de hoeveelheid neerslag en verdamping in de toekomst. Beide zullen door hogere temperaturen toenemen. De verwachte verandering in neerslag en verdamping is volgens het KNMI gelijk verdeeld over de provincie Noord-Brabant. Alleen in de kustgebieden van Nederland worden relatief andere veranderingen in neerslag verwacht. De verandering van de actuele verdamping verschilt wel over de provincie. Dit is afhankelijk van het landgebruik, de diepte in grondwaterstand en de mate van beregening. Met behulp van modelberekeningen is uitgerekend wat het effect is van de klimaatscenario's op de grondwateraanvulling. Ten behoeve van deze studie zijn twee klimaatscenario's voor Noord-Brabant doorgerekend met het grondwatermodel; het W_H en G_L scenario (zie box hieronder). Deze twee scenario's zijn gekozen als voorbeelden van weinig (G_L) en veel klimaatverandering (W_H). De uitkomsten van deze scenario's worden meer gedetailleerd besproken in de bijlage van dit rapport als scenario 5 en 7.

KNMI 2014 scenario's

Het KNMI heeft in 2014 vier scenario's opgesteld die de bandbreedte aangeven van de te verwachten klimaatverandering (Figuur 4-1). Per scenario is de verandering van de zomer en winter neerslag, neerslagintensiteit, potentiële verdamping en temperatuur verschillend. De scenario's geven een bandbreedte van de te verwachte klimaatverandering. Elk scenario heeft een gelijke kans van voorkomen.



Figuur 4-1 Verandering van de neerslag voor vier klimaat scenario's voor het zichtjaar 2050 (uit KNMI'14 brochure)

In Figuur 4-1 is te zien dat voor alle scenario's de neerslag in de winter gemiddeld toeneemt en de zomerneerslag gelijk blijft of afneemt. De potentiële verdamping neemt in alle scenario's toe met 3,5 tot 11%. Daarnaast neemt ook de intensiteit van de neerslag toe.



Figuur 4-2 Cumulatief berekende grondwateraanvulling (mm/jaar) in Noord-Brabant per jaar voor de huidige situatie, het WH klimaat en GL klimaat

De KNMI '14 klimaatscenario's W_H en G_L zijn doorgerekend met het grondwatermodel (scenario's 5 en 7). Er is gebruik gemaakt van reeksen van de neerslag en referentieverdamping volgens deze scenario's, voor het zichtjaar 2050. De reeksen zijn gebaseerd op KNMI meetreeksen en bevatten de klimaatverandering die volgens het scenario rond het zichtjaar 2050 kunnen worden verwacht. Er kan geen uitspraak worden gedaan welk scenario het meest waarschijnlijk is. De gekozen scenario's bevatten:

- W_H : een toename van de neerslag in de winter en een afname van de neerslag in de zomer gecombineerd met een toename van de verdamping. Meer kans op droogte in de zomer.
- G_L : een toename van de neerslag in de winter. De gemiddelde hoeveelheid neerslag in de zomer blijft gelijk.

De effecten in grondwateraanvulling zijn berekend met het grondwatermodel (in FLUZO, zie methodiek rapport). Samengevat neemt in het KNMI scenario (W_H) de grondwateraanvulling toe in de winter en sterk af in de zomer. Het verschil tussen het huidige klimaat en het G_L scenario is niet zo groot (Figuur 4-2). Daarom worden de resultaten van de effecten van het W_H scenario in meer detail besproken dan het G_L scenario.

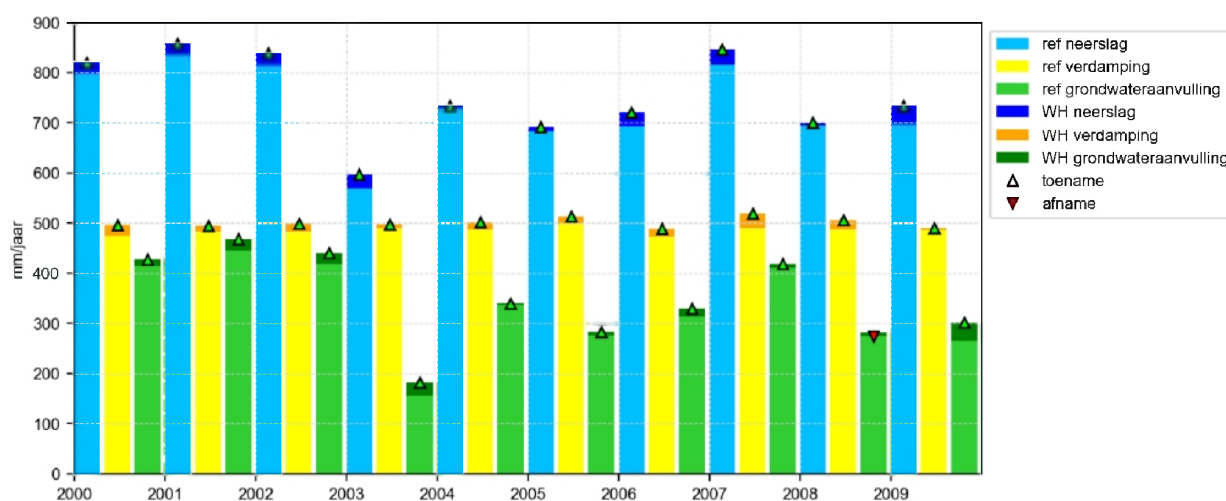
De extra neerslag zal in de toekomst deels vallen in heftigere buien. Tijdens buien met een hoge neerslagintensiteit zal een deel van de neerslag direct tot afvoer komen en niet tot grondwateraanvulling komen. Hiermee is bij de berekeningen geen rekening gehouden waardoor de berekende grondwateraanvulling hoger zal zijn. Dit effect zal het grootst zijn in de zomer.

4.2 Veranderingen in het W_H scenario (scenario 5)

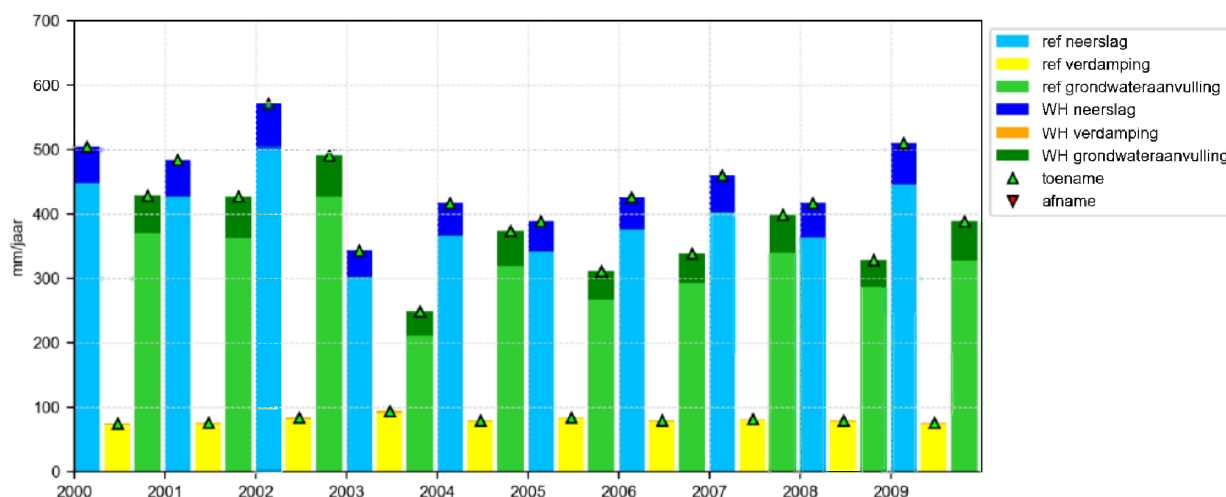
Veranderingen per jaar en per seizoen

De grondwateraanvulling wordt bepaald door neerslag minus de actuele verdamping. De actuele verdamping blijft in de zomer lager dan de referentieverdamping door vochttekorten in de bodem. Daarom is er ook in scenario W_H sprake van een jaargemiddelde toename van de grondwateraanvulling.

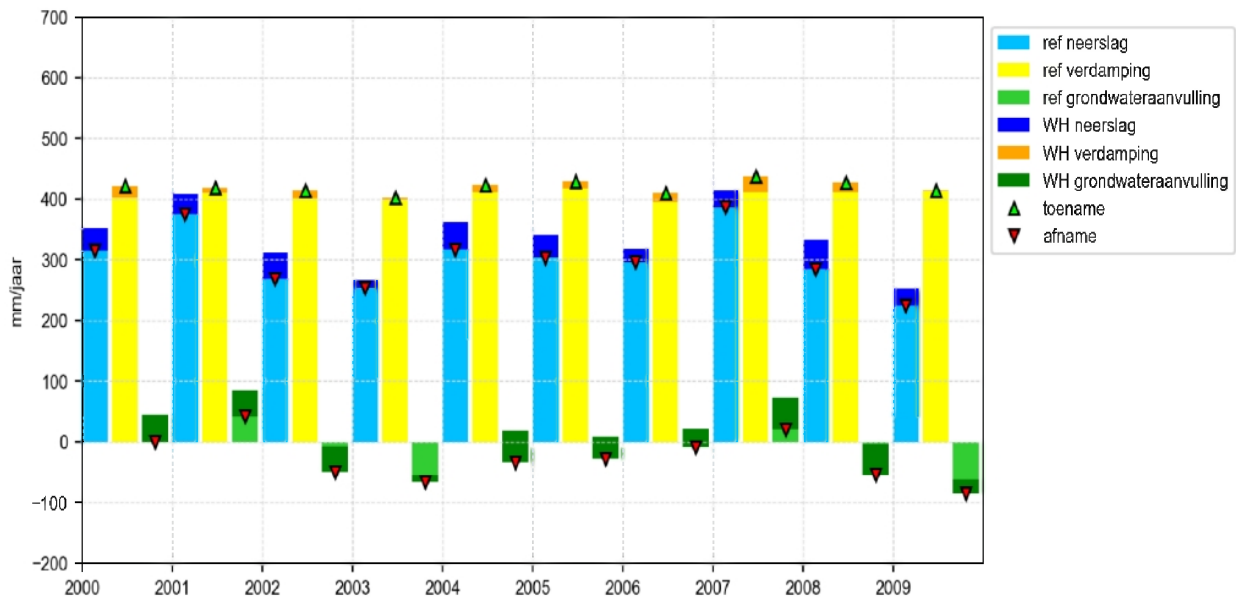
De verschillen voor het W_H scenario zijn inzichtelijk gemaakt per jaar (Figuur 4-3), winterhalfjaar (Figuur 4-6) en zomerhalfjaar (Figuur 4-5). Van de 10 doorgerkende jaren neemt in het W_H scenario alleen in het jaar 2008 de gemiddeld jaarlijkse grondwateraanvulling af (Figuur 4-3). Voor alle 10 jaar neemt de grondwateraanvulling in de winter toe ten gevolge van meer neerslag (Figuur 4-6) en neemt de grondwateraanvulling af in de zomer ten gevolge van meer verdamping (Figuur 4-5). Gemiddeld over een jaar neemt de grondwateraanvulling toe.



Figuur 4-3 Gemiddelde verandering in neerslag, verdamping en grondwateraanvulling van het W_H scenario ten opzichte van de huidige situatie voor de jaargemiddeldes van de jaren 2000 tot en met 2009



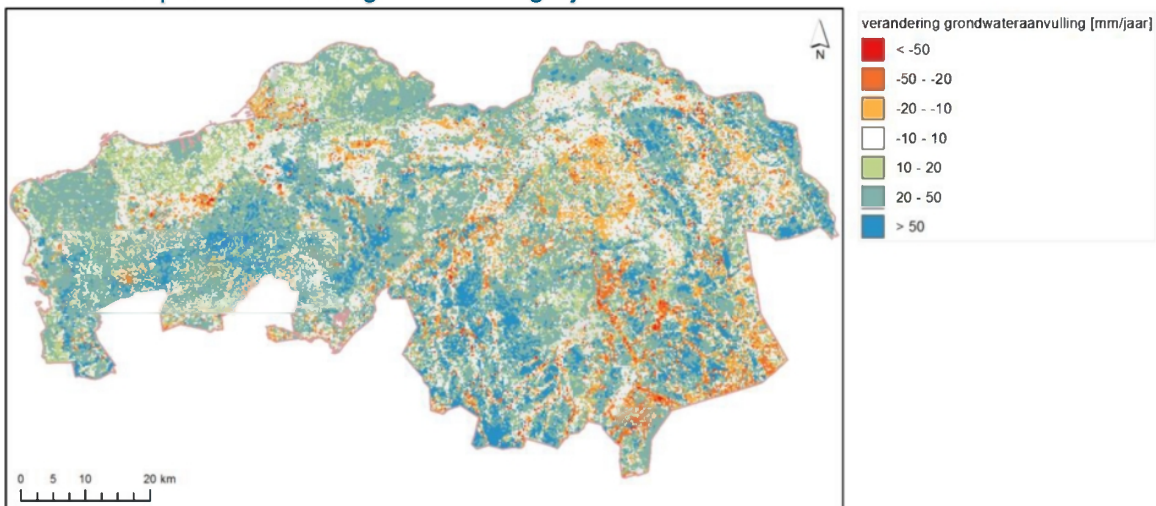
Figuur 4-4 Gemiddelde verandering in neerslag, verdamping en grondwateraanvulling van het W_H scenario ten opzichte van de huidige situatie voor het winterhalfjaar van de jaren 2000 tot en met 2009



Figuur 4-5 Gemiddelde verandering in neerslag, verdamping en grondwateraanvulling van het W_H scenario ten opzichte van de huidige situatie voor het zomerhalfjaar van de jaren 2000 tot en met 2009

Ruimtelijke veranderingen

De grondwateraanvulling verschilt per deelgebied. De grootste toename van de gemiddelde grondwateraanvulling treedt op in West-Brabant en het Kempisch Plateau. In deze gebieden bevinden zich enkele gebieden met diepe grondwaterstanden waar de grondwateraanvulling sterker toeneemt. In Figuur 4-6 is de verandering van de grondwateraanvulling als gevolg van het KNMI'14 W_H klimaatscenario voor het zichtjaar 2050 weergegeven. De grondwateraanvulling kan met ruim 50 mm/jaar toenemen in de infiltratiegebieden door verhoogde neerslag. De grondwaterstand zit zo diep dat er niet meer water kan verdampen. Er is dus geen capillaire nalevering mogelijk. In de gebieden met ondiepe grondwaterstanden en beekdalen neemt de grondwateraanvulling af. In gebieden met ondiepe grondwaterstanden zoals de beekdalen kan de verdamping in de zomer wel toenemen, omdat de capillaire nalevering hier wel mogelijk is.



Figuur 4-6 Verandering van de grondwateraanvulling (mm/jaar) als gevolg van het KNMI'14 W_H klimaatscenario voor het zichtjaar 2050.

Effecten op grondwaterstanden en stijghoogten

De gemiddelde grondwaterstand stijgt. De grondwaterstanden in de zomer (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) nemen sterk af: gemiddeld 7cm (Peilgestuurd gebied) tot 15 cm (Centrale Slenk) in de landbouwgebieden, gemiddeld 3 cm (Kempisch Plateau) tot 12 cm (Centrale Slenk) in de natuurgebieden en gemiddeld 3 cm (West-Brabant) tot 10 cm (Peelhorst) in stedelijk gebied. De toename in grondwateraanvulling zorgt voor een jaargemiddelde toename van de oppervlaktewaterafvoer en de afvoer van grondwatergevoede beken. In de maanden juli, augustus en september neemt de beekafvoer juist af met circa 20%. De dynamiek in de beekafvoer neemt dus sterk toe.

Tabel 4-1 Verandering in de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) per type gebied per deelgebied in scenario 5

| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | -15 | -12 | -9 |
| Kempisch Plateau | -8 | -3 | -7 |
| Peelhorst | -12 | -7 | -10 |
| West-Brabant | -11 | -9 | -3 |
| Peilgestuurd | -7 | -7 | -5 |

4.3 KNMI G_L scenario (scenario 7)

Voor het KNMI G_L scenario heeft hetzelfde patroon als het KNMI W_H scenario met nattere winters en drogere zomers. Het verschil is echter veel minder groot in vergelijking met het W_H scenario.

Gemiddeld neemt de grondwateraanvulling toe met 107 miljoen m³ per jaar. Het merendeel van de extra neerslag valt in de winter. Bijna de gehele extra grondwateraanvulling (90%) wordt weer afgevoerd door het oppervlaktewater, zodat er netto 4 miljoen m³ per jaar aan voeding voor het diepere grondwater overblijft.

De grondwaterstanden stijgen gemiddeld per deelgebied met enkele centimeters tot 9 cm gemiddeld in de natuurgebieden op het Kempisch Plateau. Zowel in een zomer als in een wintersituatie is er sprake van een stijging in grondwaterstanden. De jaargemiddelde oppervlaktewaterafvoer en de beekafvoer nemen daarom ook toe. In de zomermaanden blijft de beekafvoer vrijwel gelijk.

4.4 Verandering in landgebruik

Veranderingen in verdamping door de landbouw

Naast de toename van de verdamping zal door hogere temperaturen ook het groeiseizoen eerder beginnen en langer duren. De vervroeging van het groeiseizoen is nu al zichtbaar en in alle KNMI scenario's wordt uitgegaan van hogere temperaturen. Voor de gewassen die maar één oogst per jaar hebben, zal de grondwateraanvulling eerder in het jaar afnemen. Echter voor veel gewassen zoals gras en mais wordt het groeiseizoen langer waardoor de verdamping per jaar toeneemt. Hierdoor kan de grondwateraanvulling verder afnemen. Door KWR (2015) is geschat dat de grondwateraanvulling in de situatie 2010 minimaal 78 mm/jaar minder hoog is ten opzichte van de

situatie 1950. Er zijn geen voorspellingen bekend hoe deze trend zich voortzet. Door verdere intensivering van de landbouw kan de grondwateraanvulling verder afnemen. Door innovaties in de landbouw zal efficiënter met beregeningswater worden omgegaan en daardoor minder grondwater hoeft te worden opgepompt. Voorbeelden van technologische ontwikkelingen zijn precisieberegening en het beschikbaar komen van nauwkeurige vlakdekkende bodemvochtdata en neerslagvoorspellingen. Het areaal landbouwgrond zal waarschijnlijk verder afnemen.

Effect van verandering in type natuur op de verdamping

Door de uitbreiding van bosareaal is in de periode 1950 - 2010 de verdamping toegenomen en daardoor de grondwateraanvulling afgenomen. KWR (2015) schat deze hoeveelheid op 36 mm/jaar. Toekomstige verandering in landgebruik zullen effect hebben op de verdamping en grondwateraanvulling. Tegenwoordig wordt er gestuurd op het vergroten van de grondwateraanvulling. Een voorbeeld is het omzetten van naaldbos naar loofbos waar in de Provincie Gelderland ervaring mee is. Hier wordt uitgegaan dat het omzetten van naaldbos naar loofbos een extra grondwateraanvulling van 150-200 mm/jaar kan opleveren. In Noord-Brabant wordt het effect minder groot geschat: <100 mm/jaar (mondelijke mededeling provincie Noord-Brabant). Ook wordt de laatste jaren steeds meer bos omgezet in heide of stuifzand. Een voorbeeld in Noord-Brabant zijn de Loonse en Drunense duinen.

Effect van veranderingen in stedelijk gebied op de grondwateraanvulling

In het stedelijk gebied zijn twee trends zichtbaar die een tegengesteld gevolg hebben op de grondwateraanvulling. Door verdere verstedelijking met meer verharding kan minder neerslag infiltreren. Aan de andere kant worden maatregelen genomen om neerslagwater langer vast te houden door te infiltreren in de grond. Het is onduidelijk of de combinatie van deze twee trends tot een grotere of kleinere grondwateraanvulling zal leiden. Daarnaast wordt er veel onderzoek gedaan naar maatregelen om het watersysteem robuuster te maken in geval van droogte. Veel maatregelen gaan uit van bergen van water in het grondwatersysteem. Deze maatregelen zorgen dus voor extra grondwateraanvulling. Hoeveel extra grondwateraanvulling regionale maatregelen opleveren, is nog onduidelijk omdat dit afhangt van de effectiviteit en de implementatiegraad.

Relatie met oppervlaktewater

Lokaal is het mogelijk om water aan te voeren vanuit het hoofdwatersysteem ten behoeve van lokale watervoorziening. Dit vindt vooral plaats in het peilgestuurde gebied en de Peelhorst. Door klimaatverandering kan de afvoer van de Maas lager worden in de zomer waardoor de waterbeschikbaarheid in het hoofdwatersysteem mogelijk een knelpunt gaat worden. Inlaat van water uit het hoofdwatersysteem is in de toekomst tijdens droge perioden is dan niet altijd meer mogelijk. Dit betekent dat de grondwateraanvulling in deze gebieden minder wordt en de grondwaterstanden in deze droge periode verder uit kunnen zakken.

4.5 Samenvattend beeld grondwateraanvulling

Beide KNMI klimaatscenario's geven gemiddeld een toename in grondwateraanvulling. Het klimaateffect is groot, omdat een kleine verandering in grondwateraanvulling over het gehele oppervlak van de provincie samen toch een aanzienlijk effect geeft. De gemiddelde toename in grondwateraanvulling in het W_H -scenario is qua hoeveelheid water gemiddeld van dezelfde orde als 30% meer grondwater onttrekken voor drinkwater en de industrie. De verandering in grondwateraanvulling verschilt echter sterk per seizoen, in het W_H scenario worden de zomers droger en de winters natter. In het G_L scenario zijn de verschillen in verandering tussen het seizoen veel kleiner.

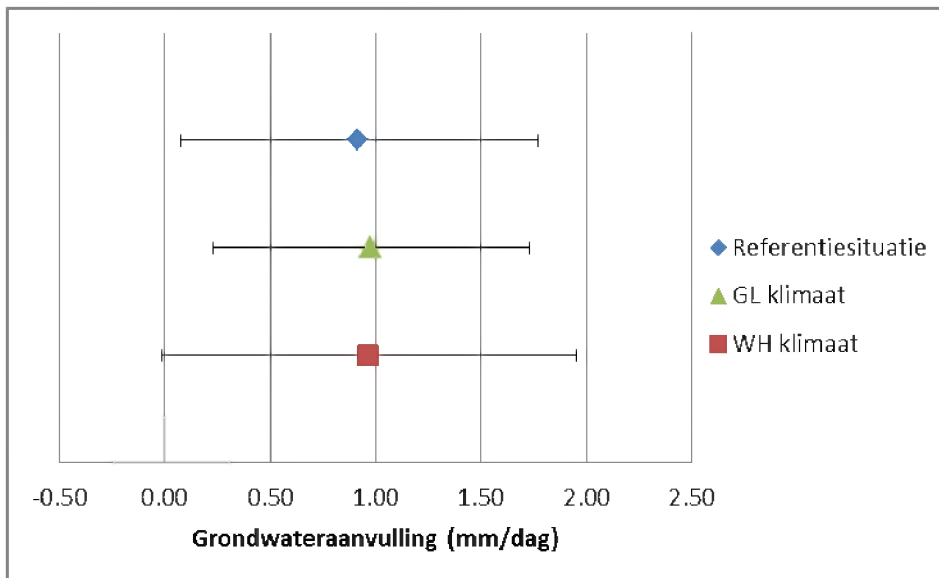
In Figuur 4-7 is de bandbreedte weergegeven van de mogelijke verandering in grondwateraanvulling. De minimale en maximale waarden zijn respectievelijk de gemiddelde voor de zomer en winter in de periode 2000-2009. Als gevolg van klimaatverandering daalt de grondwateraanvulling in de zomer en stijgt deze in de winter. De bandbreedte voor het W_H klimaatscenario is groter dan voor het G_L scenario. De variatie van de grondwateraanvulling binnen een jaar is groter dan het effect van klimaatverandering.

Invloed van klimaatverandering op de waterbalans

Door klimaatverandering neemt de grondwateraanvulling toe. Dit geldt voor beide KNMI scenario's (Tabel 4-2). In het W_H scenario wordt de grondwateraanvulling voor ruim de helft afgevoerd door het oppervlaktewater in de winter. Door extra beregening in de zomer wordt bijna 38 miljoen m^3 /jaar extra grondwater onttrokken. Dit is ongeveer de helft van extra jaarlijkse grondwateraanvulling. Voor het G_L scenario geldt dat het grootste gedeelte van de grondwateraanvulling weer door het oppervlaktewater wordt afgevoerd.

Tabel 4-2 Gemiddelde verandering in de waterbalans (in miljoen m^3 /jaar) voor de KNMI klimaatscenario's W_H en G_L

| Klimaat scenario | Verandering grondwateraanvulling (miljoen m^3 /jaar) | Verandering afvoer door oppervlaktewater (miljoen m^3 /jaar) | Verandering beregening (miljoen m^3 /jaar) |
|------------------|--|--|--|
| W_H | 87.0 | 47.8 | 37.6 |
| G_L | 106.9 | 94.6 | 4.3 |



Figuur 4-7 Grondwateraanvulling in mm/dag voor de referentiesituatie en de klimaatscenario's GL en WH. De linker waarde is de grondwateraanvulling in de zomer (april-september), rechts is de grondwateraanvulling in de winter en midden is de jaarlijks gemiddelde grondwateraanvulling.

De grondwateraanvulling is gemiddeld 330 mm/jaar, maar de variatie in tijd en ruimte is groot:

- De grondwateraanvulling binnen Nederland verschilt sterk (tussen de 200 en 550 mm/jaar). In Noord-Brabant is de grondwateraanvulling relatief lager dan in andere gebieden. Mogelijk heeft dit te maken met de intensieve landbouw en daarom dus hoge verdamping.
- De gemiddeld berekende grondwateraanvulling in de vijf deelgebieden in Noord-Brabant varieert tussen de 302 mm/jaar (Centrale Slenk) en 368 mm/jaar (peilgestuurde gebied).
- De grondwateraanvulling verschilt sterk per landgebruik. Bos met donker naaldbos zoals Douglas sparren verdampen veel water zodat er maar 150 mm per jaar grondwateraanvulling overblijft. Kaal zand zoals de Loonse en Drunense Duinen kunnen ruim 550 mm grondwateraanvulling geven.
- De variatie in grondwateraanvulling verschilt sterk per jaar. In natte jaren zoals in 2001 kan de grondwateraanvulling drie keer zo groot zijn (450 mm/jaar) in vergelijking met een droog jaar zoals 2003 (150 mm/jaar), zie Figuur 4-3.
- De variatie in grondwateraanvulling ten gevolge van klimaatverandering is beperkt, gemiddeld is de extra grondwateraanvulling 15 tot 25 mm/jaar. De extra aanvulling vindt plaats in het winterseizoen (Figuur 4-4).
- Bij toenemende droogte door klimaatverandering treedt er mogelijk verandering op in het gebruik van grondwater voor beregening. Voor scenario W_H wordt een forse toename van de beregening berekend: 38 miljoen m^3 /jaar. Deze toename kan beperkt blijven als in de toekomst efficiënter wordt berekend door technologische ontwikkelingen, zoals precisieberegening en het beschikbaar komen van nauwkeurige vlakdekkende bodemvochtdata en neerslagvoorspellingen.
- Er wordt in de berekening geen rekening gehouden met andere gewasverdamping als gevolg van gewijzigde CO_2 concentraties. Ook is het mogelijk dat het moment van de piekvraag voor

verdamping en beregning wijzigt doordat de gewasgroei eerder start door hogere temperaturen in het voorjaar.

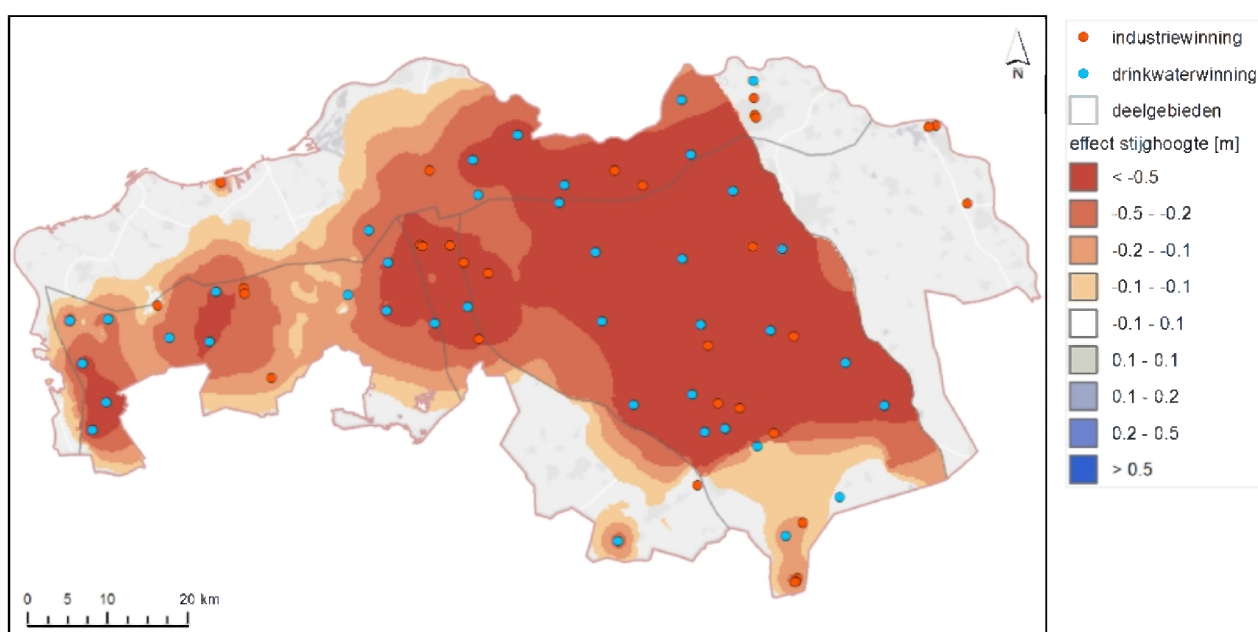
5 Effect van grondwateronttrekking

5.1 Effecten bestaande winningen op grondwaterstand en stijghoogten

De effecten van de bestaande winningen op de grondwaterstand en stijghoogte zijn in beeld gebracht door de hoeveelheid winning in de bestaande drinkwaterwinningen en industriële winningen met 30% te verhogen².

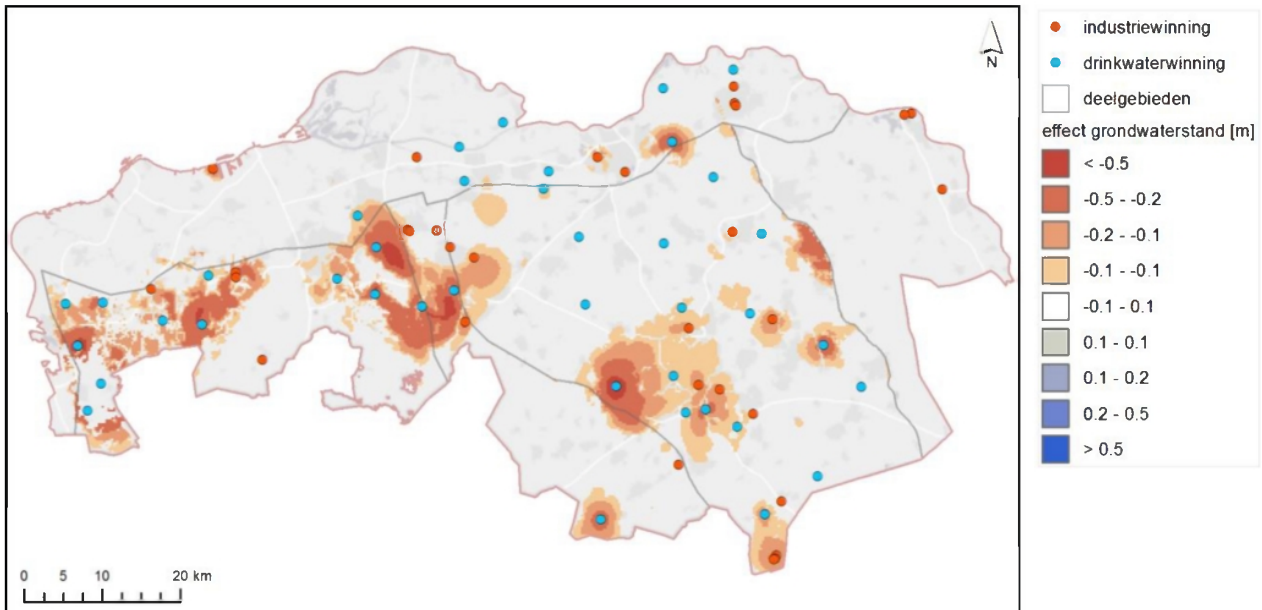
De stijghoogten in de Centrale Slenk en het Kempisch Plateau reageren het sterkst op een verandering van de onttrekking (Figuur 5-1). De grote stijghoogteverandering in de Centrale Slenk wordt veroorzaakt door de dikke weerstandslagen die het watervoerend pakket afsluiten. Dat verklaart ook de kleine verandering van de grondwaterstand (Figuur 5-2). De grote stijghoogteverandering in het Kempisch Plateau wordt veroorzaakt door de grote winning Tilburg en het effect van onttrekkingen in de Centrale Slenk. In West-Brabant is het grootste effect in stijghoogte te zien rond de winningen van Seppe/Schijf en Huijbergen/Ossendrecht. Op de Peelhorst zijn nauwelijks onttrekkingen waardoor de effecten hier klein zijn.

In hoeverre de verlaging in stijghoogte ook doorwerkt op de grondwaterstand is afhankelijk van de aanwezigheid van tussenliggende kleilagen en de aanwezigheid van oppervlaktewater. Voor een groot deel van het grondgebied is het effect van 30% extra grondwaterwinning op de grondwaterstand kleiner dan 10 centimeter. Maar op een aantal plekken in Noord-Brabant is de daling in grondwaterstand veel hoger, tot meer dan 50 centimeter.



Figuur 5-1 Berekend effect op de stijghoogte als alle bestaande drinkwater en industriële winningen met 30% worden verhoogd

² Dit is een aanvullend scenario ten opzichte van de negen gepresenteerde scenario's in de bijlage van dit rapport. Effecten per deelgebied zijn niet apart gepresenteerd.



Figuur 5-2 Berekend effect op de grondwaterstand als alle bestaande drinkwater en industriële winningen met 30% worden verhoogd³

5.2 Bandbreedte in effecten op grondwaterstand en stijghoogten

In de toekomst zal de totale onttrekking voor drinkwater en industrie afhankelijk van onder meer economische ontwikkelingen kunnen toenemen of afnemen (zie hoofdstuk 3). In dit rapport is de volgende bandbreedte in beeld gebracht: een afname van 20% en een toename van 30% van de huidige onttrekking. Met het grondwatermodel is deze bandbreedte doorgerekend in 4 scenario's:

1. Extra Scenario : Onttrekkingen 30% verhoogd op bestaande locaties.
2. Scenario 3: Onttrekkingen 30% verhoogd, gelijk verdeeld over het oppervlak van de deelgebieden. Hierbij is de extra onttrekking verdeeld over watervoerende lagen in het 2^e en 3^e watervoerende pakket.
3. Scenario 9: Onttrekkingen drinkwater en industrie 20% verlaagd op bestaande locaties.
4. Extra Scenario: Onttrekkingen drinkwater en industrie 20% verlaagd gelijk verdeeld over het oppervlak van de deelgebieden. De verlaging in onttrekking is in de diepte verdeeld als beschreven in punt 2.

Een verandering van de onttrekkingen op bestaande locaties heeft een groter effect op de grondwaterstand en stijghoogte dan een verandering gelijk verdeeld over het landoppervlak. Dit is te zien in de berekende effecten in Tabel 5-1. Een uitzondering vormt de Peelhorst: hier wordt in de huidige situatie niet onttrokken. Het verschil tussen de effecten op bestaande locaties en gelijk verdeeld is te verklaren uit de dempende werking van het oppervlaktewater. Als er op nieuwe locaties wordt onttrokken, neemt drainage door het oppervlaktewater af en worden de grondwaterstands- en stijghoogte-effecten gedempt. Op bestaande onttrekkingslocaties heeft het oppervlaktewatersysteem zich hier al op afgestemd.

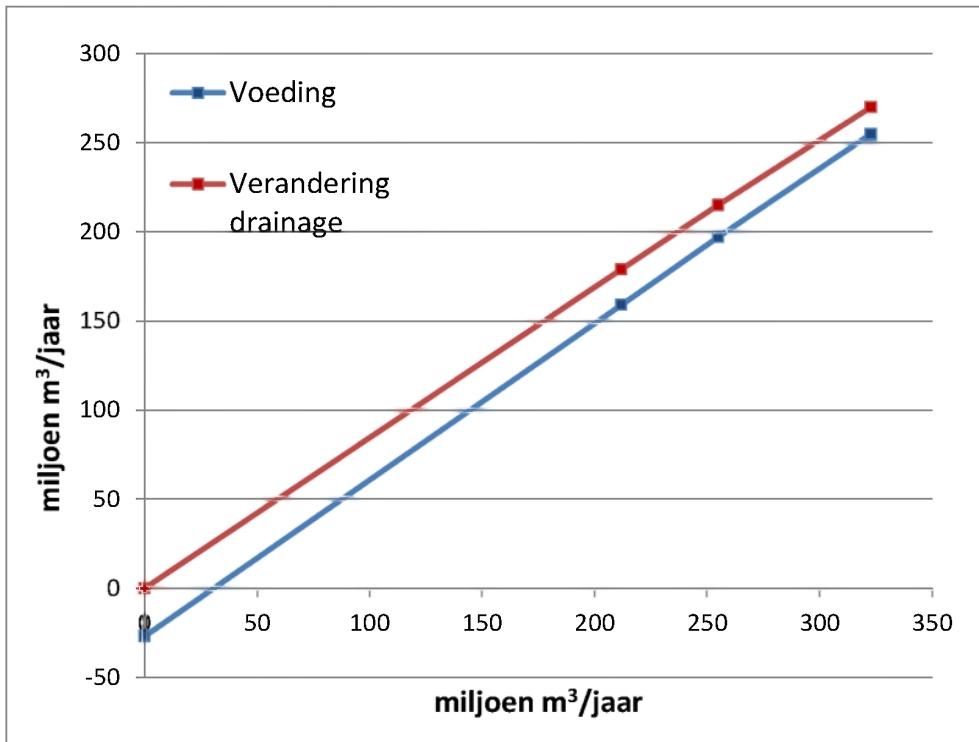
³ De winning van Budel is verdiept. In de berekeningen is hier nog geen rekening mee gehouden en daarom is hier een groot effect in grondwaterstand te zien

Tabel 5-1 Effecten grondwaterstand en stijghoogte bij verandering onttrekking op bestaande locaties en gelijk verdeeld over oppervlak

| onttrekking drinkwater + industrie | deelgebied | bestaande locaties | | gelijk verdeeld | |
|--|------------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | | grondwater- stand | stijghoogte | grondwater- stand | stijghoogte |
| | | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] |
| 30% verhoogd | Centrale Slenk | -4 | -77 | -3 | -46 |
| | Kempisch Plateau | -5 | -20 | -5 | -17 |
| | Peelhorst | 0 | 0 | -3 | -3 |
| | West-Brabant | -9 | -27 | -4 | -15 |
| | Peilgestuurd | -1 | -21 | -1 | -12 |
| 20% verlaagd | Centrale Slenk | 3 | 51 | 2 | 31 |
| | Kempisch Plateau | 3 | 13 | 3 | 11 |
| | Peelhorst | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | West-Brabant | 5 | 17 | 3 | 10 |
| | Peilgestuurd | 1 | 14 | 1 | 8 |

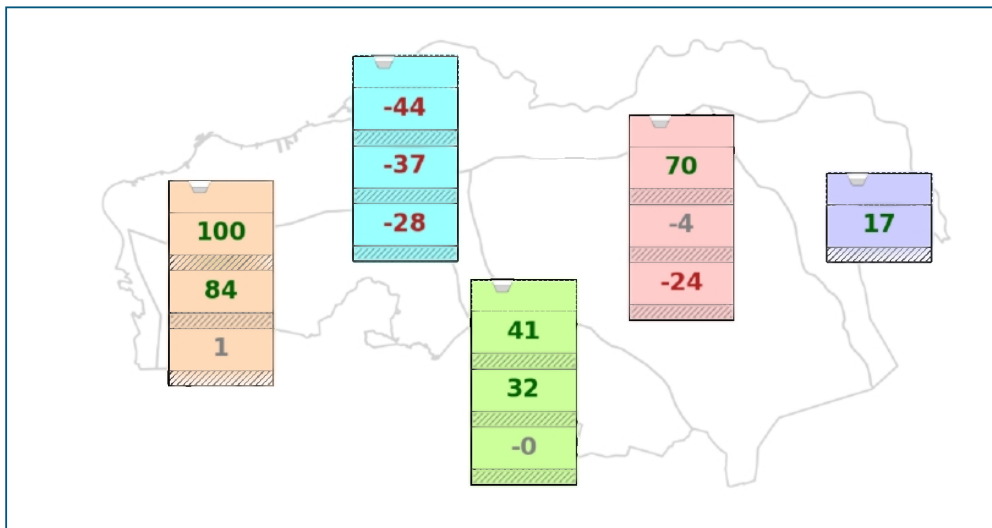
5.3 Effecten van onttrekken op de waterbalans

Door meer grondwater te onttrekken neemt de voeding naar het watervoerend pakket toe en de drainage van het oppervlaktewater af. Dit is vrijwel een lineair verband, zo lang er nog water gedraineerd kan worden. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 5-3 waarin de berekeningsresultaten zijn verwerkt van vier onttrekkingsscenario's: geen grondwateronttrekking, 20% minder onttrekking, de huidige onttrekking en 30% meer onttrekking.



Figuur 5-3 Relatie tussen de hoeveelheid onttrokken grondwater in Noord-Brabant, de voeding van het diepe watervoerende pakket en de verandering in drainage door het oppervlaktewater

Invloed van onttrekking op de waterbalans



Figuur 5-4 Verschil tussen verticale voeding van het watervoerend pakket en de hoeveelheid water die onttrokken wordt (in miljoen m³/jaar) in het geval homogeen over Noord-Brabant 30% meer grondwater wordt onttrokken (Groen is netto meer instroming dan onttrekking; rood is netto meer onttrekking)

In geval er meer grondwater wordt onttrokken, dan verandert het evenwicht tussen voeding en onttrekking. Er wordt meer water naar beneden getrokken, de drainage neemt af en horizontale stroming neemt toe. Te zien is (Figuur 5-4) dat het derde watervoerende pakket en het peilgestuurde gebied minder voeding van boven krijgen dan er onttrokken wordt.

5.4 Vergelijking tussen vergunde ruimte en gelijke verdeling onttrekking

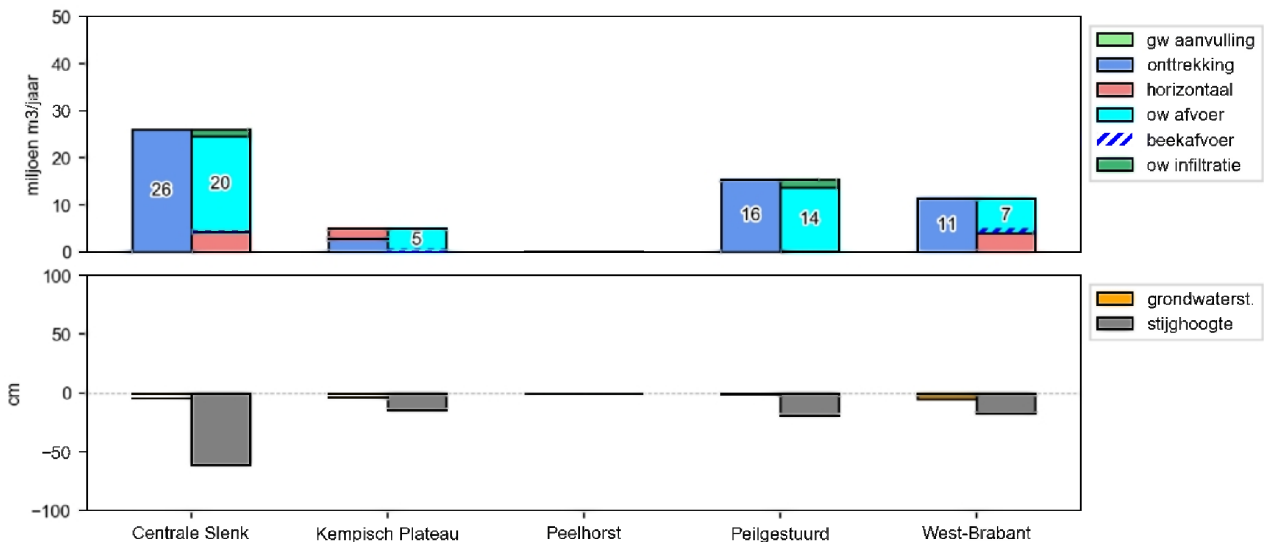
Niet overal in Noord-Brabant is even veel vergunde ruimte over op de bestaande winlocaties. Het verschil van de vergunde ruimte met een gelijke extra onttrekking is vergeleken met twee scenario's:

1. Scenario 2: In geval de vergunde ruimte voor drinkwaterwinningen geheel wordt benut op de betreffende locaties. Het betreft 56 miljoen m³/jaar extra grondwater.
2. Scenario 3: In geval 30% extra grondwater wordt gewonnen gelijk verdeeld over de gehele provincie. Het betreft 66 miljoen m³/jaar extra grondwater.

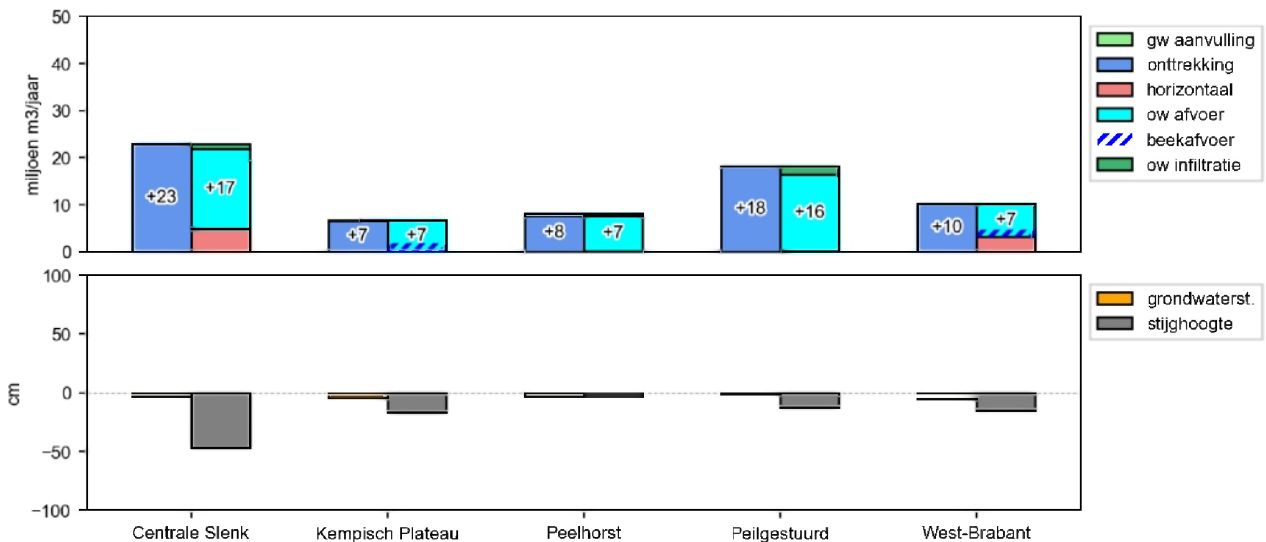
Te zien is (Tabel 5-2) dat vooral op het Kempisch Plateau en de Peelhorst relatief minder vergunde ruimte over is. Dit verklaart de verschillen in effecten op grondwaterstanden en stijghoogten in beide scenario's.

Effect op waterbalans

De effecten op de waterbalans worden gepresenteerd in Figuur 5-5 en Figuur 5-6. Te zien is dat de locatie van onttrekken weinig verschil uitmaakt voor de waterbalans op het niveau van deelstroomgebied. Alleen voor de Peelhorst maakt het wel een verschil omdat de grootte van onttrekking sterk verschilt. De extra onttrekking heeft vooral effect op de afvoer door de waterlopen. West-Brabant en de Centrale Slenk trekken horizontaal extra water naar zich toe.



Figuur 5-5 Effecten bij een extra onttrekking van 56 miljoen m³/jaar op de locaties waar nog vergunningsruimte over is bij Brabant Water en Evides



Figuur 5-6 Effecten bij een extra onttrekking van 66 miljoen m³/jaar gelijk verdeeld over de gehele provincie

Effecten op de grondwaterstand

Door 56 tot 66 miljoen m³/jaar meer grondwater te onttrekken daalt de grondwaterstand in natte natuurgebieden gemiddeld met enkele centimeters, tot maximaal 6 centimeter in West-Brabant (Tabel 5-2). De effecten op de grondwaterstand voor West-Brabant moeten echter nog gecorrigeerd worden voor het optreden van schijngrondwaterspiegels op de Brabantse Wal. Op de Peelhorst en Kempisch Plateau is geen of minder vergunde ruimte over voor meer onttrekking. De effecten op de grondwaterstand zijn daarom klein. Naast effecten op natuurgebieden moet ook rekening worden gehouden met extra droogte in landbouwgebieden rond winningen en verminderde beekafvoer.

Tabel 5-2 Effecten van extra winning van grondwater op de gemiddelde grondwaterstand en stijghoogte

| Deelgebied | Extra onttrekking binnen vergunde ruimte voor drinkwaterwinning | | | Extra onttrekking evenredig verdeeld binnen de provincie | | |
|------------------|---|--|--|--|--|--|
| | Hoeveelheid water [Mm ³ /jaar] | Verandering grondwaterstand in natte natuurgebieden [cm] | Verandering stijghoogte in natte natuurgebieden [cm] | Hoeveelheid water [Mm ³ /jaar] | Verandering grondwaterstand in natte natuurgebieden [cm] | Verandering stijghoogte in natte natuurgebieden [cm] |
| West Brabant | 11,4 | -6 | -17 | 10,2 | -6 | -17 |
| Peilgestuurd | 15,8 | -1 | -19 | 18,2 | -1 | -13 |
| Kempisch Plateau | 3,0 | -2 | -7 | 6,6 | -5 | -13 |
| Centrale Slenk | 26 | -3 | -48 | 22,9 | -2 | -43 |
| Peelhorst | 0,0 | 0 | 0 | 8,0 | -5 | -4 |
| Totaal | 56,2 | | | 65,9 | | |

5.5 Gevoeligheid van onttrekken per deelgebied

Aanpak

Deze paragraaf is gebaseerd op het homogeen 30% verhogen van het onttrekkingsdebiet (scenario 3 in bijlage 1) en het homogeen 20% verlagen van het onttrekkingsdebiet een extra gemaakte berekening (niet apart gerapporteerd in de bijlage 1). Per deelgebied is een verschillende verdeling uit welk pakket wordt onttrokken. De gevoeligheid per deelgebied is bepaald door een analyse waarbij de onttrekking gelijk verhoogd is over het gehele oppervlak van Noord-Brabant. Door het effect van de onttrekking terug te rekenen naar 1 miljoen m³/jaar kan zo inzichtelijk gemaakt worden wat het effect is van 1 miljoen m³/jaar extra onttrekken per deelgebied

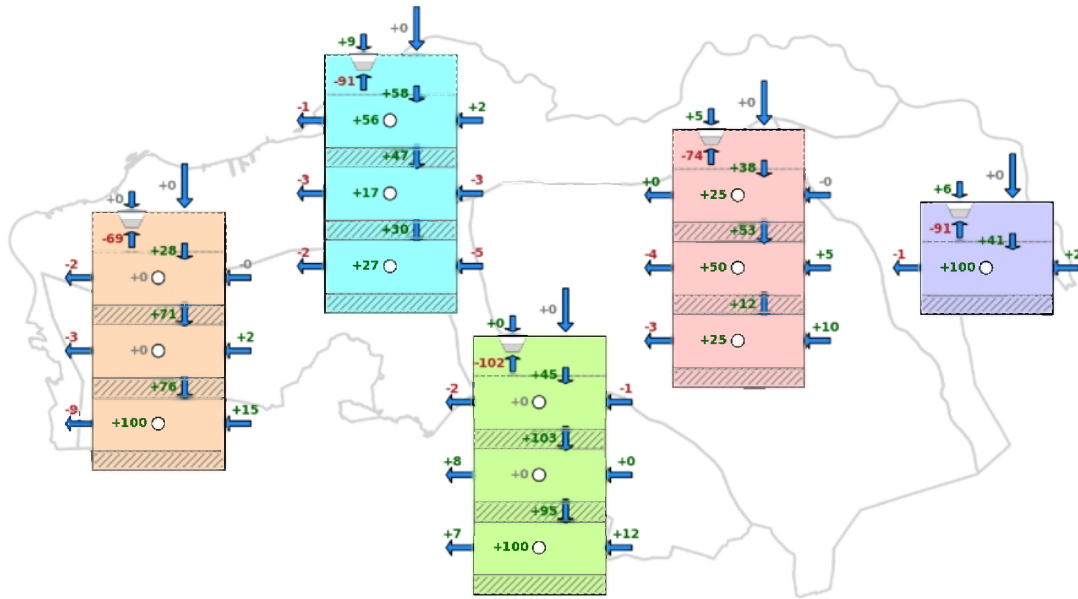
De effecten op de waterbalans als gevolg van een toename van 30% zijn weergegeven Figuur 5-7 en Figuur 5-8. De effecten op de waterbalans als gevolg van een afname van 20% van de onttrekkingen zijn weergegeven in Figuur 5-9 en Figuur 5-10.

Verschillen per deelgebied in effecten op grondwaterstand en stijghoogten

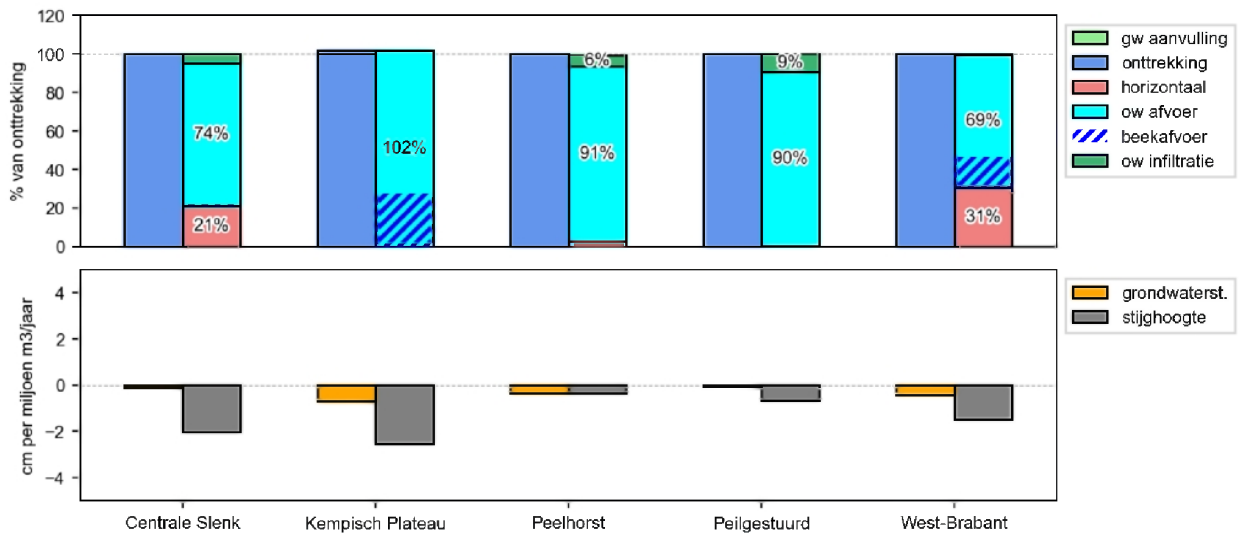
Door verschillen in de geologische opbouw van de deelgebieden reageert het grondwatersysteem in elk gebied anders op een verandering van de onttrekkingen. De diepte van onttrekking en de geologische opbouw met weerstandsbiedende lagen bepalen het effect van onttrekking op het (ondiepe) grondwatersysteem. Onttrekkingen onder een laag met een hoge weerstand hebben een kleiner effect op het ondiepe grondwatersysteem met een grote uitstraling van de effecten op de diepe lagen. Hierdoor kunnen de effecten van een diepe onttrekking op het ondiepe grondwatersysteem over een groter gebied merkbaar zijn. Een voorbeeld is een uitbreiding van winningen in het diepe deel van de Centrale Slenk. De effecten op de stijghoogte in het watervoerend pakket zullen aanzienlijk zijn over bijna het gehele deelgebied. De freatische grondwaterstand zal echter minder veranderen omdat de effecten diffuus worden verspreid over een groot gebied, ook buiten de Centrale Slenk. Onttrekkingen die niet worden afgesloten door een weerstandslaag, bijvoorbeeld de onttrekkingen in de Peelhorst hebben lokaal een groot effect op het ondiepe grondwatersysteem door verlaging van de grondwaterstanden. Het oppervlak waar dit plaats vindt is wel veel kleiner. De deelgebieden Kempisch Plateau en de Centrale Slenk zijn het meest gevoelig voor dalingen in stijghoogte. Het grondwatersysteem van het Kempisch plateau is het meest gevoelig voor een toename in onttrekking. De grondwaterstand (0,7 cm), stijghoogte (2,5 cm) daalt hier het meest per eenheid van 1 miljoen m³ grondwateronttrekking (**Error! Reference source not found.**).

Verschillen per deelgebied in waterbalans

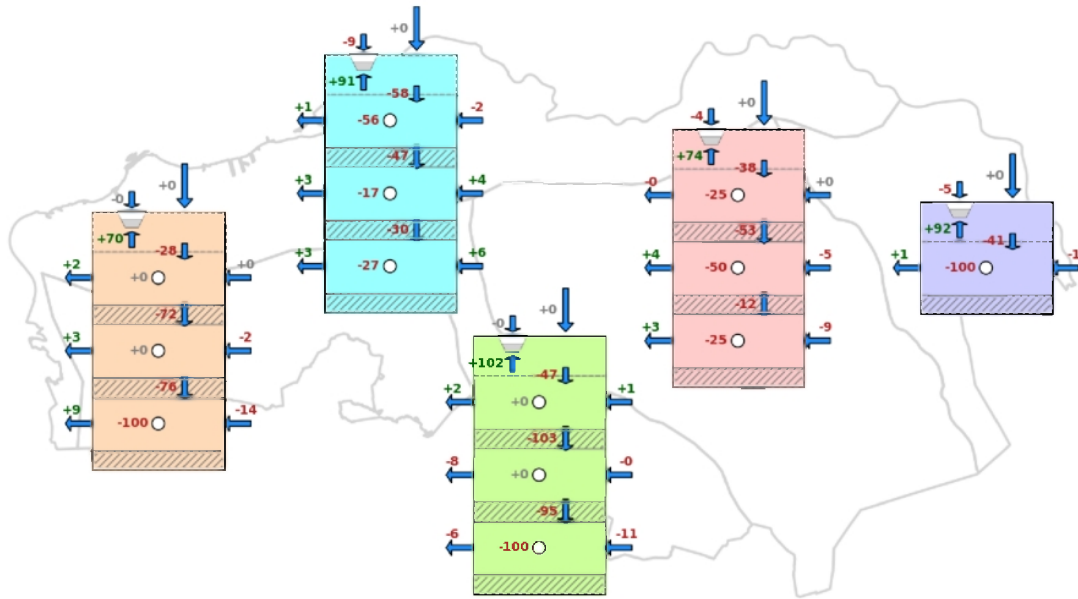
De effecten in de waterbalans van toe- en afname zijn aan elkaar gespiegeld. Niet lineaire effecten, zoals het actief of inactief worden van een drainagesysteem, spelen een kleine rol. Voor alle gebieden geldt dat bij toename van de onttrekking, de afvoer sterk afneemt. Echter er zijn wel duidelijke regionale verschillen. In de deelgebieden Peilgestuurd en de Peelhorst is de extra onttrekking bijna 100% afkomstig van vermindering van de afvoer of extra infiltratie. De Centrale Slenk krijgt 20% van het extra onttrokken water vanuit zijn omgeving door extra infiltratie van oppervlaktewater of minder uitstroming via de watervoerende pakketten. Voor West Brabant is dat 30%. Het Kempisch plateau wordt beïnvloed door de onttrekking in de Centrale Slenk. Daarom is de verandering in afvoer in dit gebied groter dan de totale hoeveelheid grondwater die extra onttrokken wordt. Het Kempisch Plateau en West Brabant zijn deels infiltratiegebieden die regionale grondwateraanvulling geven. De uitstroom naar de omliggende watervoerende pakketten is groter dan de instroom uit de watervoerende pakketten. Dit grondwater komt deels beschikbaar in het deelgebied Peilgestuurd en de Centrale Slenk.



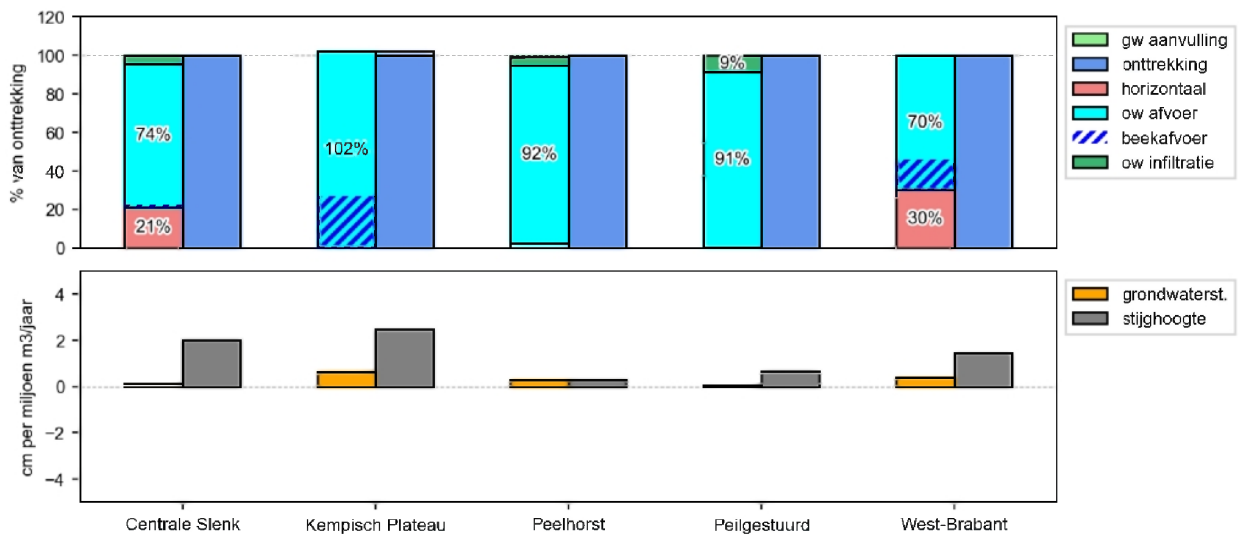
Figuur 5-7 Relatieve verandering (%) van de waterbalans per deelgebied ten gevolge van een toename in onttrekken gelijk verdeeld over de provincie (gebaseerd op scenario 3)



Figuur 5-8 Relatieve verandering van de grondwaterstand en stijghoogte bij een toename van de onttrekking (+ 30%)



Figuur 5-9 Relatieve verandering (%) van de waterbalans per deelgebied ten gevolge van 20% afname in onttrekken gelijk verdeeld over de provincie



Figuur 5-10 Relatieve verandering van de grondwaterstand en stijghoogte bij een afname van de onttrekking (- 20%)

Conclusies per deelgebied

Centrale Slenk

Als in de Centrale Slenk meer wordt onttrokken dan wordt meer water uit de omgeving aangetrokken (meer horizontale instroming). De verlaging in grondwaterstand is relatief klein (0,1 cm per 1 miljoen m³/jaar onttrekking). De stijghoogteverandering in de watervoerende pakketten is in vergelijking met andere gebieden groot (ongeveer 2 cm per 1 miljoen m³/jaar onttrekking).

Kempisch Plateau

Het Kempisch Plateau functioneert als een netto leverancier van water aan de omgeving. Als in aangrenzende deelgebieden extra wordt onttrokken, kan dit merkbaar zijn in het Kempisch Plateau. De daling van de grondwaterstand (0,7 cm) en stijghoogte (2,5 cm) als gevolg van 1 miljoen m³/jaar onttrekking zijn in vergelijking tot de andere deelgebieden groot. Als in het Kempisch Plateau meer wordt onttrokken zal de afvoer van het oppervlaktewater met een vergelijkbare waarde afnemen. Een deel van deze waterlopen zijn grondwaterafhankelijke beken. Daling van de grondwaterstand betekent een verlaging in basisafvoer en mogelijk droogval van de beken.

Peelhorst

Als in de Peelhorst extra water wordt onttrokken, zal er extra water infiltreren en minder water door de waterlopen afgevoerd worden. Door de afwezigheid van weerstandslagen zijn de effecten in het watervoerende pakket gelijk aan de effecten op de grondwaterstanden (circa 0,3 cm daling per 1 miljoen m³/jaar onttrekking). De effecten op de andere deelgebieden zijn klein.

Peilgestuurd

Wanneer in het peilgestuurd gebied extra wordt onttrokken worden de effecten grotendeels gecompenseerd door het oppervlaktewater. De effecten op de grondwaterstanden zijn daarom beperkt (0,1 cm per 1 miljoen m³/jaar onttrekking). Door de aanwezigheid van verschillende weerstandslagen kunnen er wel veranderingen van de stijghoogte in de watervoerende pakketten optreden (1,2 cm per 1 miljoen m³/jaar onttrekking). Door de benedenstroomse ligging van het deelgebied zijn de effecten op de overige deelgebieden klein. Aan de noordzijde worden effecten gedempt door de Maas en de Waal.

West-Brabant

In West-Brabant wordt vooral uit het derde watervoerend pakket onttrokken. Als hier meer wordt onttrokken neemt de horizontale toestroming vanuit België en het Kempisch Plateau toe. De verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte is vergelijkbaar met de overige deelgebieden (0,3 en 0,8 cm per 1 miljoen m³/jaar onttrekking). De Brabantse Wal kan niet beoordeeld worden op effecten in grondwaterstand vanwege het complexe karakter van dit gebied met schijngrondwaterspiegels. Deze effecten zijn buiten beschouwing gelaten.



5.6 Effect van dieper onttrekken uit de Centrale Slenk

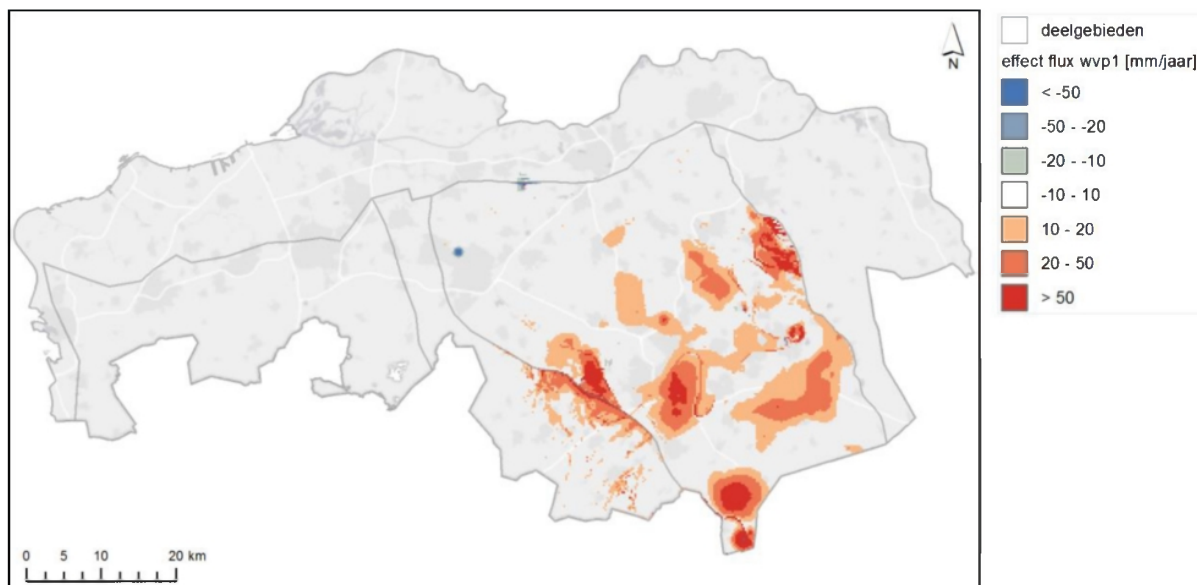
Grondwater in diepere lagen is beter beschermd tegen verontreinigingen van bovenaf. Vooral in de Centrale Slenk zijn diepe watervoerende pakketten die afgedekt worden door kleilagen met hoge weerstand. Daarom is berekend wat het effect is van het verdiepen van 23,7 miljoen m³/jaar (13,4 mm/jaar) uit het eerste watervoerende pakket naar het tweede en derde watervoerende pakket. Dit is gelijk aan het volume van alle ondiepe bestaande onttrekkingen voor drinkwater en industrie in de Centrale Slenk in het eerste watervoerende pakket.

De effecten op de waterbalans, grondwaterstanden, stijghoogten en beekafvoer zijn beperkt. De diepe stijghoogten in de Centrale Slenk zullen over een groot gebied aanzienlijk dalen (50 tot 100 cm), maar de effecten aan maaiveld zijn nauwelijks merkbaar (Tabel 5-3). De grondwaterstand en beekafvoer veranderen gemiddeld zo weinig dat dit niet meetbaar is.

Tabel 5-3 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied ten gevolge van het verdiepen van de bestaande winningen in de Centrale Slenk van het eerste naar het tweede en derde watervoerende pakket

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 1 | -69 | 0 | -53 | 2 | -99 |
| Kempisch Plateau | -1 | -6 | -1 | -3 | -1 | -6 |
| Peelhorst | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| West-Brabant | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peilgestuurd | 0 | -3 | 0 | -5 | 0 | -6 |

Er zal minder oud grondwater uit diepe lagen naar boven kunnen stromen. Ten gevolge van het verdiepen van de winningen zal de stroming van het tweede naar het eerste watervoerende pakket afnemen (Figuur 5-12). Op veel plekken zal de bestaande infiltratie van eerste naar tweede watervoerende pakket toenemen. Maar ook locaties met diepe kwel zullen beïnvloed worden.



Figuur 5-11 Verandering in flux van het tweede naar het eerste watervoerende pakket (mm/jaar) ten gevolge van het verdiepen van de bestaande winningen in de Centrale Slenk van het eerste naar het tweede en derde watervoerende pakket.

De invloed van dieper onttrekken uit de Centrale Slenk op de totale waterbalans is gering. Er zal 5 miljoen m³/jaar meer water door het oppervlaktewatersysteem worden afgevoerd. Dit water wordt uit de omgeving aangetrokken. In hoofdstuk 6 wordt nader in gegaan op de kwelbehoefte van natuurgebieden en in hoofdstuk 7 wordt nader ingegaan op de invloed van kwel op waterkwaliteitsaspecten.

5.7 Effecten van W_H klimaat op landbouwberekening (scenario 5)

Inleiding

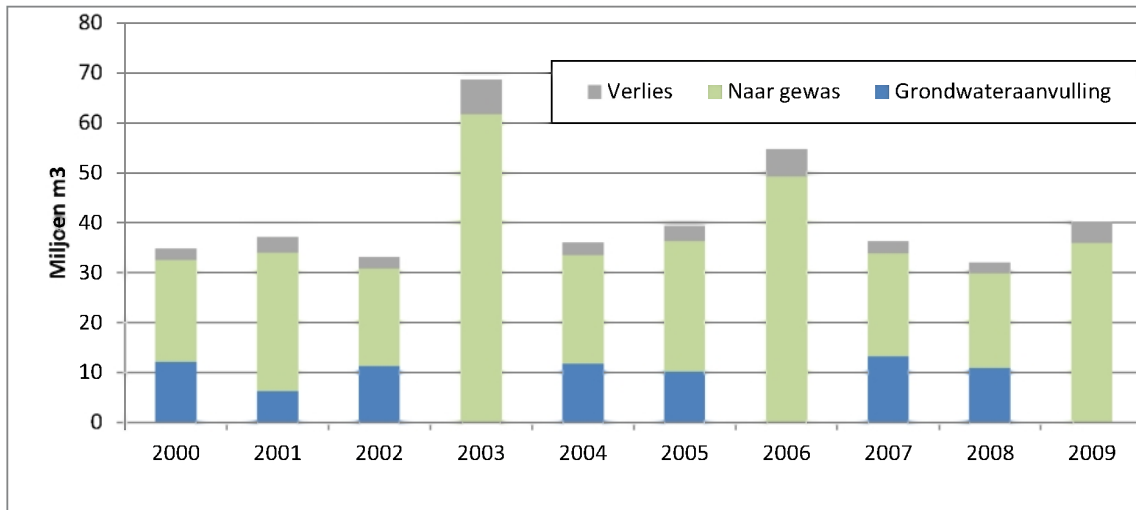
De laatste 10 jaar wordt gemiddeld 36 miljoen m³/jaar beregend. In natte jaren is dit minder; in droge jaren meer: ongeveer 73 miljoen m³ in 2003 en 61 miljoen m³ jaar in 2006. In deze paragraaf wordt in beeld gebracht wat het effect is van vergroting van deze hoeveelheid op basis van het W_H scenario. In klimaatscenario G_L is het effect op de berekening klein. Voor dit scenario zal er weinig veranderen ten opzichte van de huidige situatie.

Effect van berekening op het grondwatersysteem

Om te begrijpen wat het effect is van berekening is het belangrijk om de route van het beregeningswater te begrijpen. Berekening komt van verschillende watervoerende pakketten. De agrariër zoekt zelf naar de optimale dieptewaar een put kan worden geïnstalleerd die goed water levert. Dit wordt gedaan binnen de gestelde grenzen gesteld door het waterschap. In de Centrale Slenk en de Peelhorst is dit in het bovenste watervoerende pakket; in het Kempisch Plateau en West-Brabant is dit vooral het tweede watervoerende pakket, van onder de scheidende lagen. Dit water wordt met een beregeningsinstallatie op het land gebracht. Daarbij verdeelt het water zich als volgt:

- 10 % van het water verdampt direct;
- Het grootste gedeelte wordt door het gewas gebruikt (plantengroei en vooral gewasverdamping);
- Een gedeelte van het water wordt niet door de plant gebruikt en komt weer ten goede aan het grondwater. Dit is dus opgepompt grondwater dat weer aan het ondiepe grondwater ten goede komt.

In droge jaren (2003, 2006 en 2009) wordt al het water door het gewas gebruikt; er is geen verlies naar het grondwater. In nattere jaren gebeurt dit wel. Van de 35 miljoen m³ beregeningswater komt gemiddeld 7 miljoen m³ weer in het grondwater. Dit is gelijk aan gemiddeld 1,4 mm/jaar. Op de gehele waterbalans is dit een kleine hoeveelheid.



Figuur 5-12 Beregeningsgift per jaar onderverdeeld in verlies (naar de lucht), opname door het gewas (verdamping) en aanvulling naar het grondwater (Bron: Brabant model)

Mogelijk toekomstbeeld

Het is onzeker hoe de beregening zich in de toekomst zal ontwikkelen (zie paragraaf 3.1). Een toename van beregening is te verwachten bij een warmer klimaat. Laten we aannemen dat het KNMI W_H waarheid wordt. In dat geval wordt het warmer met grotere vochttekorten en een bijbehorende benodigde beregening van 74 miljoen m^3 /jaar. In één zomermaand wordt een hoeveelheid van 40 miljoen m^3 onttrokken. In een droog jaar binnen het W_H scenario is de totale beregeningshoeveelheid zelfs 117 miljoen m^3 /jaar (zie scenario W_H). De toename in beregening verschilt per deelgebied (Tabel 5-4). In de Centrale Slenk en de Peelhorst wordt relatief het meest beregend en hier is ook de grootste toename te verwachten. In het peilgestuurde gebied wordt nauwelijks uit grondwater beregend omdat hier voldoende oppervlaktewater voorradig is. De toename beregening in het peilgestuurde gebied vindt daarom alleen plaats aan de randen van dit deelgebied.

Tabel 5-4 Toename in beregening per deelgebied in scenario W_H

| Deelgebied | Toename in beregening | |
|------------------|-----------------------|-----------|
| | (miljoen m^3 /jaar) | (mm/jaar) |
| West Brabant | 7 | 8,9 |
| Peilgestuurd | 3 | 2,0 |
| Kempisch Plateau | 7 | 12,8 |
| Centrale Slenk | 14 | 7,9 |
| Peelhorst | 8 | 12,0 |
| Totaal | 39 | |

De combinatie van klimaatverandering (Scenario W_H) en extra beregening heeft effect op het grondwatersysteem:

- Daling van de grondwaterstand en stijghoogte in de zomermaanden;
- Afname van de kweldruk in de zomermaanden;
- Afname van de beekafvoer in de zomermaanden (circa 20%).

De klimaatverandering en extra berekening hebben effect op meerdere watergebruikers, maar zijn het meest kritisch voor de natuur. Daarom gaan we nader in op de gevolgen voor de grondwaterstanden in de zomer in de natuurgebieden. De verandering in grondwaterstanden in een zomersituatie varieert tussen de 4 en 15 cm (

Tabel 5-5). Het betreffen gemiddelde waarden, die lokaal dus nog hoger kunnen zijn. Klimaatverandering en de berekening hebben het meest effect op het Kempisch Plateau. De grondwaterstand daalt hier gemiddeld 15 cm in de zomer in de natuurgebieden.

Tabel 5-5 *Gemiddelde verlaging in grondwaterstand in de zomer (GLG) in natuurgebieden ten gevolge van klimaatverandering en meer berekening volgens het scenario W_H*

| Deelgebied | Verlaging in GLG in natuurgebieden (cm) |
|------------------|---|
| Centrale Slenk | 6 |
| Kempisch Plateau | 15 |
| Peelhorst | 9 |
| West-Brabant | 10 |
| Peilgestuurd | 4 |

6 Analyse van de waterbalans

In dit hoofdstuk wordt stapsgewijs uiteengezet hoeveel grondwater aanwezig is in het Brabantse grondwatersysteem en hoe dit wordt aangevuld. We beginnen met de theoretische grondwatervoorraad (paragraaf 6.1), al het grondwater boven de geohydrologische basis. Een deel van dit water is zout en daarom niet geschikt om drinkwater van te maken. Een gedeelte van dit water komt ten goede aan het diepere grondwater omdat er ook grondwater wordt gedraineerd door het oppervlaktewater. De verticale aanvulling is daarom kleiner dan de grondwateraanvulling. In paragraaf 6.2 wordt uiteen gezet welke hoeveelheid grondwater verticaal infiltreert naar het diepe grondwater en hoe deze hoeveelheid zich verhoudt tot de onttrekking van grondwater. Vervolgens wordt geanalyseerd of dit tot uitputting van de grondwatervoorraden kan leiden (paragraaf 6.3). In de bijlages van dit rapport zijn negen scenario's uitgebreid besproken. In paragraaf 6.4 worden de verschuivingen in waterbalans samengevat, waarna nader wordt ingegaan op het aspect beekafvoer (paragraaf 6.5). Natuur is afhankelijk van voldoende kwelwater. Dit onderdeel van de waterbalans wordt nader beschreven in paragraaf 6.6. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvattend overzicht van de bandbreedtes in onttrekking van grondwater en aanvulling van het grondwatersysteem.

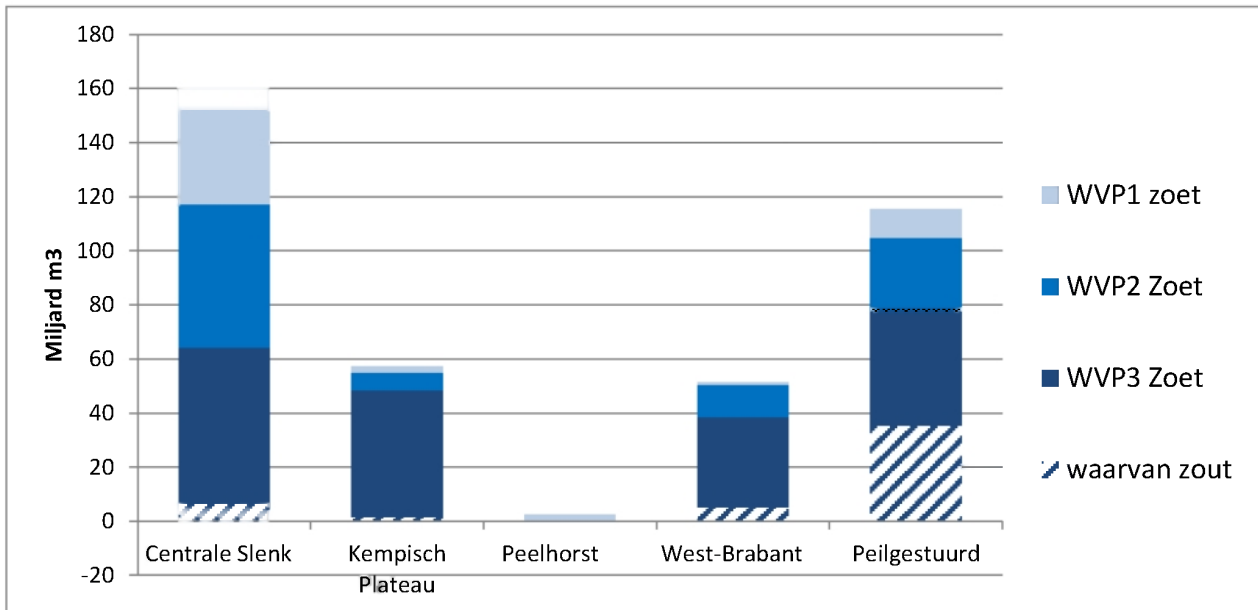
6.1 Theoretische grondwatervoorraad

Definitie

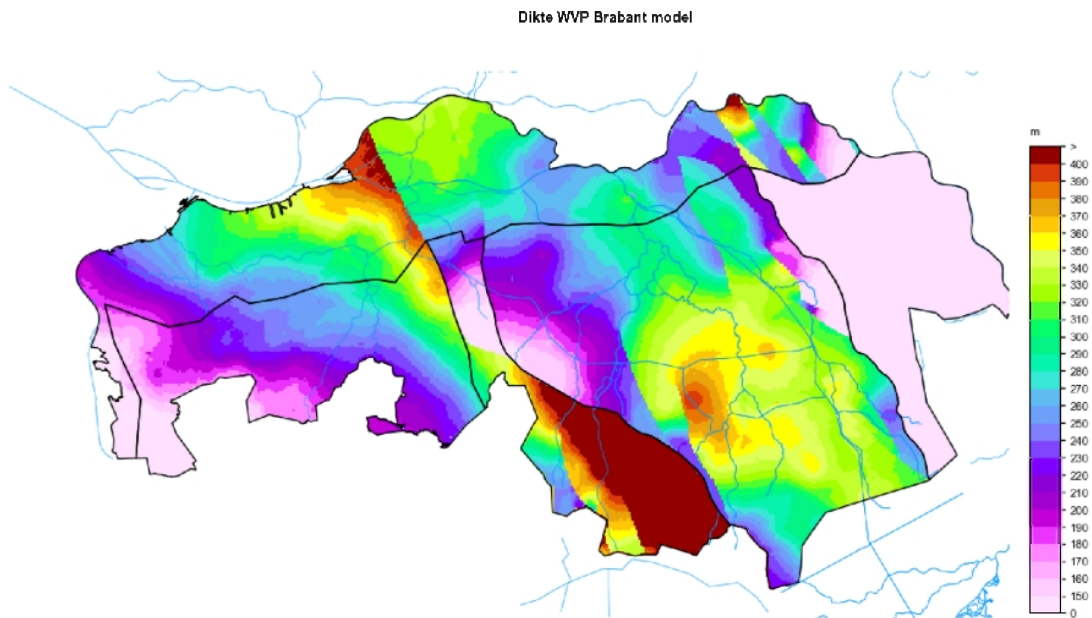
De theoretisch maximaal hoeveelheid winbare grondwater in de ondergrond is gedefinieerd als de zoete grondwatervoorraad boven de geohydrologische basis. Niet deze gehele voorraad is praktisch winbaar. Winning van grondwater heeft gevolgen voor de omgeving, zoals gepresenteerd in hoofdstuk 5.

Werkwijze

De theoretische grondwatervoorraad van Noord-Brabant (Figuur 6-1) is uitgerekend aan de hand van de dikte van de watervoerende pakketten, opgenomen in REGIS 2.1 en dus ook het Brabant Model (Figuur 6-2). Deze dikte is vermenigvuldigd met de porositeit, het aandeel grondvolume dat met water is gevuld. Dit betekent dat 30% van het volume gevuld is met grondwater. De totale theoretische grondwatervoorraad van Noord-Brabant bedraagt dan ongeveer 379 miljard m³. De onderverdeling per deelgebied en watervoerend pakket is weergegeven in Figuur 6-1. Theoretisch zit de grootste grondwatervoorraad in het derde watervoerende pakket, echter dit is voor een deel zout. De grondwatervoorraad is daarom gecorrigeerd voor de aanwezigheid van zout grondwater. Hiervoor is gebruik gemaakt van de diepteligging van het zoet-zout grensvlak (Figuur 6-4). Op deze manier kan de totale dikte van het zoete grondwaterpakket worden berekend (Figuur 6-3). In het peilgestuurde gebied is bijna de helft van de grondwatervoorraad in het derde watervoerend pakket zout. In totaal is de zoete grondwatervoorraad 329 miljard m³.

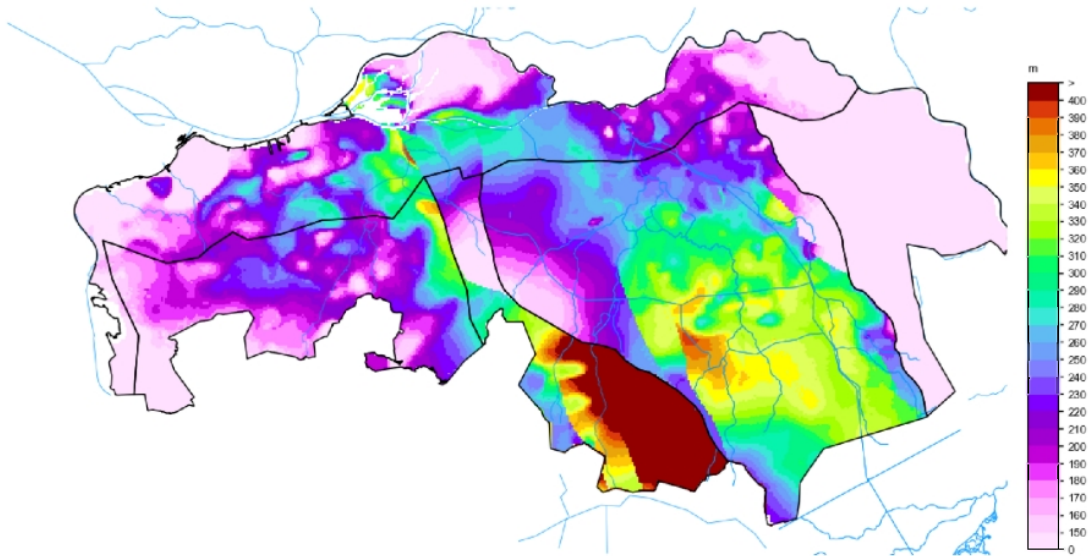


Figuur 6-1 Theoretische grondwatervoorraad per deelgebied en watervoerend pakket (in miljard m³)



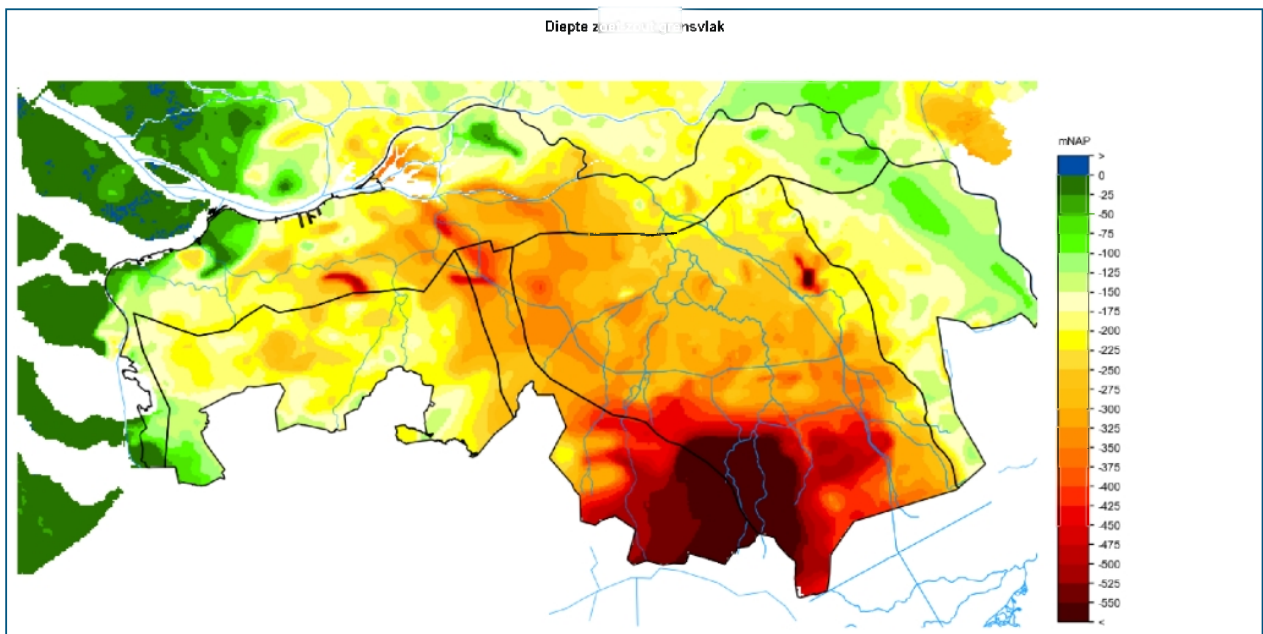
Figuur 6-2 Totale dikte watervoerend pakket (obv het Brabant Model)

Dikte WVP Brabant model gecorrigeerd voor zoet-zout grensvlak



Figuur 6-3 Totale dikte watervoerend pakket gecorrigeerd voor het zoet-zout grensvlak.

Diepte zoet-zout grensvlak



Figuur 6-4 Diepte van het zoet-zout grensvlak (De Lange et. al, 2014)

6.2 Vergelijking aanvulling eerste watervoerende pakket met onttrekking

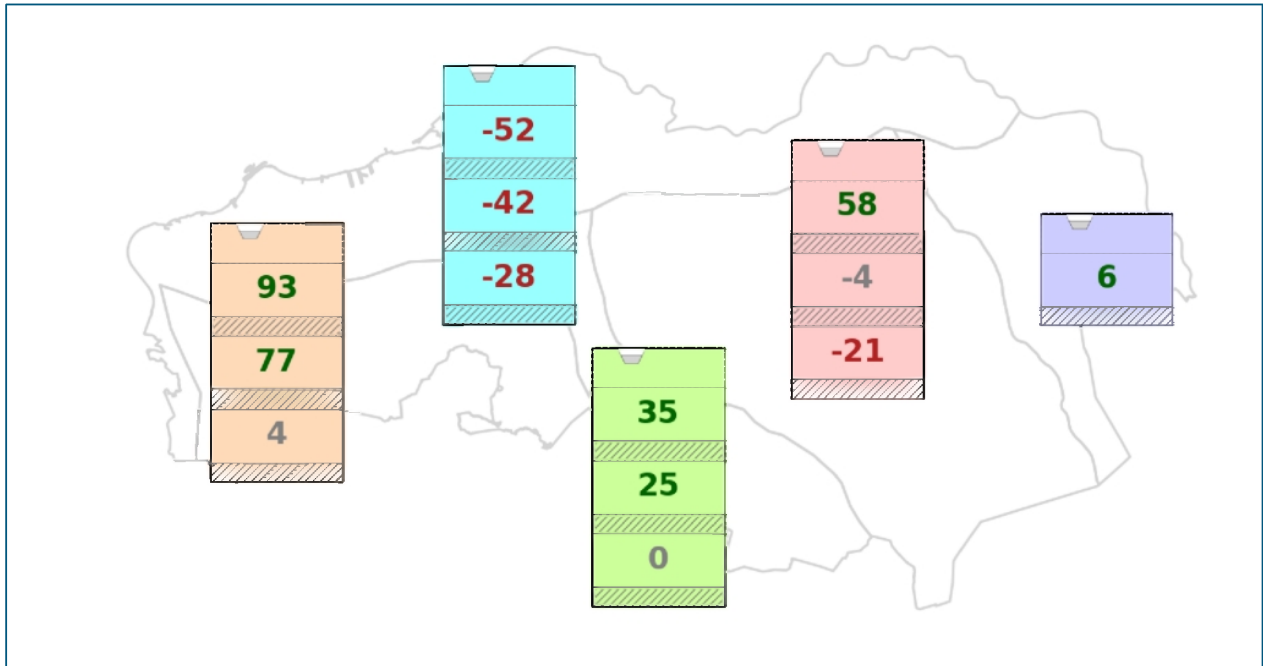
In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt van de verticale voeding van het watervoerend pakket en de onttrekking van het grondwater uit dit pakket. Deze vergelijking geeft een idee van de herkomst van het onttrokken water. Komt dit van bovenaf, of van elders, zoals van onderaf of van buiten het gebied?

In Tabel 6-1 is de verhouding tussen grondwateraanvulling, de voeding naar het eerste watervoerende pakket en de totale onttrekking uit het grondwater weergegeven voor een gemiddeld jaar. De voeding naar het eerste watervoerende pakket is gelijk aan de grondwateraanvulling minus de hoeveelheid water die wordt gedraineerd door het oppervlaktewater plus de hoeveelheid water die infiltreert vanuit het oppervlaktewater (zie ook **Error! Reference source not found.**). Op de schaal van Noord-Brabant stroomt ongeveer even veel water naar de diepere watervoerende pakketten (197 miljoen m³/jaar) als er grondwater onttrokken wordt (255 miljoen m³/jaar). Maar op de schaal van deelgebieden zijn er grote verschillen (**Error! Reference source not found.**). Het peilgestuurde gebied is een kwelgebied en onttrekt daarom per definitie meer water dan er voeding plaats vindt. Voor de Centrale Slenk is de balans ook negatief; er wordt meer grondwater onttrokken dan er aan voeding verticaal bijkomt. Dit wordt gecompenseerd met meer horizontale toestroming uit Limburg en Vlaanderen. Voor de andere drie deelgebieden is de balans positief. Wanneer alleen naar het eerste watervoerende pakket wordt gekeken is de balans wel positief, met uitzondering van het Peilgestuurde Gebied.

Tabel 6-1 Grondwateraanvulling en voeding watervoerende pakket in relatie tot de totale onttrekking van grondwater voor een gemiddeld situatie (miljoen m³/jaar).

| Gebied | Grondwater-aanvulling (M m ³ /jaar) | Voeding watervoerende pakket (Mm ³ /jaar) | Onttrekking WVP 1 (Mm ³ /jaar) | Vershil tussen voeding en onttrekking in WVP 1 (Mm ³ /jaar) | Totale onttrekking uit grondwater (Mm ³ /jaar) | Vershil tussen voeding WVP en totale onttrekking (Mm ³ /jaar) |
|------------------|--|--|---|--|---|--|
| West Brabant | 277 | 93 | 0 | 93 | 69 | 24 |
| Peilgestuurd | 509 | -37 | 15 | -52 | 40 | -77 |
| Kempisch Plateau | 167 | 36 | 2 | 34 | 23 | 13 |
| Centrale Slenk | 534 | 92 | 34 | 58 | 116 | -24 |
| Peelhorst | 199 | 13 | 7 | 6 | 7 | 6 |
| Totaal | 1686 | 197 | 58 | 139 | 255 | -58 |

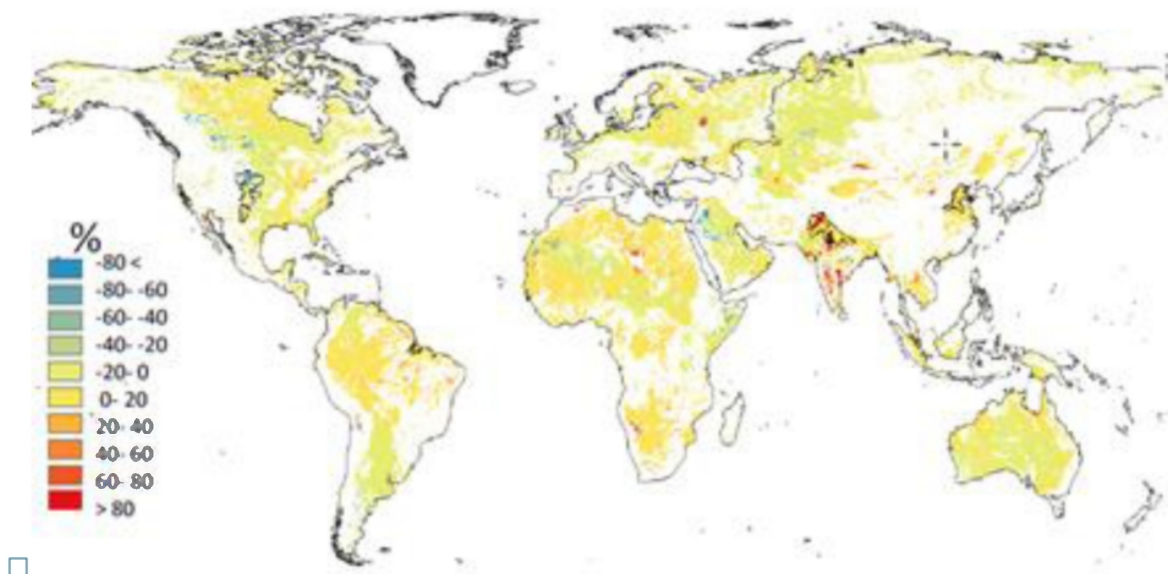
De voeding naar de diepte neemt af, omdat er onderweg water wordt onttrokken of water horizontaal uitstroomt. De diepste watervoerende pakketten ontvangen daarom minder voeding dan de bovenliggende watervoerende pakketten. In Figuur 6-5 wordt het verschil tussen verticale voeding en onttrekking voor alle drie de watervoerende pakketten gepresenteerd.



Figuur 6-5 Verskil tussen verticale voeding van het watervoerend pakket en de hoeveelheid water die onttrokken wordt in miljoen m³/jaar (Groen is netto meer instroming dan onttrekking; rood is netto meer onttrekking)

6.3 Is er sprake van uitputting?

Een van de vragen in de draagkrachtstudie is of er sprake is van uitputting van de grondwatervoorraden. Uitputting is gedefinieerd als het onttrekken van een hoeveelheid grondwater waarbij een continue daling van grondwaterstand en stijghoogte optreedt. Dit is een niet duurzame situatie waarbij op termijn de aquifer geheel uitgeput is en dus geen of nauwelijks water meer bevat. Op wereldschaal vindt dit plaats in India, Pakistan, Noord China, Midden en West USA (De Graaf, 2016). Voor sommige gebieden met grondwateruitputting zijn de grondwaterstanden al zo diep weggezakt dat het grondwater dieper dan 100 meter zit. Nieuwe gebieden waar grondwateruitputting zal gaan plaatsvinden zijn de gebieden waar de watervraag zal gaan toenemen door een droger klimaat, zoals Spanje of Italië (De Graaf, 2016).



Figuur 6-6 Relatieve verandering in te winnen grondwatervolume (in %) ten opzichte van 2010 (Bron De Graaf, 2016)

Technisch intermezzo: evenwicht tussen aanvulling en onttrekking

Een grondwatersysteem wordt aangevuld door de neerslag of door infiltratie vanuit het oppervlaktewater. Het water wordt weer afgevoerd door drainage of de waterlopen. Daarnaast verliest een grondwatersysteem water door onttrekking of horizontale uitstroom. Een systeem is in evenwicht wanneer de aanvulling over een wat langere periode gelijk is aan de afvoer in deze periode. De staat waarin het systeem zich tijdens dat evenwicht bevindt, kan wel sterk verschillen. Zo kan een aquifer in een droog klimaat in de woestijn in evenwicht zijn, als de aanvulling gelijk is aan de onttrekking. Natuurlijke systemen zijn over het algemeen in evenwicht. Wanneer de grondwateraanvulling verandert, zal de afvoer door beken en rivieren zich aanpassen. Aangezien de reactietijden van grondwatersystemen verschillen, kan er nooit gesproken worden over een exact evenwicht. Menselijk ingrijpen kan er voor zorgen dat een systeem uit evenwicht raakt omdat er meer water uit het systeem wordt gehaald dan er bijkomt. Als er structureel meer uit het systeem wordt gehaald dan er bijkomt spreken we van uitputting. Dat komt niet zo snel voor, met uitzondering van een paar plekken op de wereld (zie Figuur 6-6)

Terug naar Noord-Brabant. De totale grondwateraanvulling in de provincie Noord-Brabant is ongeveer 1650 miljoen m³/jaar. Dit is ongeveer 6,5 keer zo veel als wat er onttrokken wordt (255⁴ miljoen m³/jaar).

Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) is uitputting gedefinieerd als een structurele doorgaande daling van grondwaterstijghoogten. Dit betekent dat de stijghoogte wel verlaagd mag zijn ten gevolge van grondwateronttrekkingen, maar niet op zodanige wijze dat de stijghoogtedaling op langere termijn blijft doorgaan. Dit gebeurt alleen als er zo veel grondwater wordt onttrokken dat dit niet meer gecompenseerd kan worden door aanvulling door neerslag, het oppervlaktewater of horizontale toestroming.

Het onttrokken water is deels afkomstig van de grondwateraanvulling, en deels afkomstig van horizontale instroming vanuit België en Limburg. De horizontale aanvulling verschilt per deelgebied. Een groot deel van de grondwateraanvulling wordt afgevoerd door de drainage, sloten, beken en rivieren. Dit gebeurt relatief veel in het peilgestuurde gebied. Op de Peelhorst kan relatief veel water naar het eerste watervoerende pakket infiltreren. Dit wil echter niet zeggen dat hier meer water onttrokken kan worden dan in andere gebieden. Het gaat namelijk om de effecten van de onttrekking op de omgeving. In een dun watervoerende pakket zoals op de Peelhorst zijn de effecten anders dan in een dik watervoerend pakket zoals in de Centrale Slenk.

Voor het grondwatersysteem van Noord Brabant geldt dat ongeveer 15% van de grondwateraanvulling weer wordt onttrokken. Het overige water wordt afgevoerd door waterlopen of stroomt het gebied weer uit. Een toename van de onttrekking zorgt voor een nieuw evenwicht, waarbij de extra grondwateronttrekking wordt gecompenseerd door een afname van de afvoer of meer infiltratie vanuit de waterlopen. In Noord-Brabant is een dicht stelsel waterlopen aangelegd. Meer onttrekking is daarom direct gerelateerd aan minder afvoer door het oppervlaktewater en meer voeding naar het eerste watervoerende pakket. Dit is eerder geïllustreerd in Figuur 5-3.



Figuur 6-7 Schematische weergave van uitputting van een grondwatersysteem

⁴ De onttrokken hoeveelheid grondwater verschilt sterk per jaar als gevolg van grote variatie in de hoeveelheid onttrokken water voor berekening. In dit getal zijn de 'onbekende' onttrekkingen buiten beschouwing gelaten, zoals de onttrekking voor veedrenking.

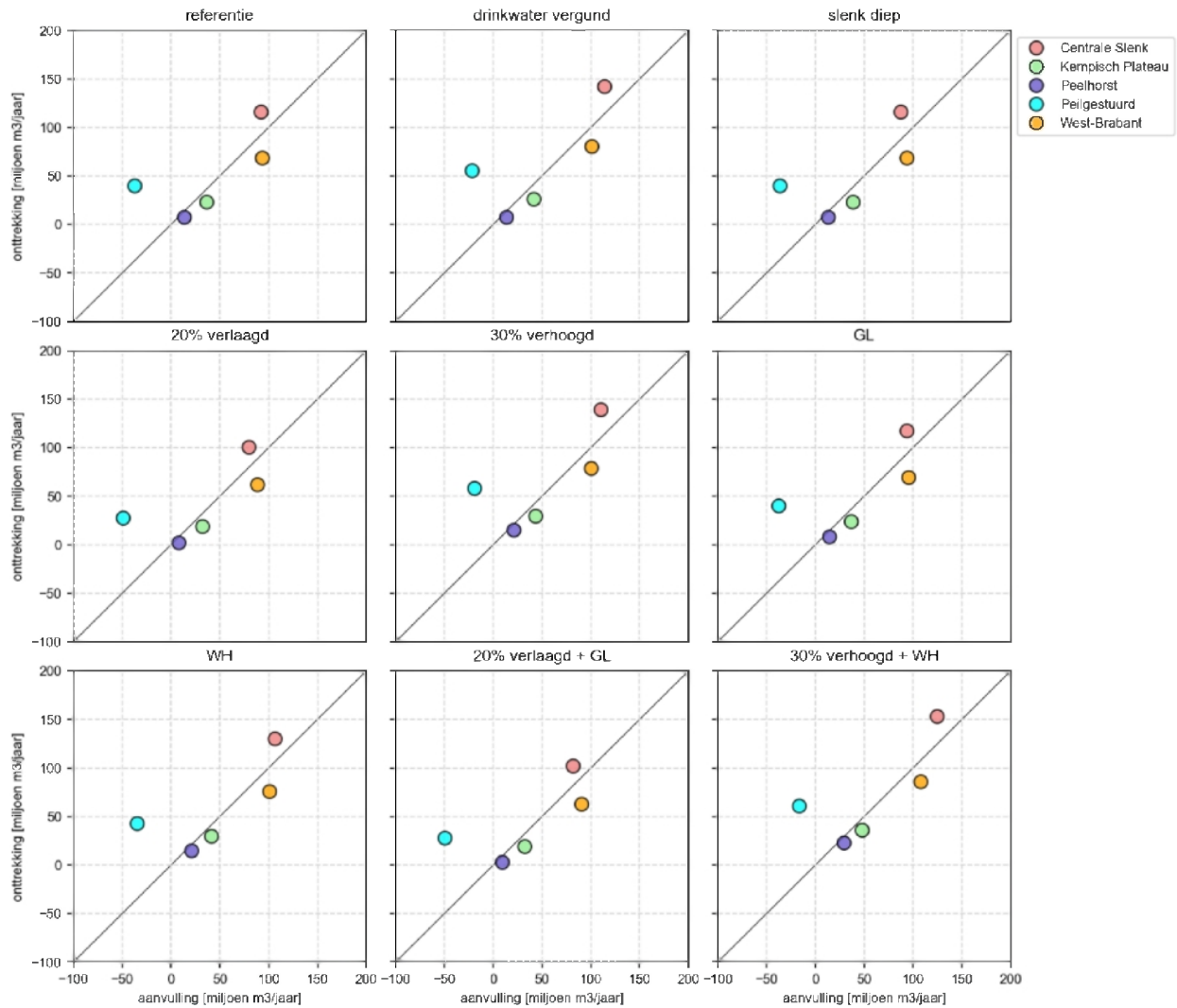
Figuur 6-7 geeft schematisch weer wat er gebeurt als er steeds meer grondwater wordt onttrokken:

1. Door meer grondwater te onttrekken zal de grondwaterstand en stijghoogte dalen. De daling in grondwaterstand wordt gedempt door het oppervlaktewatersysteem. Deze zullen minder water gaan afvoeren. Bovenlopen zullen als eerste droog kunnen vallen. Als dat gebeurt, zal de grondwaterstand in dit gebied weer sneller dalen.
2. Als de grondwaterstand nog verder zal dalen, zullen ook grotere beken aanzienlijk minder water gaan afvoeren en zelfs droog kunnen vallen.
3. Bij een nog grotere daling, zal alleen de Maas overblijven als watervoerend. De Maas zal niet langer meer kunnen draineren. Rivierwater aangevoerd vanuit België zal infiltreren in het grondwatersysteem. Het evenwicht is drastisch veranderd. De grondwaterstand zal enkele meters lager liggen of het freatisch pakket zelfs geheel droog leggen. De stijghoogte zal tientallen meters lager liggen.

Een steeds grotere onttrekking van grondwater in Noord-Brabant zal dus effect hebben op grondwaterstanden, kwel en oppervlaktewaterafvoer. Het is echter theoretisch mogelijk om 1650 miljoen m³/jaar of zelfs nog wat meer grondwater te onttrekken, zonder de aquifer geheel leeg te pompen.

6.4 Beïnvloedbaarheid van de waterbalans

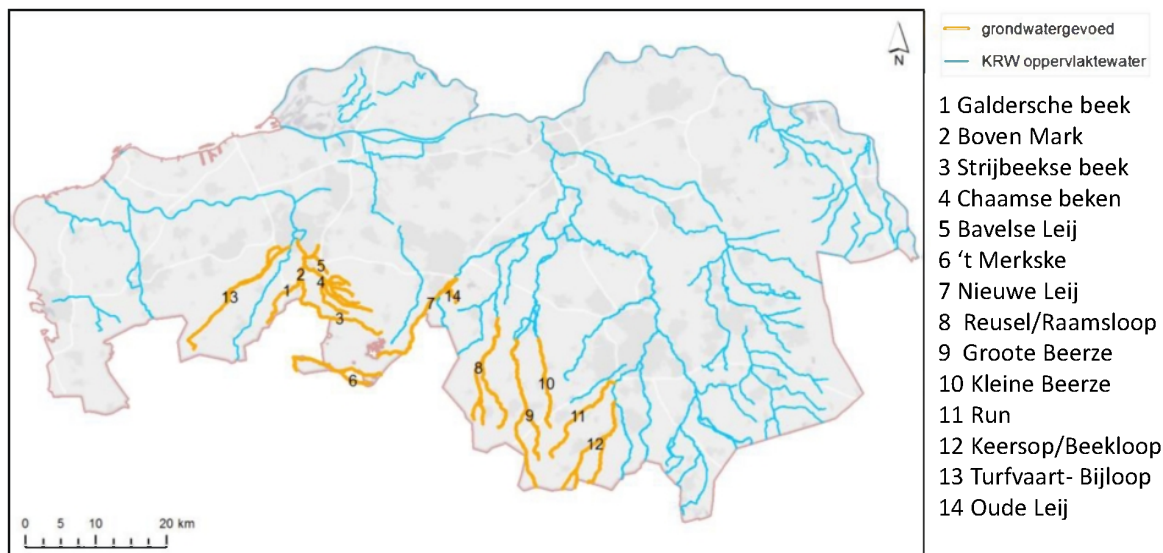
De draagkracht van het grondwatersysteem is beoordeeld aan de hand van de verhouding tussen onttrekking en aanvulling. Daarbij is getoetst of de aanvulling groter is dan de onttrekking. Voor de Slenk en het Peilgestuurde gebied is dat niet het geval. In geval van klimaatverandering of verandering in onttrekking verandert het evenwicht tussen aanvulling en onttrekking. In bijlage 1 zijn negen scenario's doorgerekend rekening houdend met verandering in grondwateraanvulling en onttrekking. In Figuur 6-8 is te zien dat zich een nieuw evenwicht instelt, maar dat de systeemkenmerken van de deelgebieden dominant zijn. De Slenk en het Peilgestuurde gebied blijven boven de diagonale lijn liggen voor alle scenario's. Dit betekent dat de onttrekking altijd groter blijft dan de aanvulling. De figuur laat zien dat de absolute hoeveelheden veranderen, maar dat de verhouding tussen onttrekking en voeding relatief gelijk blijft. De verhouding tussen onttrekking en voeding is daarom niet onderscheidend en geen goede indicator voor de draagkracht van het grondwatersysteem.



Figuur 6-8 Verhouding tussen onttrekkingen en verticale aanvulling naar het eerste watervoerende pakket (in miljoen m³/jaar)

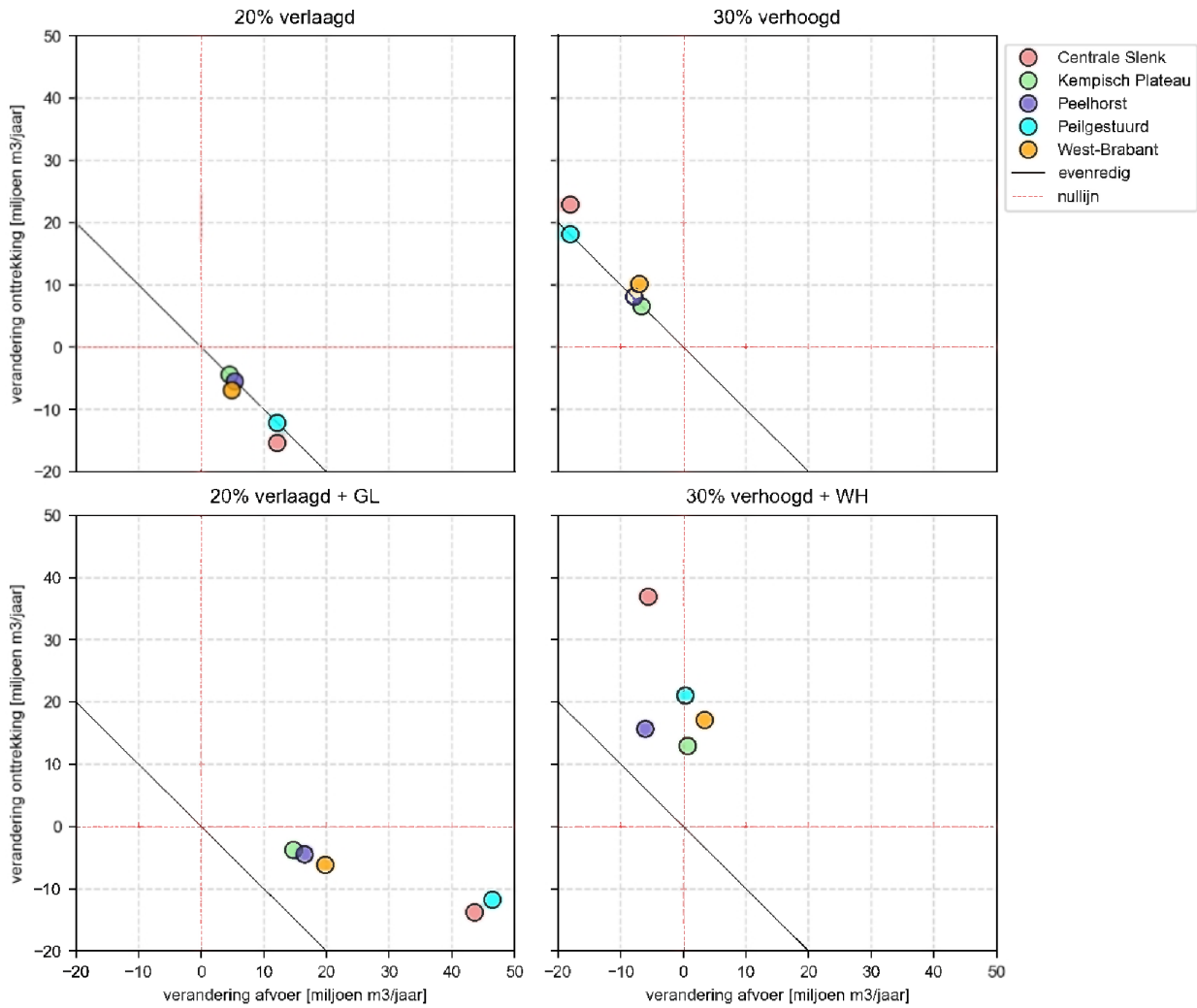
6.5 Effecten op (beek)afvoer

Vermindering in afvoer is vooral van belang voor de bovenlopen van de beeksystemen die afhankelijk zijn van voeding door het grondwater (Figuur 6-9). Dit zijn vooral beeksystemen in West-Brabant en het Kempisch Plateau.



Figuur 6-9 Ligging van (grondwater gevoede) beken

De verhouding tussen de verandering in afvoer door het oppervlaktewater en de grondwateronttrekking is in beeld gebracht in Figuur 6-10. Het betreft alle afvoer door sloten, beken en de Maas. In de figuur is een lijn getrokken langs de gelijke debieten in onttrekking en verandering in afvoer. Punten die op deze lijn liggen geven dus bij een gelijke verandering in onttrekking een zelfde verlaging in afvoer. Dit is globaal het geval voor de scenario's waarin de onttrekking wordt verhoogd of verlaagd (bovenste twee plaatjes binnen Figuur 6-10). Het deelgebied De Centrale Slenk is het minst gevoelig voor veranderingen in beekafvoer van alle deelgebieden. Dit komt doordat extra onttrekking in De Centrale Slenk ver uitstraalt naar andere deelgebieden. Het Kempisch Plateau is het meest gevoelig voor verandering in onttrekking. De mate van grondwateraanvulling heeft relatief veel invloed op de afvoer door beken. In geval de grondwateraanvulling sterk toeneemt (G_L scenario) en de onttrekking met 20% afneemt, dan zullen vooral de Centrale Slenk en het Peilgestuurde Gebied extra oppervlaktewater gaan afvoeren. In geval van het andere uiterste, 30% meer onttrekking en het W_H scenario, dan verandert de gemiddelde afvoer in alle deelgebieden beperkt, ook al wordt vooral in de Centrale Slenk veel meer water onttrokken (voor beregening).



Figuur 6-10 Verhouding tussen gemiddelde verandering in onttrekking en verandering in gemiddelde oppervlaktewaterafvoer (in miljoen m³/jaar) voor vier doorgerekende scenario's (zie Bijlage 1) met een combinatie tussen verandering in klimaat en onttrekking

6.6 Waterbehoefte natuur

Ongeveer 59.000 ha van de natuur van Noord-Brabant is afhankelijk van voldoende grondwater van goede kwaliteit. Het betreft zowel bestaande natuurgebieden als nieuw te realiseren natuur. Het gaat om:

1. 19.000 ha kwelafhankelijk natuur, o.a. schraallanden en broekbossen;
2. 20.000 ha natte natuur zonder kwel, o.a. moeras, nat kruidenrijk grasland en wilgenstruweel;
3. 20.000 ha natte natuur met vermindering van infiltratie naar ondergrond, hoogveen en natte heide.

Deze paragraaf concentreert zich op de kwelafhankelijke natuur.

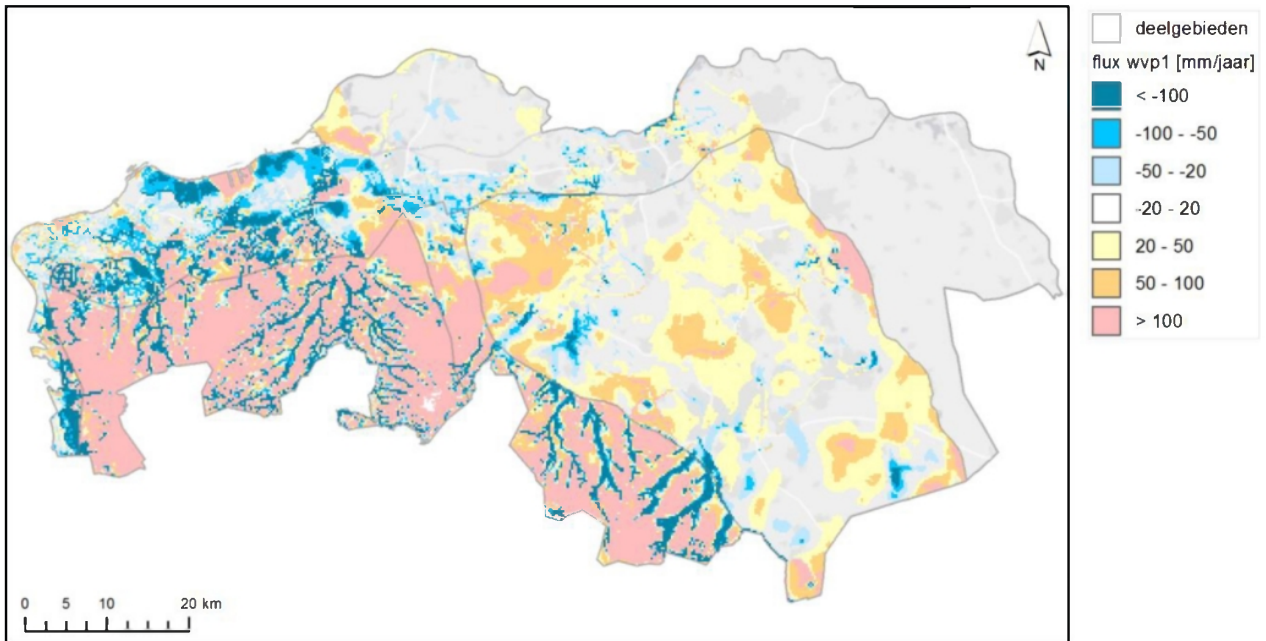
Kwelafhankelijke natuur

Kwelafhankelijke natuur moet voldoende kwel uit diepere lagen krijgen. Door de provincie Noord-Brabant is deze behoefte gedefinieerd als gemiddeld ongeveer 0,5 à 0,8 mm per dag extra kwel voor de 19.000 ha kwelafhankelijke natuur. Dit staat gelijk aan 30 à 55 miljoen m³ extra kwel per jaar. Extra kwel kan verkregen worden door minder water diep te onttrekken, of door de grondwaterstand in de omgeving van een kwelgebied te verhogen. In het kader van draagkracht kijken we naar de effecten van onttrekkingen van grondwater.

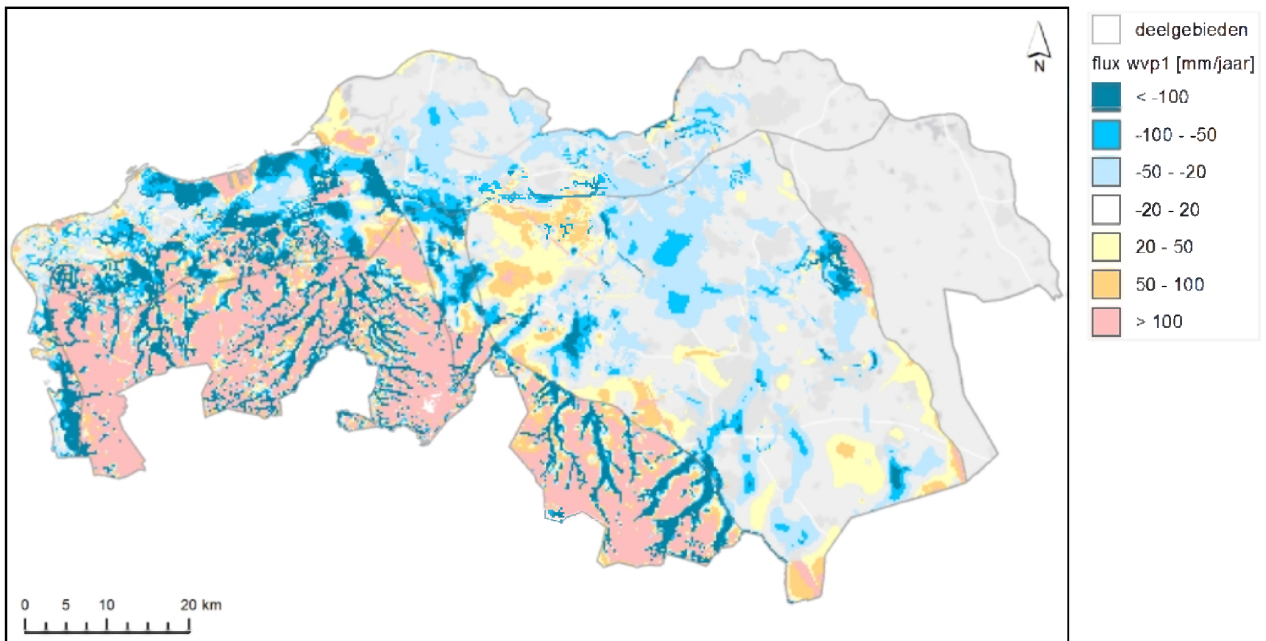
Stel dat er 20% minder grondwater wordt onttrokken uit de bestaande drinkwaterwinningen (scenario 9), dan wordt in totaal 44 miljoen m³/jaar minder water onttrokken uit alle watervoerende pakketten. Deze vermindering resulteert in 9,6 miljoen m³/jaar meer kwelstroming voor het gehele grondgebied van Noord-Brabant. Een gedeelte van dit gebied is natuurgebied en zal hiervan profiteren.

Relatie kwel en waterkwaliteit

Kwelafhankelijke natuurgebieden zijn afhankelijk van een goede waterkwaliteit. Van nature stroomt dit water vanuit diepere lagen naar kwelgebieden. Deze kwelgebieden zijn de beken, de aangrenzende beekdalen en de overgang van het zandgebied naar het poldergebied ("de naad"). Dit kwelwater is uit mariene afzettingen afkomstig en bevat daarom calcium, ijzer en is zuurstofloos en is meestal honderden tot duizenden jaren oud en daarom niet vervuild. Deze watersamenstelling is heel belangrijk voor het ecosysteem, zoals kalkafhankelijk plantensoorten. IJzer is belangrijk voor het vastleggen van fosfaat zodat voedselarme omstandigheden ontstaan die kansen bieden voor zeldzame planten (bijvoorbeeld orchideeën). Kwel is ook belangrijk voor de waterkwaliteit van beken, in het bijzonder tijdens de droge perioden. De opwaartse stroming van het tweede naar eerste watervoerende pakket geeft een beeld waar deze diepe kwel nog voor kan komen (Figuur 6-11). Op de Naad van Brabant, de overgang van zand naar kleigebied komt nog de meeste kwel voor. Daarnaast wordt water aangetrokken aan de rand van de Brabantse Wal en de beekdalen. Van nature kwam diepe kwel op veel meer plekken in Noord-Brabant voor. Vooral in de Centrale Slenk is de situatie veranderd. Van nature stroomde meer grondwater in de Centrale Slenk netto omhoog vanuit het tweede watervoerende pakket. De kwelstroming is in de Centrale Slenk tegenwoordig beperkt tot enkele gebieden. Als er geen grondwater onttrokken zou worden zou er vooral in het noordelijk deel van de Centrale Slenk veel meer grondwater omhoog stromen naar het eerste watervoerende pakket (Figuur 6-12). Dit diepe kwelwater kan nog ondiep onder beken worden aangetroffen, maar wordt nu geleidelijk vervangen door de kwel vanuit het ondiepe pakket.



Figuur 6-11 Berekende flux van het tweede naar het eerste watervoerende pakket. In blauw zijn de kwelgebieden.



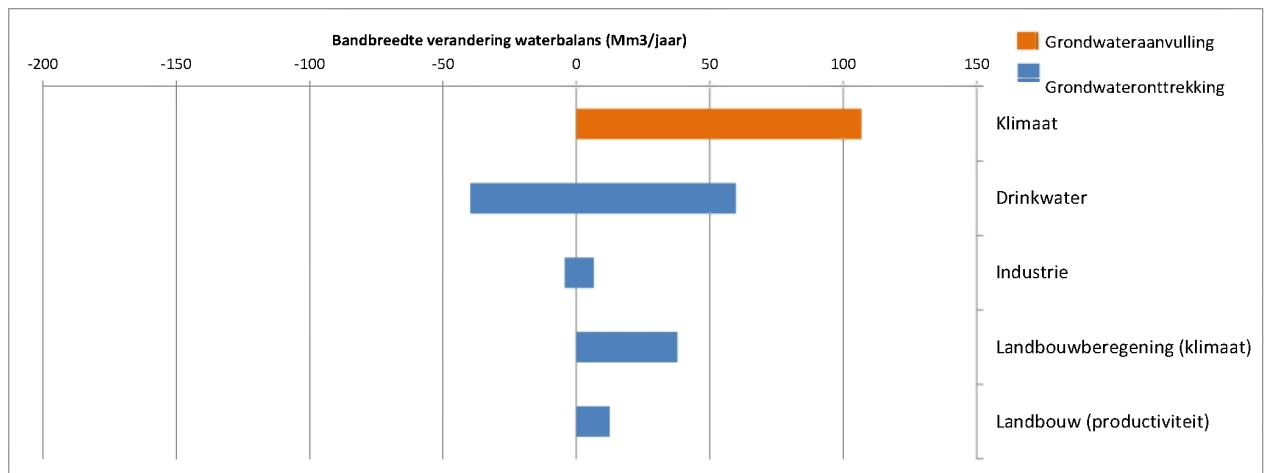
Figuur 6-12 Berekende flux van het tweede naar het eerste watervoerende pakket indien er geen onttrekking of berekening plaats vindt. In blauw zijn de kwelgebieden.

6.7 Verhouding verandering grondwateraanvulling en onttrekking

Deze paragraaf geeft een samenvattend overzicht van de mogelijke veranderingen in grondwateraanvulling en onttrekking. Er is onderscheid gemaakt in de bandbreedte op jaarbasis (**Error! Reference source not found.**) en voor een gemiddeld zomerhalfjaar (Figuur 6-14).

Voor een gemiddelde situatie (**Error! Reference source not found.**) is te zien dat:

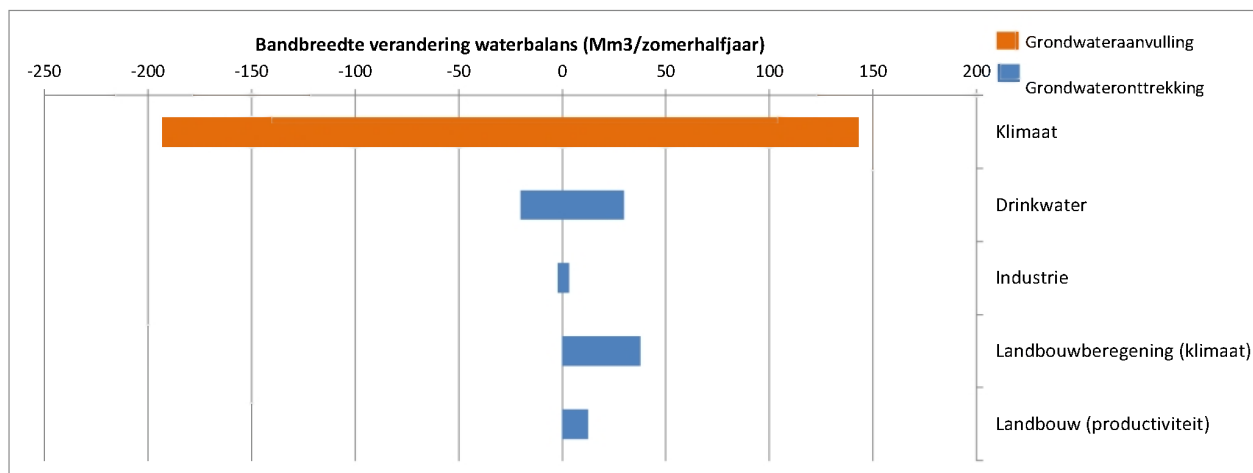
- Klimaatverandering zorgt netto in Noord-Brabant voor een toename van de grondwateraanvulling van ongeveer 100 miljoen m³/jaar. Bedacht moet worden dat ongeveer 80% van deze hoeveelheid gedraineerd wordt door het oppervlaktewater en dat 20% voor het grondwater overblijft;
- In deze studie is rekening gehouden met een verandering in grondwateronttrekking van -20% tot + 30%. De 30% toename van de drinkwateronttrekkingen komen overeen met landelijke voorspellingen voor maximaal 30% extra watergebruik.
- Voor de industrie is ook een bandbreedte van -20% tot + 30% weergegeven. De industrie houdt zelf rekening met -5% tot + 5%.
- De landbouw zal door beregening 38 miljoen m³ meer grondwater kunnen gaan onttrekken in het KNMI W_H scenario.
- De landbouwberegening kan ook uitbreiden ten gevolge van uitbreiding in productie of overschakeling naar arbeidsintensieve teelten. Schatting is dat dit maximaal 12 miljoen m³/jaar is.



- *Figuur 6-13 Verandering van de waterbalans posten grondwateraanvulling en grondwateronttrekkingen (gemiddeld Mm³/jaar).*

De verschillen tussen zomer en winterseizoenen kunnen groot zijn. Daarom is een aparte figuur gemaakt voor het zomerseizoen, (Figuur 6-14):

- De grondwateraanvulling kan in de zomer sterk afnemen. Deze verandering is afhankelijk van het klimaatscenario. Binnen het drogere W_H scenario wordt een sterke afname van de grondwateraanvulling in de zomer verwacht, terwijl in het G_L scenario een toename mogelijk is. Deze bandbreedte is in de figuur weergegeven.
- De onttrekkingshoeveelheden voor industrie en drinkwater zijn in de zomer ongeveer de helft van het jaargemiddelde;
- De berekening vindt plaats in het zomerseizoen en is dus gelijk aan het jaargemiddelde.

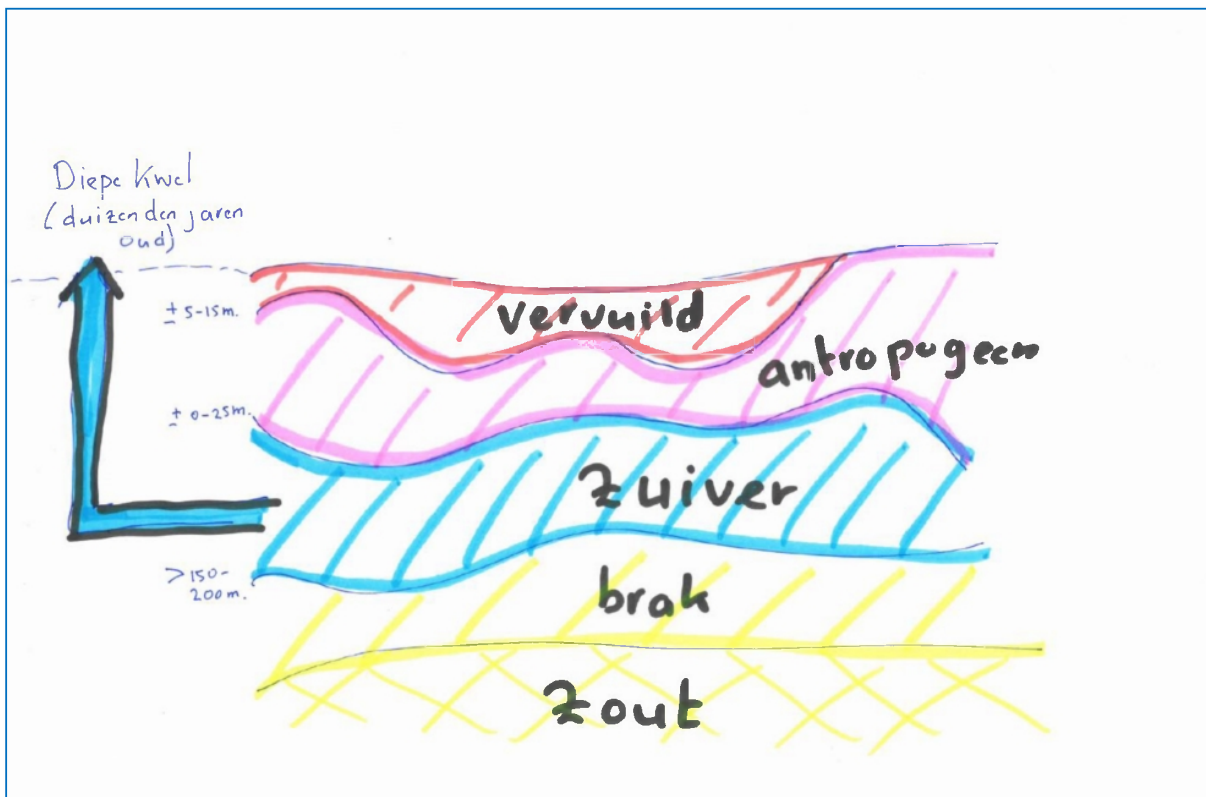


Figuur 6-14 Verandering van de waterbalans posten grondwateraanvulling en grondwateronttrekkingen (gemiddelde Mm3 per zomerhalfjaar). Zomer is gedefinieerd als april t/m september.

7 Grondwaterkwaliteit

Moet bij het analyseren van de draagkracht van het grondwatersysteem ook de (grond-) waterkwaliteit worden betrokken? In relatie tot draagkracht en waterkwaliteit kan aan de volgende processen worden gedacht:

1. Grondwaterverziltting t.g.v. verticale opkegeling, laterale zoutwaterintrusie en regionale verticale stijging van de zoet-zoutovergang;
2. Oppervlaktewater verziltting t.g.v. het landinwaarts binnendringen van zout oppervlaktewater bij eventueel afgenomen oppervlaktewater afvoeren;
3. Verdieping van het ondiepe "vervuilde en antropogeen beïnvloede grondwater" t.g.v. veranderde fluxen naar de diepte (Figuur 7-1)
4. Verandering van de kwaliteit van beekwater en andere gebieden die gedeeltelijk worden gevoed door kwelwater. Ten gevolge van kwelafname kunnen evenwichten worden verstoord. Hierbij valt te denken aan de rol die ijzerrijke kwel speelt bij het vastleggen van fosfaat.
5. Veranderingen in grondwatervoeding vanuit het oppervlaktewaterstelsel.



Figuur 7-1

Van boven naar beneden kunnen schematisch 5 kwaliteitszones worden onderscheiden: (1) vervuild, voldoet aan de KRW-norm, (2) beïnvloed (antropogeen), (3) onbeïnvloed, geen menselijke sporen meetbaar, meestal meer dan honderden jaren oud, (4) brak grondwater en (5) zout grondwater. Veel kwelgebieden ontvangen grondwater van grote diepte dat niet beïnvloed is.

De afgelopen tijd wordt beseft dat de vervuilde en antropogene zone in het grondwater relatief snel lijkt te verdiepen. Hoe dit proces precies verloopt, is nog niet duidelijk. Om dit proces beter te kunnen bestuderen zal de verandering van de verticale flux verdeling bij verschillende scenario's moeten worden geanalyseerd. Hierbij dient onderscheid worden gemaakt tussen de invloed van diffuse beregening

onttrekkingen en meer lokale drinkwater- en industriële onttrekkingen. Ook de interactie met het vaak vervuilde oppervlaktewater moet hierbij worden begrepen. De (Kempische) kanalen voeden het grondwater met Maaswater, idem de Maas stroomafwaarts van Grave, maar ook de beken en kleine rivieren tijdens de zomer als deze peilen opgestuwd worden, en de watervoerendheid en waterkwaliteit sterk wordt bepaald door de lozing van gezuiverd RWZI water. Waar zit dit water? Hoe veranderen deze lichamen als er meer of minder wordt onttrokken? Hoe verandert de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater?

Wat betreft verschuivingen in de zoet-brak-zout overgang kan met behulp van de huidige gegevens en modelberekeningen weinig worden voorspeld. Er kan een schatting worden gemaakt met behulp van het huidige model door te bestuderen waar de stromingsrichting, in het pakket waar zich de zoet-zout overgang bevindt, omdraait. Van infiltrerend naar opstijgend.

Op dit moment kunnen we nog geen knikpunten voor de gewenste minimale kwelbijdrage bepalen.

8 Conclusies over de draagkracht van het grondwatersysteem

Vooraf zijn de volgende 11 vragen gesteld (zie Tabel 1-1). De antwoorden op deze vragen wordt samengevat in dit hoofdstuk.

8.1 Vraag en aanbod van het water

1. Is er sprake van uitputting van het grondwatersysteem? Is er evenwicht tussen aanvulling en onttrekking en hoe groot zijn deze posten?

Er is geen sprake van uitputting van het grondwatersysteem. Er is namelijk sprake van een evenwicht tussen aanvulling en onttrekking. Er zit nog voldoende rek in het systeem. Door 30% meer te onttrekken neemt de voeding naar het diepe watervoerende pakket ook met ongeveer 30% toe en neemt de drainage met 30% af. De watervoorziening voor drinkwater, industrie en landbouw blijft gewaarborgd. De huidige waterbalans is gepresenteerd in hoofdstuk 2 en de mogelijke veranderingen in waterbalans ten gevolge van meer onttrekken zijn gepresenteerd in hoofdstuk 5 en 6.

2. Wat zijn de verwachtingen voor de toekomst ten aanzien van de grondwatervraag voor menselijke consumptie?

Voor zowel drinkwater, industrie als beregening kan de hoeveelheid onttrokken grondwater zowel stijgen als dalen. Stijging wordt vooral veroorzaakt door een hogere economische groei en bijbehorende productie. De grootste onzekerheid zit in de mogelijke groei van watergebruik door de landbouw voor beregening. Als gevolg van klimaatverandering kan de watervraag verdubbelen van ongeveer 35 miljoen m³ per jaar tot meer dan 75 miljoen m³ per jaar.

3. In hoeverre zijn alle onttrekkingen goed in beeld? En wat is het mogelijke effect van onbekende onttrekkingen zoals veedrenking?

De niet geregistreerde onttrekkingen zijn onvoldoende in beeld omdat deze niet geregistreerd worden. De geschatte hoeveelheid aan kleine onttrekkingen is circa 10% van de totale hoeveelheid onttrokken grondwater. Dit geeft aan dat het hier gaat om een significante post op de waterbalans. Een belangrijk aandachtspunt bij deze onttrekkingen is dat verwacht wordt dat deze onttrekkingen voor een groot deel (ongeveer 75%) in de zomer plaatsvindt. De effecten op de grondwaterstanden zijn in een eerdere studie berekend, met de grootste effecten in West Brabant.

4. Hoe groot is de grondwateraanvulling, wat is de verwachte trend en wat zijn de onzekerheden?

De grondwateraanvulling in Noord-Brabant is gemiddeld 330 mm per jaar, dit is ongeveer 1700 miljoen m³ per jaar. Van deze hoeveelheid wordt globaal 80% afgevoerd door de beken en sloten. Door klimaatverandering zal de gemiddelde grondwateraanvulling toenemen van 87 miljoen m³ (scenario W_H) tot 107 miljoen m³ (scenario G_L). Het merendeel van de extra neerslag valt in de winter en daarom blijft maar een klein deel hiervan over voor diepe grondwater. Er zijn veel onzekerheden over de grondwateraanvulling, omdat dit sterk afhankelijk is van veranderingen in landgebruik en de wijze waarop met water wordt omgegaan.

8.2 Grenzen aan het grondwatersysteem

De grenzen aan het grondwatersysteem worden bepaald aan de eisen die worden gesteld aan de waterbalans, de grondwaterstanden en stijghoogten, en de beekafvoer. Dit komt overeen met criteria die worden gesteld in de Kader Richtlijn Water (zie Figuur 1-1). In deze studie zijn geen grenzen gesteld, maar is wel in beeld gebracht hoe gevoelig het grondwatersysteem is voor veranderingen. De waterbalans is niet de kritische factor, omdat er voldoende water overblijft voor de gebruiksfuncties. De veranderingen in grondwaterstand, stijghoogte en (beek)afvoer zijn wel kritisch, omdat kleine veranderingen in de huidige situatie al knelpunten geven voor functies. Welke grens kritisch is, is in deze studie niet vastgelegd. Dit vergt een beleidsmatige uitspraak.

4. Is een plafond van 40 miljoen m³/jr voor beregening een goede grens om blijvend duurzaam gebruik te maken van het grondwater?

De grens van 40 miljoen m³/jr komt ongeveer overeen met de huidige hoeveelheid onttrokken grondwater voor beregening (35 miljoen m³/jaar). Door klimaatverandering (W_H scenario) kan deze hoeveelheid verdubbelen (70 miljoen m³/jaar). Wat nu alleen in een extreem droog jaar voorkomt zoals het jaar 2003, wordt dan een gemiddelde situatie. Aangezien het grondwater in een korte periode wordt onttrokken zijn de effecten relatief groot in de zomer. De gemiddelde grondwaterstand over het jaar daalt per deelgebied 4 tot 15 cm en de toestroming van grondwater naar beken neemt gemiddeld met 20% af. Dit zijn gemiddelde waarden. In een erg droge zomer, erg droge periode of op bepaalde locaties kan de daling groter zijn.

5. Is een plafond van 250 miljoen m³/jaar (drinkwater + industrie) onttrekking een goede grens voor een draagkrachtig grondwatersysteem?

In 2016 bedroeg de totale grondwateronttrekking door drinkwater en industrie 221 miljoen m³/jaar. In dit rapport is het effect bepaald indien 30% meer water wordt onttrokken (66 miljoen m³/jaar extra). Tevens is uitgerekend wat het effect is indien de vergunde ruimte voor het onttrekken van drinkwater geheel wordt ingevuld. In dit geval wordt er 56 miljoen m³/jaar extra grondwater onttrokken. Beide scenario's laten op hoofdlijnen hetzelfde beeld zien. De grondwaterstand daalt gemiddeld per deelgebied met enkele centimeters. Lokaal kunnen de dalingen in grondwaterstand decimeters bedragen.

6. Wat is het effect op de waterbalans indien de grondwateronttrekkingen in de Centrale Slenk worden verdiept?

Het verdiepen van alle bestaande winningen in de Centrale Slenk tot onder het niveau van de scheidende kleilagen. Dit geeft een kleine verhoging in grondwaterstand in de Centrale Slenk, maar ook een vermindering van de kwelstroming omhoog. Dit vindt vooral plaats in het zuidelijk gedeelte van de Centrale Slenk. Lokaal kan het verschil in verticale flux oplopen tot 50 mm/jr.

8.3 Gevoeligheid van het grondwatersysteem

7. Wat is de gevoeligheid van deelgebieden voor het extra onttrekken van grondwater?

De gevoeligheid per deelgebied wordt bepaald door de geohydrologische kenmerken van het gebied. West-Brabant en de Centrale Slenk krijgen horizontale voeding vanuit omliggend gebied waardoor de effecten enigszins gedempt worden. In het peilgestuurde gebied vindt een sterke demping van effecten plaats via het oppervlaktewatersysteem. Het Kempisch Plateau is het meest gevoelig voor grondwaterstandsveranderingen. De Peelhorst heeft een dun watervoerend pakket waardoor dit gebied gevoelig is omdat de onttrekkingen relatief ondiep zitten.

8. Wat is de gevoeligheid van deelgebieden voor klimaatverandering?

Gemiddeld stijgen de grondwaterstanden en stijghoogten als gevolg van het W_H klimaatscenario, maar in een zomersituatie dalen de grondwaterstanden. De stijghoogte neemt weinig toe, omdat het effect van meer grondwateraanvulling wordt gedempt door meer beregening uit diepere watervoerende pakketten. Gemiddeld stijgt de grondwaterstand met enkele centimeters tot maximaal 12 centimeter in de natuurgebieden op het Kempisch Plateau. De daling in grondwaterstand in de zomer is het grootst in de Centrale Slenk, tot 15 cm in de landbouwgebieden. De daling in grondwaterstand is relatief beperkt op het Kempisch Plateau. In het G_L klimaatscenario stijgen de grondwaterstanden zowel in een zomer als wintersituatie.

9. Wat zijn mogelijke gevolgen voor natuur, landbouw en stedelijk gebied ten gevolge van veranderingen in onttrekking en grondwateraanvulling?

Het grootst mogelijke effect vindt plaats bij maximale klimaatverandering en 30% meer onttrekking voor drinkwater en industrie. In dit geval dalen de grondwaterstanden gemiddeld met meer dan 10 cm. Dit heeft gevolgen voor natuur-, landbouw- en stedelijk gebied. Natuurtypen die afhankelijk zijn van voldoende grondwater krijgen het moeilijk, de landbouw krijgt te maken met opbrengstvermindering en in stedelijk gebied krijgt plantsoen en bomen te maken met watertekorten. De gevoeligheid verschilt per type gebied.

10. Hoe verhoudt de hoeveelheid onttrokken grondwater en de aanvulling zich tot de totale hoeveelheid aanwezig grondwater?

In totaal wordt er 255 miljoen m^3 grondwater per jaar onttrokken voor drinkwater, industrie en landbouw. De hoeveelheid wordt ook jaarlijks weer aangevuld. 197 miljoen m^3 wordt van bovenaf aangevuld en 58 miljoen m^3 grondwater stroomt extra horizontaal toe, vooral vanuit Limburg en Vlaanderen. De totale hoeveelheid zoet grondwater in de provincie is veel groter, namelijk een volume van ongeveer 330 miljard m^3 .

9 Reflectie op mogelijke maatregelen

De draagkrachtstudie laat zien dat de grondwatervoorraden onder druk staan. Door klimaatverandering neemt de grondwateraanvulling op jaarbasis toe, maar het grootste gedeelte hiervan wordt weer gedraineerd door het oppervlaktewater. De verschillen per seizoen worden groter, met een groter tekort in het zomerseizoen. In dit hoofdstuk wordt op een rij gezet welke maatregelen al worden genomen en welke extra maatregelen overwogen zouden kunnen worden. En deze maatregelen worden in het perspectief gezet tegen de inzichten die deze studie heeft opgeleverd. De effectiviteit van maatregelen is namelijk afhankelijk van locatie, tijdstip en diepte waarvoor de maatregelen worden genomen. Dit overzicht hoofdstuk doet geen voorzet voor welke maatregelen genomen moeten worden en is ook niet een volledig overzicht aan maatregelen. Om uiteindelijk een gedegen keuze te kunnen doen is het nodig om de effectiviteit van de maatregelen nader te bepalen en af te wegen tegen de kosten en maatschappelijke implicaties. Daarnaast moeten de maatregelen ook afgewogen worden tegen andere type maatregelen, die niet in dit hoofdstuk worden genoemd.

Bestaande en nieuwe maatregelen zijn via drie sporen in te delen:

1. Het vergroten van de grondwateraanvulling, door minder water te verdampen of meer te infiltreren. Deze maatregelen zijn vooral effectief op de hogere gronden, omdat hier het meeste water vast gehouden kan worden. In deze studie is inzichtelijk gemaakt dat een groot gedeelte van de grondwateraanvulling afgetopt wordt door het oppervlaktewater. Maar dit is ook winst omdat het de basisafvoer van beken vergroot;
2. Het verschuiven van de grondwateraanvulling over de seizoenen. Door klimaatsverandering wordt de aanvulling in de winter groter en de verdamping in de zomer groter. Met maatregelen kan er voor gezorgd worden om meer water in de winter vast te houden wat ten goede komt voor de zomer.
3. Het aanpassen van het diepe grondwaterbeheer door vergroten van de grondwatervoorraad door grondwaterwater in het watervoerend pakket aan te vullen of door het onttrekkingsregime aan te passen.

9.1 Deltaplan Hoge Zandgronden

Partijen in het Maasstroomgebied werken in het Deltaplan Hoge Zandgronden aan een klimaatbestendig regionaal watersysteem en ruimtelijke inrichting van Noord-Brabant en Limburg. In het uitvoeringsprogramma (Wing, 2014) is een zoetwaterstrategie uitgewerkt volgens de principes sparen - aanvoeren - adapteren/ accepteren. Spaarzaam watergebruik en voorraadvorming zijn het startpunt, aanvoer van water uit hoofdwatersysteem is aanvullend en soms zal een tekort aan zoetwater moeten worden geaccepteerd. Voor Noord-Brabant zijn in het uitvoeringsprogramma 11 maatregelen genoemd die (mogelijk) uitgevoerd gaan worden (Tabel 9-1).

Tabel 9-1 Bijdrage van DHZ maatregelen aan grondwatervoorraad

| Maatregel | Gebied | Bijdrage aan grondwatervoorraad | | |
|---|---|---------------------------------|------------------|------------------|
| | | Meer aanvulling | Seizoens berging | Diepe aanvulling |
| Klimaatrobuust ingerichte beekdalen | Brabantse Delta | | + | |
| Verbeteren wateraanvoer | De Beekloop, De Dommel | | | |
| Inrichting beekdal en klimaat bestendige stedelijke inrichting. | Markdal, Brabantse Delta | | + | |
| GGOR maatregelen / peiloptimalisatie | Leigraaf, Raamvallei en de Biezenloop, Aa en Maas | | + | |

| | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|---|
| Verplaatsen drinkwaterbedrijf | Macharen | | | ? |
| Boer-Bier-Water: Optimalisatie wateraanvoer en afvoer | Aarle-Rixtel, De Dommel | + | | |
| Deltaplan Agrarisch Waterbeheer | Gehele provincie | | ? | |
| Sluiten waterkringloop | Tilburg-Dongen, De Dommel | | | |
| Naaldbos omzetten naar heide, dempen van watergangen | Natuurparel De Kempen bij Bladel | + | | |
| Toepassen van precisieberegening | Provincie Noord-Brabant | + | | |
| Klimaatadaptatie bij mensen in de tuinen in de straat | Land van Cuijk, Aa en Maas | + | | |

Er zijn vier maatregelen met een positief effect op de gemiddelde grondwatervoorraad. Dit kan door meer water te infiltreren of door minder water te verdampen. Om de effecten te kwantificeren is een nadere (literatuur)analyse nodig. Per maatregel kan de extra grondwateraanvulling gekwantificeerd worden aan de hand van de verandering in flux (X mm/jaar minder verdamping of Y mm/jaar meer aanvulling) en het oppervlak waarop deze maatregelen genomen worden. Bijvoorbeeld voor precisieberegening wordt aangenomen dat dit één beregeningsbeurt kan uitsparen (20 mm).

Er zijn vier maatregelen waarbij de totale grondwatervoorraad niet toeneemt, maar wel de verdeling over het jaar (seizoensberging). De effectiviteit van deze maatregelen kan het beste gekwantificeerd worden door in deze gebieden te meten: in hoeverre is het patroon van afvoer in deze gebieden verschillend van minder robuust ingerichte gebieden?

Et Deltaplan Hoge Zandgronden heeft een focus op ondiepe maatregelen. Alleen het verplaatsen van de winning Macharen is een maatregel die direct invloed heeft op de diepere grondwaterhoeveelheid. De winning wordt deels gevoed door infiltrerend Maaswater dat via een korte reisweg de winning bereikt. Bij verplaatsing naar een andere locatie heeft dit effect op de waterbalans, omdat de nieuwe winning meer grondwater onttrekt.

9.2 Seizoensberging

Uit deze studie komt naar voren dat de disbalans tussen winter en zomer groter wordt. Met maatregelen kan dit deels gecompenseerd worden. Extra mogelijkheden zijn bijvoorbeeld:

- Seizoensafhankelijk onttrekking, waarbij minder water in de zomer wordt onttrokken. Dit is alleen mogelijk als de waterbedrijven voldoende water kunnen bufferen / opslaan;
- Peilgestuurde drainage. In het voorjaar wordt het drainagepeil verhoogd om meer water in de zomer beschikbaar te hebben;

9.3 Infiltratie van water

Om de winbare hoeveelheid zoet grondwater te vergroten kan water worden geïnfilteerd vanuit open water zoals plassen of vloeiveides. Deze techniek wordt elders in Nederland al toegepast in de duinen en op de Veluwe. In 2012 is een Kennis voor Klimaat project gestart om te onderzoeken of de sponswerking van de Stippelberg (Oost-Brabant) kan worden gebruikt om het watersysteem voor zowel natuur als landbouw robuuster te maken (van Loon et. al, 2014). Daarbij is gekeken naar mogelijkheden voor waterconservering en is een proef gedaan naar de mogelijkheid van grondwateraanvulling door infiltratie in het bosgebied. Het bleek praktisch goed mogelijk om het grondwater te infiltreren, maar het effect was van korte duur. De grondwaterstanden in het bos daalden al binnen korte tijd, doordat het water via de goed doorlatende ondergrond afstroomde naar de diep ingesneden ontwatering in het landbouwgebied.

Om aanvulling of conservering van water in het natuurgebied een effectieve bijdrage te laten geven aan dat robuustere grondwatersysteem is het dus noodzakelijk ook de afvoer uit het landbouwgebied te vertragen, bijvoorbeeld door peilverhoging en/of bodemophoging. De effectiviteit ervan voor een langduriger grondwatervoorziening staat of valt bij de traagheid waarmee het water wordt afgevoerd. Dit betekent dat het systeem alleen werkt op de hoge gronden waar oppervlaktewater ver weg ligt.

Een nieuw idee is het gebruiken van beregeningsputten om hemelwater van boerendaken en -schuren te infiltreren. In het kader van zoetwaterbeschikbaarheid wordt hier nader op gestudeerd door de provincie Noord-Brabant.

9.4 Optimalisatie van de (diepe) winningen

De effecten van winningen kunnen geoptimaliseerd worden door de winningen in minder gevoelige gebieden te plaatsen. Bijvoorbeeld aan het einde van het hydrologisch systeem, in het Rivierengebied.

Door middel van vergunningen en handhaving kan de hoeveelheid te winnen grondwater worden beperkt.

Om de winbare hoeveelheid zoet grondwater te vergroten of om verdrogende effecten van een winning terug te dringen kan het water met diepinfiltratie in de bodem worden gebracht. Deze techniek staat bekend als ASR (Aquifer Storage and Recovery). Deze techniek wordt door drinkwaterbedrijven in de duinen toegepast door oppervlaktewater te infiltreren. In de tuinbouw langs de kust wordt ASR veel toegepast op kleine schaal. Het grondwater in deze regio is brak tot zout waardoor het grondwater niet voor beregening of als gietwater gebruikt kan worden. De tuinders slaan het hemelwater dat valt in de winter op in de bodem en pompen dit zoete water in de zomer weer op. De techniek is effectief voor Noord-Brabant wanneer het water in voldoende afgesloten pakketten wordt geïnfiltreerd of wanneer wordt gekozen voor infiltratie in het zomerseizoen. De kosten van deze techniek zijn echter hoog.

10 Aanbevelingen voor monitoring

Dit hoofdstuk concentreert zich op de diepe stijghoogten, zout water intrusies en de afvoer van beeksystemen (de Environmental Flow). Voor de monitoring van grondwaterstanden is een meetprogramma op meer lokale schaal nodig.

10.1 Monitoring diepe stijghoogten

Meetdoel

De KaderRichtlijn Water (KRW) stelt lidstaten verplicht om uitputting van het grondwater als gevolg van overmatige onttrekking van grondwater te voorkomen. De provincies monitoren daarom het evenwicht van grondwateronttrekkingen en grondwateraanvulling. Het meetdoel is:

Het zodanig meten van grondwaterstijghoogten dat voldoende betrouwbaar vastgesteld kan worden, of los van meteorologische invloeden, sprake is van een structurele doorgaande daling van grondwaterstijghoogten.

Dit betekent dat de stijghoogte wel verlaagd mag worden ten gevolge van grondwateronttrekkingen, maar niet op zodanige wijze dat de stijghoogtedaling op langere termijn blijft doorgaan. In dat geval wordt meer grondwater onttrokken uit de aquifer dan er aangevuld wordt en is sprake van 'uitputting' van grondwater. Het meetnet is erop gericht om uitputting van grondwater te kunnen signaleren. Er is sprake van uitputting als er gemiddeld in het gehele grondwaterlichaam een structurele daling in stijghoogte optreedt. Dit betekent dat individuele peilbuizen wel een structurele daling in stijghoogte mogen hebben. De gebruikte analysemethode (TNO/Grontmij, 2005) is erop gebaseerd dat eerst het effect van de neerslag en verdamping uit de tijdreeks gefilterd wordt. De trend wordt dan bepaald op het residu.

Huidige meetprogramma

Ter evaluatie van het gevoerde beleid worden grondwaterstanden en stijghoogten in een groot aantal geselecteerde peilbuizen gemeten. Deze selectie van peilbuizen is weer onderverdeeld in verschillende KRW-meetnetten per stroomgebied en grondwaterlichaam. Dit meetnet bestaat uit een selectie van peilbuizen uit het provinciale primaire stijghoogtmeetnet. De filters zijn verdeeld over verschillende dieptes. Voor de draagkracht studie zijn twee grondwaterlichamen vooral van belang:

- Zand-Maas, dat vrijwel de gehele provincie Noord-Brabant dekt en doorloopt tot het Krijt gebied in Limburg. In totaal zijn hier 30 filters geselecteerd;
- Slenk-Diep, het diepe watervoerende pakket in de Centrale Slenk (Brabant en Limburg) met 26 meetpunten.

Resultaten

In de analyse van meetgegevens tot en met 2016 (KWR, 2017) is een significant dalende trend aangetoond voor het grondwaterlichaam Slenk-Diep. Deze daling kan worden veroorzaakt door diepe grondwateronttrekkingen, maar ook door grootschalige wateronttrekking in de bruinkoolmijnen in Duitsland. De dalende trend geeft aan dat het systeem niet in evenwicht is en dat binnen de analyse periode de aanvulling lager is dan de onttrekking. De huidige trends geven echter nog geen aanwijzing voor uitputting van het grondwatersysteem.

Aanbevelingen voor de monitoring

De resultaten van de laatste trendanalyse zijn gebaseerd op geaggregeerde resultaten voor het gehele grondwaterlichaam. Wanneer in meer detail naar de reeksen van de individuele buizen wordt gekeken, ontstaat een beter beeld van de trends in ruimte, diepte en tijd. Het is (vooralsnog) niet nodig om het meetprogramma aan te passen.

10.2 Zoet-zout monitoring

Huidig inzicht en monitoring

Er bestaat een redelijk beeld over de diepteligging van de zoet-zout overgang in Noord-Brabant. Vooral rond verschillende winningen wordt de beweging van dit grensvlak gecontroleerd. Hiervoor worden grondwatermeetpunten met verschillende filters gebruikt, maar ook zogenaamde zoutwachters. Deze zoutwachters bestaan uit een stelsel van elektroden waartussen de weerstand van het water wordt gemeten. Bij verzilting neemt de weerstand af en neemt derhalve de geleidbaarheid toe. Regionaal is weinig tot niets bekend over de beweging van het grensvlak. Zal deze in gebieden omhoog komen omdat de afgelopen decennia grote veranderingen hebben plaatsgevonden in het stijghoogtenpatroon, of zal dit grensvlak ondanks deze onttrekkingen nog steeds dalen? Met andere woorden: wordt de zoete grondwatervoorraad groter of neemt deze juist af?

Voorstel voor monitoring

Voorgesteld wordt om de verplaatsing van het zoet-zout vlak te volgen met een ruimtelijk dekkend meetnet binnen de provincie. Er kan gebruik worden gemaakt van bestaande meetpunten, waarin het zoutgehalte of de geleidbaarheid wordt gemeten. In een eerste analyse kunnen geo-elektrisch boorgatmetingen uit het verleden worden verzameld en worden gecombineerd met het huidige beeld. Op deze wijze kan in korte tijd veel kennis worden verzameld over een al of niet bestaande verschuiving van het grensvlak worden verzameld. Er kan gebruik worden gemaakt van eerdere rapporten zoals het TNO rapport uit 2006. Omdat regionale zoet-zout verschuivingen veelal langzaam verlopen is het voldoende om na een beginmeting met een interval van 6 jaar te monitoren.

10.3 Afvoer van beken (“Environmental Flow”)

Achtergrond

De Europese Kader Richtlijn Water gaat uit van een integrale benadering van het grond- en oppervlaktewaterbeheer. In de “guidance on quantitative status” is een vergelijkbare test toegevoegd die voorziet in het bepalen van de invloed van een grondwaterlichaam op terrestrische grondwaterafhankelijke ecosystemen (verdroging), en daarnaast vraagt om het bepalen van de “Environmental Flow Needs” van oppervlaktewaterlichamen. De EFN is modelmatig getoetst voor de gezamenlijke de natte natuurparels en N-2000 gebieden in Noord-Brabant (RHDHV, 2013). De test deed alleen een globale uitspraak op het niveau van een geheel grondwaterlichaam. Er is een nadere uitwerking nodig die onderscheid maakt in individuele gebieden en specifieke hydrologische eisen van deze gebieden. Per gebied kan dan aangegeven moeten worden welke eisen het gebied stelt aan kwelflux en watervoerendheid van de beken. De EFN test kan dan met metingen en berekeningen verder uitgewerkt worden. Als er meer bekend is over de eisen die aan de minimale afvoer wordt gesteld, kan de draagkracht van het grondwatersysteem in meer detail in beeld worden gebracht.

Voorstel voor monitoring

Monitoring in natuurgebieden beperkt zich nu vaak tot meting van grondwaterstanden en stijghoogten. Het ontbreekt aan inzicht in de werking van de waterbalans. Door het meten van afvoeren ontstaat meer inzicht in de voeding en wegzijging in het gebied. Daarnaast levert dit meer kennis op over het mogelijk droogvallen van waterlopen. We raden daarom aan om de monitoring wat betreft (beek)afvoeren uit te breiden en te integreren in de monitoringplannen voor de natuurgebieden. De gemeten afvoeren kunnen bovendien gebruikt worden om het grondwatermodel te ijken of te valideren.

11 Literatuur

De Graaf, I.E.M. (2016). Limits to global groundwater consumption: Effects on groundwater levels and river low flows. Proefschrift Universiteit Utrecht. ISBN: 978-90-6266-418-4

Deltares (2016). Basisprognoses Zoetwater Controle NWM-instrumentarium in het licht van de Knelpuntenanalyse Zoetwater. Deltares rapport

Janssen, R., (2014). Socio-economische analyse van de landbouwsector in Noord-Brabant.

KNMI, 2015: KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp

KWR (2015). Grondwateraanvulling en achtergrondverlaging in de provincie Noord-Brabant. BTO rapport 2015.055

KWR (2017). Trendanalyse grondwaterstands- en stijghoogtegegevens Maasstroomgebied (2012-2016) KWR rapport. 2017.046. | Juni 2017

De Lange, W.J., Prinsen, G.F., Hoogewoud, J.C., Veldhuizen, A.A., Verkaik, J., Oude Essink, G.H.P., van Walsum, P.E.V., Delsman, J.R., Hunink, J.C., Massop, H.T.L., Kroon, T. (2014). An operational, multi-scale, multi-model system for consensus-based, integrated water management and policy analysis: The Netherlands Hydrological Instrument. Environ. Model. Softw. 59, 98–108.
doi:10.1016/j.envsoft.2014.05.009

Van Loon, A., R. Lapperre, J. Mensink, M. Paalman (2014). H2O on-line, 11 juni 2014. Voorraadvorming van water in de Stippelberg (Noord-Brabant).

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013. Protocol voor toestand- en trendbeoordeling van grondwaterlichamen KRW. Maart 2013 Status Eindversie

Moors, E.J. (2012). Water Use of Forests in the Netherlands; PhD-thesis Vrije Universiteit Amsterdam, the Netherlands. 290p.

(TNO/Grontmij, 2005). Opzet van het KRW-Meetprogramma grondwater voor het stroomgebied Maas, H.P. Broers, P. Schipper (Grontmij), R. Stuurman, F.C. van Geer, en G van Oyen. TNO rapport NITG 05-176-A. 16 december 2005.

TNO (2006). Kartering en meetnetontwerp zoet-brak-zoutovergang in het grondwater in Noord-Brabant. Stuurman R, B. Goes en P. Stuyfzand. TNO-rapport 2006-U-R0074/A. Provincie Noord-Brabant.

RIVM (2015). Scenario's drinkwatervraag 2040 en beschikbaarheid bronnen. Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater. RIVM Rapport 2015-0068.

VIW (2016). Toekomstverwachting grondwaterbehoefte industrie Noord-Brabant. Notitie Vereniging Industrie Water. 3 augustus 2016.

Royal Haskoning, 2012 Analyse van de effecten en gevolgen van klimaatverandering op het watersysteem en functies. Regionale knelpuntenanalyse Zuid-Nederland (Fase 2). 30 mei 2012. Royal Haskoning rapport 9W8113. 30 mei 2012

RHDHV, 2013. Interactie grondwater – oppervlaktewater Maasstroomgebied. RHDHV rapport 9Y3104

Wing (2014). 'Wel goed watergeven, Werkprogramma Hoge Zandgronden 2016–2021'. Wing, in samenwerking met Kernteam Zoetwatervoorziening Oost Nederland (ZON) en Kernteam Deltaplan Hoge Zandgronden (DHZ)

Bijlage 1 Scenario berekeningen

12 Scenario 1: Referentiesituatie

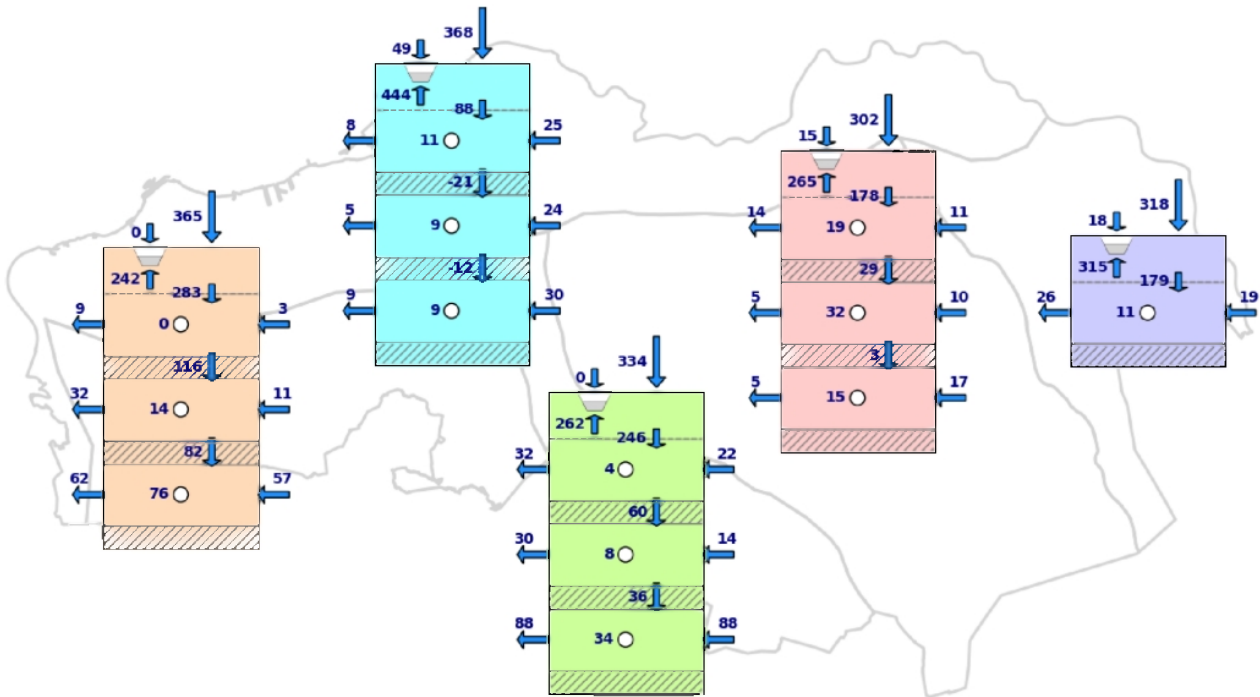
De referentiesituatie is de huidige situatie. Dat wil zeggen het huidige klimaat en de huidige onttrekkingsdebieten. De grondwateraanvulling is eerst tijdsafhankelijk berekend en vervolgens gemiddeld over de periode 2000 t/m 2009. Hierbij is gebruik gemaakt van neerslag- en verdampingsreeksen volgens het KNMI 2014 referentiescenario. Deze grondwateraanvulling is als invoer gebruikt voor de stationaire berekeningen.

Ook de beregeningsdebieten zijn tijdsafhankelijk bepaald voor het gebruik bij de stationaire berekeningen en gemiddeld over de periode 2000 t/m 2009. Voor drinkwater- en industriële onttrekkingen zijn de debieten zoals bekend voor het jaar 2016 gebruikt voor zowel de stationaire als de niet stationaire berekeningen.

12.1 Huidige waterbalans

De waterbalansen zijn gepresenteerd in hoeveelheden mm per jaar. Op deze manier kunnen de resultaten per deelgebied voor de verticale fluxen goed onderling vergeleken worden. De waterbalans in mm/jaar is getoond in Figuur 12-1. De waterbalansen in miljoen m³/jaar zijn in de bijlage opgenomen.

In Figuur 12-1 is te zien dat de grondwateraanvulling ongeveer 330 mm per jaar bedraagt. Het grootste gedeelte hiervan wordt gedraineerd door het oppervlaktewater. In het deelgebied Peilgestuurd wordt meer water gedraineerd (444 mm/jr) dan er bijkomt door grondwateraanvulling (368 mm/jr). Dit komt omdat er oppervlaktewater wordt aangevoerd in het gebied wat kan infiltreren (49 mm/jr). Bovendien is er sprake van een netto kwelflux naar het eerste watervoerend pakket (21 mm/jr). Gemiddeld infiltreert het water in de infiltratiegebieden van Noord-Brabant en kwelt op in de lager gelegen gebieden zoals het deelgebied Peilgestuurd. De netto horizontale in- of uitstroming per deelgebied is beperkt in vergelijking met de grondwateraanvulling. Netto ontvangt het peilgestuurde gebied het meeste grondwater door horizontale instroming vanaf de hoger en zuidelijk gelegen deelgebieden: 57 mm/jr. Ook in de Centrale Slenk is netto sprake van instroming van grondwater (12 mm/jr). In de deelgebieden West-Brabant (32 mm/jr), Kempisch Plateau (26 mm/jr) en de Peelhorst (7 mm/jr) is sprake van netto horizontale uitstroming. De meeste onttrekking per oppervlak vindt plaats uit het diepe watervoerende pakket in West-Brabant (76 mm/jr). Absoluut gezien vindt in de Centrale Slenk de meeste onttrekking plaats (116 miljoen m³/jaar). In het deelgebied Peelhorst is de onttrekking relatief gering (11 mm/jr). Hier wordt alleen grondwater onttrokken ten behoeve van landbouwberegening en industrie; er zijn sinds 2013 geen winningen meer voor de openbare drinkwatervoorziening.

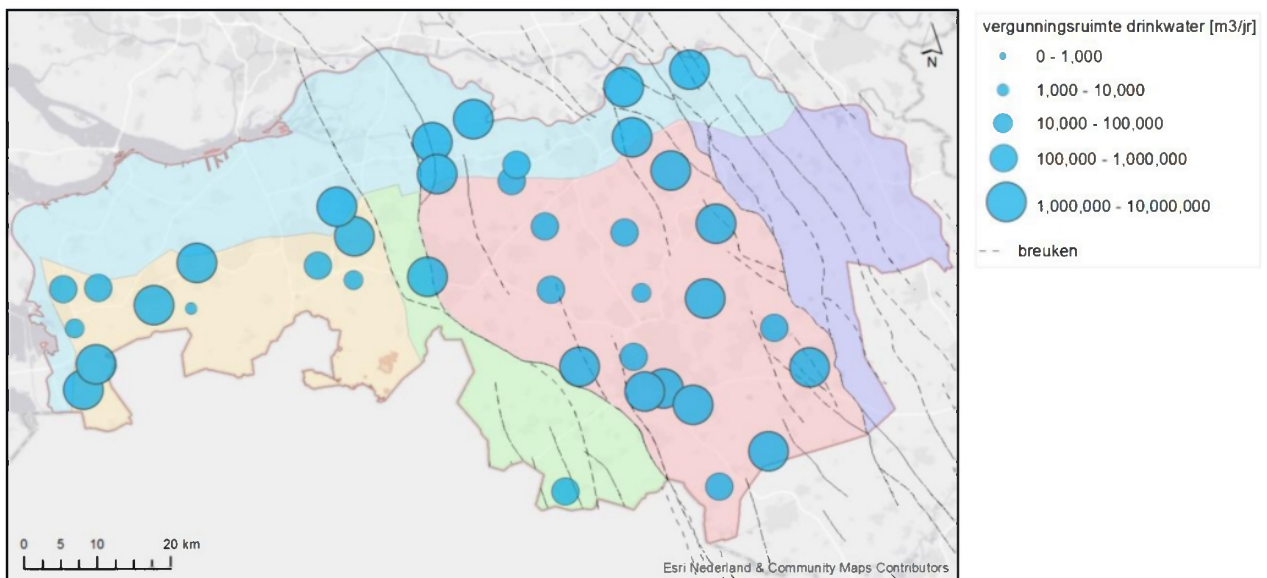


Figuur 12-1 Huidige waterbalans [mm/jaar]

13 Scenario 2: Vergund debiet

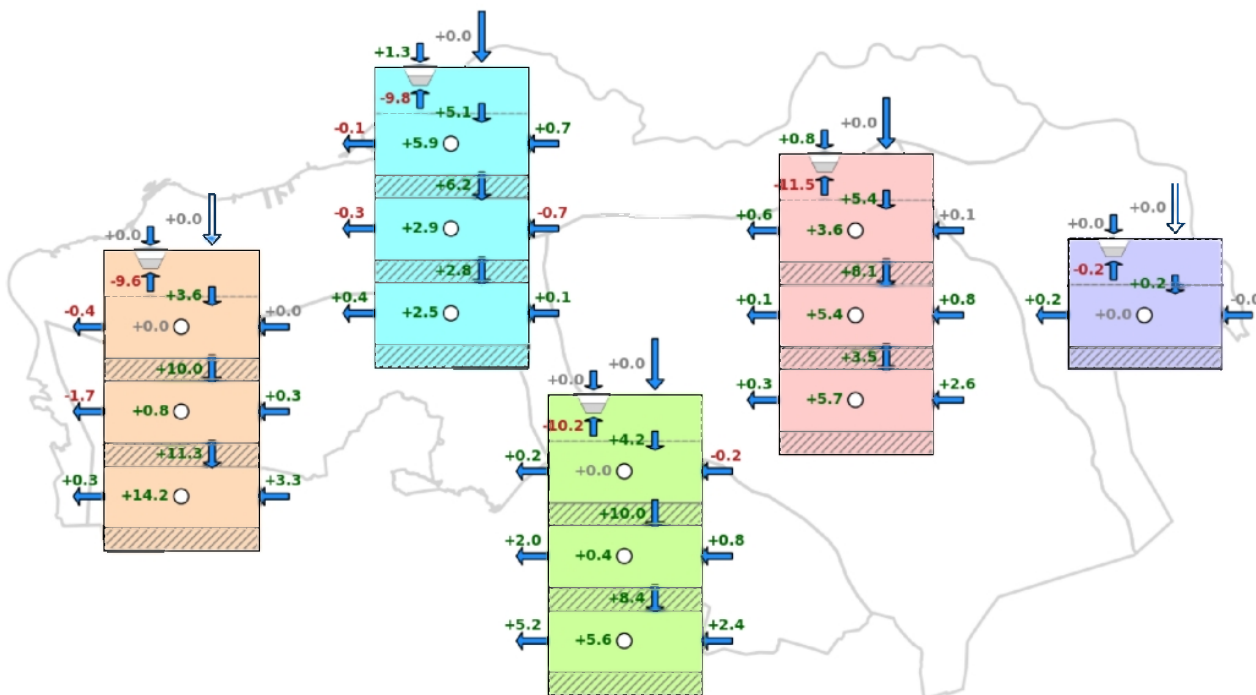
13.1 Beschrijving van het scenario

Door Brabant Water en Evides wordt in de referentiesituatie minder water onttrokken ($195 \text{ M m}^3/\text{jaar}$) dan maximaal vergund is ($255 \text{ M m}^3/\text{jaar}$). In dit scenario is per drinkwaterwinlocatie de vergunde ruimte aangehouden. De extra onttrekking vindt plaats op dezelfde locatie en diepte waar nu ook al onttrokken wordt. De vergunningsruimte verschilt per locatie (Figuur 13-1). Dit betekent dat de extra winning niet evenredig verdeeld is per deelgebied. Voor de industrie is ook vergunningsruimte beschikbaar, maar in dit scenario is aangenomen dat de hoeveelheid onttrekking door de industrie ongewijzigd blijft.



Figuur 13-1 Extra hoeveelheid onttrekking ("vergunningruimte") per winlocatie in het scenario "Vergund debiet"

13.2 Verandering in waterbalans



Figuur 13-2 Verandering in waterbalans in scenario 2 [mm/jaar]

De veranderingen in waterbalans laten zien dat de afvoer via het oppervlaktewater afneemt als gevolg van de toename in onttrekkingen voor drinkwater (Figuur 13-2). In de deelgebieden West-Brabant, Peilgestuurd en Centrale Slenk wordt per oppervlak het meeste extra water voor de drinkwatervoorziening onttrokken (11 tot 15 mm/jr voor alle watervoerende pakketten). Dit extra water komt voornamelijk van bovenliggende watervoerende pakketten; de extra horizontale instroming is gering. Doordat er meer water naar de diepte infiltreert, neemt de drainage door oppervlaktewater af. In het deelgebied Kempisch Plateau is de extra hoeveelheid onttrekking kleiner (6 mm/jr), maar neemt de hoeveelheid drainage af met een vergelijkbare hoeveelheid (10 mm/jr) als de andere drie deelgebieden. Het Kempisch Plateau is daarom relatief gevoelig voor veranderingen in onttrekkingen. In het deelgebied Peelhorst verandert de onttrekking niet en zijn de veranderingen daarom erg klein.

13.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Toename van de drinkwateronttrekkingen tot het vergunde debiet zorgt voor een verlaging van de gemiddelde grondwaterstanden (Tabel 13-1). De berekende verlagingen zijn het grootst in de deelgebieden Centrale Slenk en West-Brabant: 5 tot 6 cm. De berekende verlagingen van de stijghoogte zijn veel groter: tot 70 cm. Dit komt omdat het water uit dit watervoerend pakket wordt onttrokken en de berging in het systeem veel kleiner is dan in het freatische systeem. De effecten zijn het grootst in het stedelijk gebied. Dit komt omdat een aantal grote drinkwaterwinningen in of in de buurt van de stad liggen en dus daar voor de grootste verlaging zorgen (o.a. winningen bij Eindhoven, 's-Hertogenbosch en Tilburg).

Tabel 13-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 2

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | -3 | -60 | -3 | -48 | -6 | -70 |
| Kempisch Plateau | -4 | -14 | -2 | -7 | -4 | -20 |
| Peelhorst | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| West-Brabant | -3 | -13 | -5 | -17 | -6 | -20 |
| Peilgestuurd | -1 | -18 | -1 | -19 | -2 | -24 |

13.4 Effect op beekafvoer

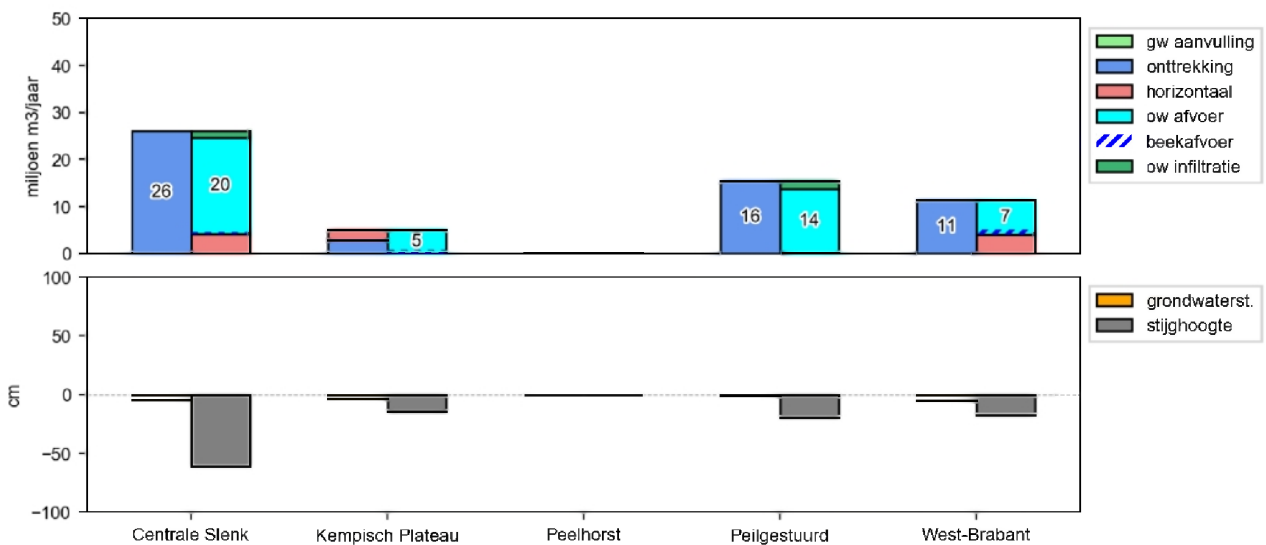
Voor de grondwatergevoede beken neemt de basisafvoer gemiddeld met 2 tot 4% af als gevolg van de toename in onttrekkingen (Tabel 13-2). Het gaat hierbij om de jaargemiddelde afvoer. Grondwatergevoede beken zijn in de zomerperiode gevoeliger voor veranderingen in het grondwatersysteem. Een toename van de onttrekkingen zal in de zomerperiode procentueel grotere effecten hebben op de basisafvoer.

Tabel 13-2 Verandering in basisaanvoer naar de geselecteerde grondwatergevoede beken (%) in scenario 2

| | Gemiddeld |
|------------------|-------------------|
| | beekafvoer [%] |
| Centrale Slenk | -4 |
| Kempisch Plateau | -2 |
| Peelhorst | N.v.t |
| West-Brabant | -2 |
| Peilgestuurd | N.v.t |

13.5 Samenvatting

De effecten worden samengevat in **Error! Reference source not found.** De toename in onttrekkingen wordt voornamelijk opgevangen door een afname in drainage door het oppervlaktewater. Absoluut gezien neemt de hoeveelheid onttrekking het meest toe in de Centrale Slenk (26 miljoen m³/jr). Dit resulteert in een vermindering in afvoer in dit deelgebied van 20 miljoen m³/jr. Het effect op de grondwatergevoede beken is relatief klein: minder dan 1 miljoen m³/jaar. In totaal wordt namelijk ongeveer 1,6 miljard m³ grondwater gedraineerd door de Brabantse beken en de rivieren. Het effect op de grondwaterstand is het grootst in West-Brabant. Het effect op de stijghoogte is vele malen groter in vergelijking met het effect op de grondwaterstand. Voor het Kempisch Plateau wordt naast de toename in een onttrekking een toename in horizontale uitstroom berekend. Hierdoor is de afname in oppervlaktewaterafvoer groter dan de toename in onttrekking. Dit komt omdat de effecten in de Centrale Slenk ook het Kempisch Plateau beïnvloeden. Dit laat zien dat de deelgebieden in dit scenario niet altijd onafhankelijk van elkaar kunnen worden beoordeeld.



Figuur 13-3 Samenvatting in effecten voor scenario 2

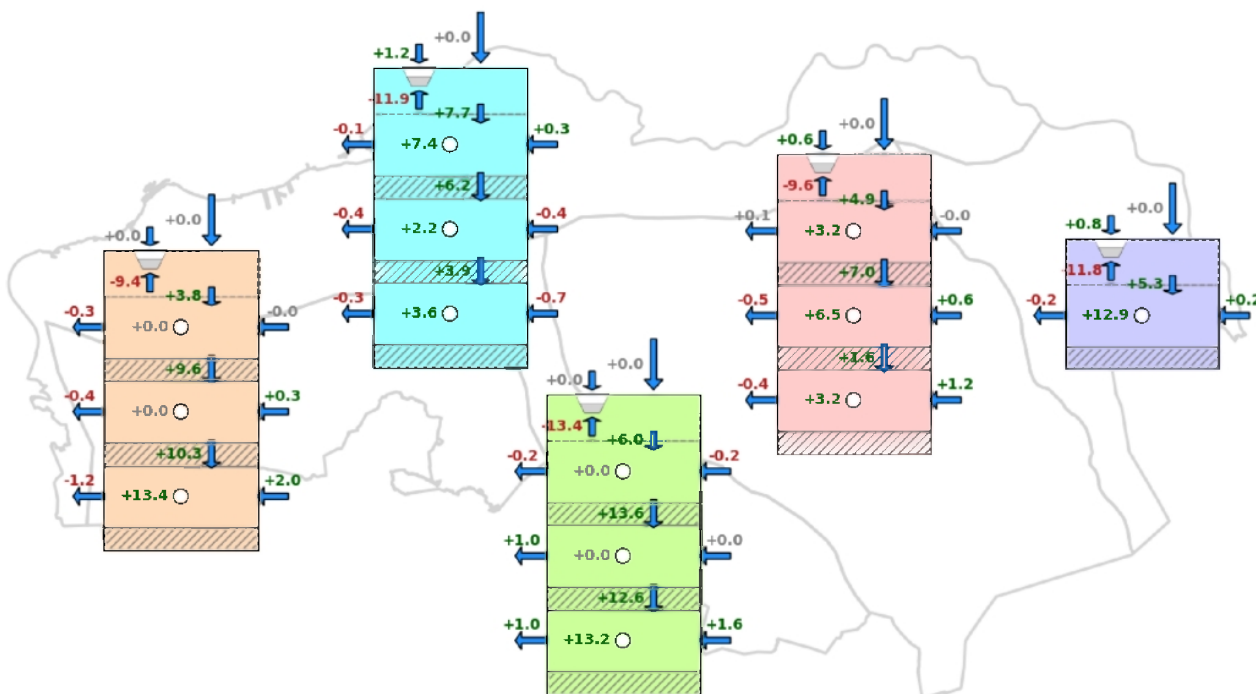
14 Scenario 3: 30% meer onttrekking

14.1 Beschrijving van het scenario

In dit scenario wordt er 30% meer grondwater onttrokken voor drinkwater en industrie. Een extra hoeveelheid van 30% komt overeen met de maximum voorspelde hoeveelheid in 2040 door het RIVM (scenario Global Economy). De hoeveelheid berekening blijft ongewijzigd in dit scenario.

De extra onttrekking is evenredig over de gehele oppervlakte van Noord-Brabant verdeeld, in een grid met een knooppuntsafstand van 2 km. De diepte van de onttrekking is bepaald aan de hand van de dikte van de watervoerende lagen volgens het grondwatermodel. De extra onttrekking in West-Brabant en het Kempisch Plateau zijn toegekend aan het derde watervoerende pakket. In de Slenk zijn de extra debieten verdeeld volgens een verdeling 1:2:1 over de drie watervoerende pakketten. In het peilgestuurde gebied is de extra winning verdeeld afhankelijk aan welk deelgebied dit grenst, om zo de meest waarschijnlijke diepte van onttrekken te kunnen berekenen. Het accent van de extra onttrekking per laag verschilt daarom per deelgebied.

14.2 Verandering in waterbalans



Figuur 14-1 Verandering in waterbalans in scenario 3 [mm/jaar]

Gemiddeld wordt per deelgebied ongeveer 13 mm/jr extra onttrokken (in totaal 66 miljoen m³/jr). De verdeling per diepte verschilt per deelgebied (Figuur 14-1). De extra onttrekking wordt grotendeels gecompenseerd door een vermindering in drainage door het oppervlaktewatersysteem. De vermindering is ongeveer gelijk per deelgebied (9 tot 13 mm per jaar). In de Slenk, de Peelhorst en het peilgestuurde gebied is er daarnaast sprake van een beperkte toename van de infiltratie (tot 1 mm/jaar). De horizontale uitstroming neemt voor alle gebieden behalve het Kempisch Plateau af. De horizontale uitstroming van het Kempisch Plateau neemt toe als gevolg van verlagingen in de Centrale Slenk.

14.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Als gevolg van de extra onttrekking daalt de grondwaterstand (Tabel 14-1). In deelgebieden Kempisch Plateau, Peelhorst en West-Brabant zijn de berekende gemiddelde verlagingen groter (tot 5 cm) dan in de Slenk en in het peilgestuurde gebied (tot 3 cm). Omdat de extra onttrekking gelijk is verdeeld over het oppervlak van de deelgebieden zijn de effecten vergelijkbaar voor landbouw, natuur en stedelijk gebied. De gemiddelde stijghoogteverlaging is het grootste in de Slenk: tot 50 cm. De berekende gemiddelde stijghoogteverlagingen zijn iets kleiner dan in scenario 2 (drinkwateronttrekking op vergund debiet). Dit komt omdat de extra onttrekkingen in dit scenario gelijk verdeeld zijn binnen een deelgebied en de effecten daardoor meer gespreid zijn.

Tabel 14-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 3

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | -2 | -46 | -2 | -43 | -3 | -50 |
| Kempisch Plateau | -4 | -17 | -5 | -13 | -4 | -20 |
| Peelhorst | -2 | -2 | -5 | -4 | -4 | -4 |
| West-Brabant | -3 | -15 | -5 | -17 | -5 | -13 |
| Peilgestuurd | -1 | -11 | -1 | -13 | -2 | -15 |

14.4 Effect op beekafvoer

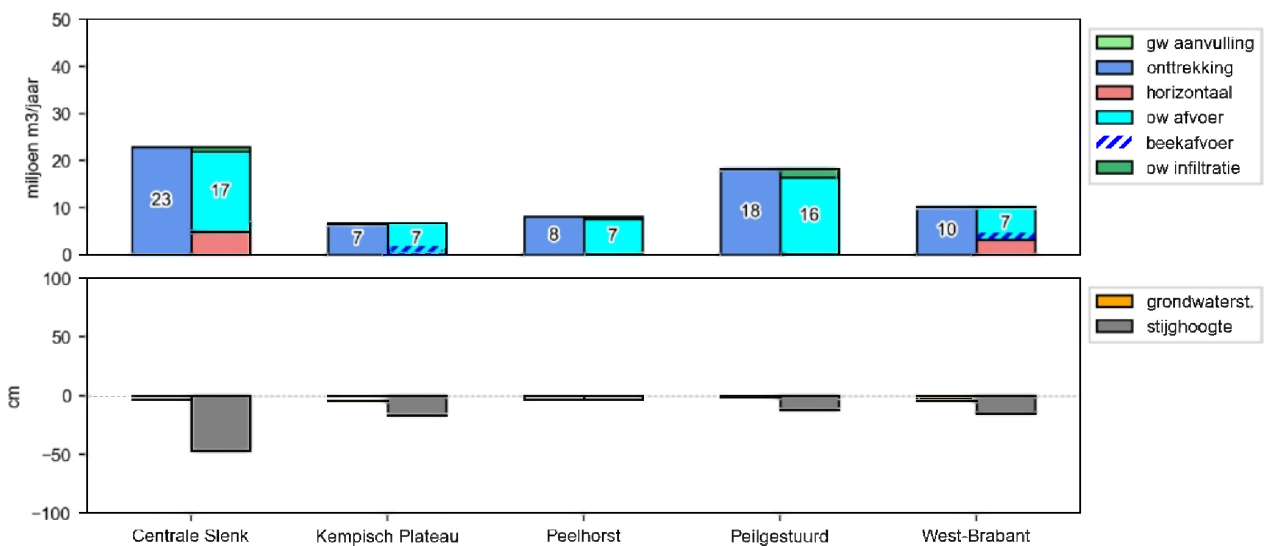
De berekende gemiddelde basisafvoer neemt af met 3 tot 4% als gevolg van de extra onttrekkingen (Tabel 14-2). Ook voor dit scenario geldt dat het effect op de basisafvoer in de zomermaanden groter is.

Tabel 14-2 Verandering in basisaanvoer naar de geselecteerde grondwatergevoede beken (%) in scenario 3

| | Gemiddeld beekafvoer [%] |
|------------------|--------------------------------|
| Centrale Slenk | -3 |
| Kempisch Plateau | -4 |
| Peelhorst | N.v.t |
| West-Brabant | -3 |
| Peilgestuurd | N.v.t |

14.5 Samenvatting

De effecten bij een 30% toename van de grondwateronttrekking voor drinkwater en industrie, gelijk verdeeld over de deelgebieden, worden getoond in Figuur 14-2. De figuur laat zien dat de verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte in verhouding tot de onttrekking groot is op het Kempisch Plateau en in West-Brabant. De verlaging in grondwaterstand en daling in stijghoogte is relatief klein in het peilgestuurde gebied. In het peilgestuurde gebied is de afname in oppervlaktewaterafvoer groot in vergelijking met de andere deelgebieden (zie huidige waterbalans, Figuur 12-1). Het effect op grondwaterstand en stijghoogte is daarom relatief klein. Het effect op de beekafvoer is groter op het Kempisch Plateau en in West-Brabant dan in de Centrale Slenk. Op het Kempisch Plateau en in West-Brabant vormen de grondwatergevoede beken een groter deel van het totale oppervlaktewatersysteem.



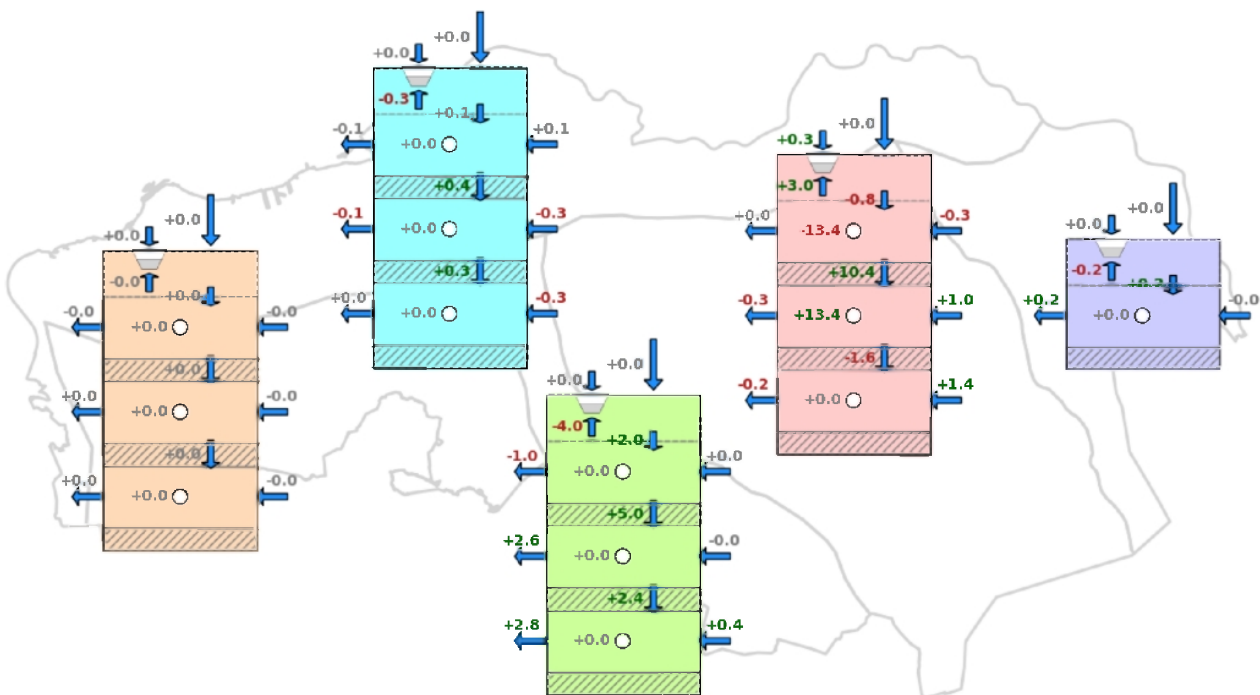
Figuur 14-2 Samenvatting in effecten voor scenario 3

15 Scenario 4: Slenk Diep

15.1 Beschrijving van het scenario

In het scenario Slenk Diep worden alle ondiepe onttrekkingen voor drinkwater en industrie in de Centrale Slenk (tot Peize Waalre klei 1, modellaag 10) verplaatst naar diepere watervoerende pakketten (Formaties van Peize/Waalre/Maassluis; modellaag 10 t/m 12). In totaal wordt 23,7 miljoen m³/jaar van watervoerend pakket 1 naar watervoerend pakket 2 verplaatst. Binnen watervoerend pakket 2 wordt 18,9 miljoen m³/jaar naar modellaag 10 t/m 12 verplaatst om het accent in onttrekking nog verder naar de diepte te verschuiven.

15.2 Verandering in waterbalans



Figuur 15-1 Verandering in waterbalans in scenario 4 [mm/jaar]

In de Centrale Slenk wordt 13,4 mm/jaar onttrekking uit het bovenste naar het middelste watervoerende pakket verplaatst (Figuur 15-1). De extra onttrekking op grotere diepte heeft tot gevolg dat er meer water naar de diepte stroomt. Maar omdat er ondiep geen grondwater meer wordt onttrokken (afgezien van berekening), komt er meer water ter beschikking voor drainage door het oppervlaktewater (3 mm/jr) in de Centrale Slenk. De gemiddelde ondiepe stroming naar maaiveld neemt toe in de Centrale Slenk (0,8 mm/jr). In het Kempisch Plateau neemt de drainage juist af (4 mm/jr). Het effect op de overige deelgebieden is zeer klein. De grondwaterstroming in de deelgebieden rondom de Slenk wordt wel beïnvloed door de verdieping van de onttrekkingen, ondanks de grote afstand tot de onttrekking.

15.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

De gemiddelde veranderingen in grondwaterstand zijn gering (Tabel 15-1). In de Centrale Slenk is sprake van een kleine verhoging; in het Kempisch Plateau van een kleine verlaging. Verklaarbaar is dat de stijghoogte in de Centrale Slenk fors wordt verlaagd als gevolg van het verplaatsen van de onttrekkingen naar het diepe pakket. De oorzaak is de hoge weerstand van de kleilaag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket in de Centrale Slenk. Bij een hogere weerstand neemt het invloedsgebied van de onttrekkingen toe. Buiten de Centrale Slenk zijn de effecten op de stijghoogten relatief klein. De gemiddelde verlaging van stijghoogte is circa 5 cm in de deelgebieden rondom de Slenk, waardoor kwelstromen afnemen. In West-Brabant is er geen invloed, wat verklaarbaar is door de verschillen in geohydrologie en aanwezige breuken.

Tabel 15-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 4

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 1 | -69 | 0 | -53 | 2 | -99 |
| Kempisch Plateau | -1 | -6 | -1 | -3 | -1 | -6 |
| Peelhorst | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| West-Brabant | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peilgestuurd | 0 | -3 | 0 | -5 | 0 | -6 |

15.4 Effect op beekafvoer

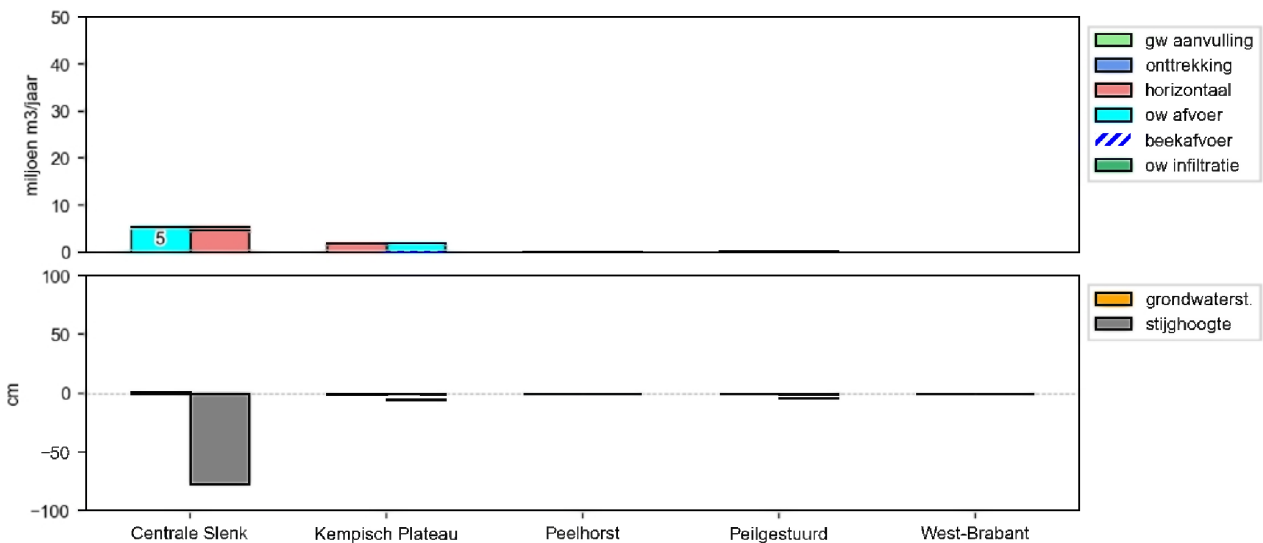
De effecten op de gemiddelde beekafvoer zijn zeer klein (Tabel 15-2).

Tabel 15-2 Verandering in basisaanvoer van de geselecteerde grondwatergevoede beken (%) in scenario 4

| | Gemiddeld beekafvoer [%] |
|------------------|--------------------------------|
| Centrale Slenk | 1 |
| Kempisch Plateau | -1 |
| Peelhorst | N.v.t |
| West-Brabant | 0 |
| Peilgestuurd | N.v.t |

15.5 Samenvatting

In dit scenario blijft de totale onttrekking en grondwateraanvulling gelijk. Door de verplaatsing van de winningen in de Centrale Slenk naar de diepte stroomt er netto meer grondwater horizontaal toe uit de omgeving (circa 5 miljoen m³/jaar; Figuur 15-2). Dit water wordt weer gedraineerd door het oppervlaktewater. De oppervlaktewaterafvoer neemt daardoor toe in het deelgebied de Slenk. Alhoewel de diepe stijghoogte fors afneemt in de Centrale Slenk (70 cm), heeft dit gemiddeld geen negatief effect op de ondiepe grondwaterstroming richting maaiveld (zie Figuur 14-1). Dit komt omdat er in het eerste watervoerende pakket minder water wordt onttrokken, zodat vanuit het eerste watervoerende pakket meer water naar maaiveld kan stromen. De (potentiele) stroming van grondwater uit diepere watervoerende lagen neemt wel af. De enige andere deelgebieden die beïnvloed worden zijn het Kempisch Plateau en Peilgestuurd; hier stroomt minder oppervlakte water het gebied uit en is er een kleine daling van de stijghoogte. De effecten op de grondwaterstand zijn gemiddeld klein (enkele centimeters). In de Slenk is de stijghoogteverlaging gemiddeld 70 cm, in de overige deelgebieden rondom de Slenk slechts enkele centimeters.



Figuur 15-2 Samenvatting in effecten voor scenario 4

16 Scenario 5: W_H klimaat

16.1 Beschrijving van het scenario

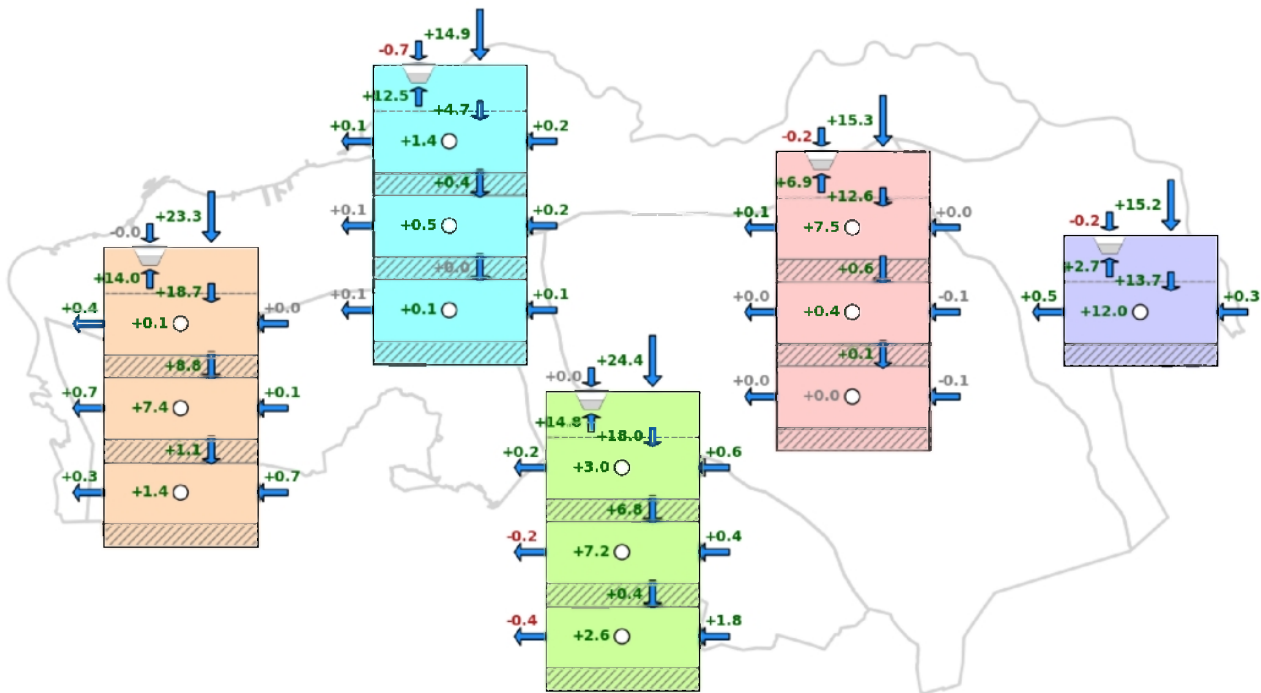
Het W_H klimaat scenario is door het KNMI (2014) opgesteld. In dit scenario worden de winters natter met meer neerslag en de zomers droger door een afname in neerslag en een toename in potentiële verdamping. Daarnaast is er meer variabiliteit in de neerslag, er is dus ook meer kans op langdurige droogte. Het neerslagtekort in de zomerperiode neemt toe in het WH klimaat scenario, echter het jaarlijkse neerslagoverschot blijft ongeveer gelijk.

In het grondwatermodel wordt gerekend met de grondwateraanvulling. Dit is de hoeveelheid water die in het grondwater kan infiltreren, wat gelijk is aan de neerslag minus de actuele verdamping. De potentiële verdamping is de verdamping die optreedt in het geval gewassen optimaal van water zijn voorzien. Door een toename in temperatuur zal de potentiële verdamping toenemen. Hoeveel werkelijk verdampt, wordt berekend met het FLUZO model (zie Methodiek rapport). In dit model wordt rekening gehouden met de ligging van de grondwaterstand. In gebieden met diepere grondwaterstanden zal het vochttekort toenemen waardoor de planten (actueel) minder gaan verdampen dan (potentieel) mogelijk is. Door FLUZO wordt per locatie dit verschil tussen potentiële en actuele verdamping uitgerekend.

In de winter neemt de neerslag toe wat zorgt voor extra grondwateraanvulling op de hoger gelegen gebieden; in de beekdalen is de grondwaterstand al hoog en wordt het extra neerslagwater ook weer snel afgevoerd. Hierdoor neemt de gemiddelde grondwateraanvulling over het gehele jaar in het W_H scenario toe.

Omdat de zomers droger worden zal er meer berekend worden ten behoeve van de landbouw. De extra benodigde hoeveelheid berekening is modelmatig bepaald (zie Methodiek rapport). Deze hoeveelheid grondwater komt uit diepere watervoerende pakketten. Het beregende grondwater wordt grotendeels gebruikt door de planten en verdwijnt als verdamping. In nattere zomers zal niet al het water verdampen en komt een klein gedeelte van het beregeningswater weer in het grondwater.

16.2 Verandering in waterbalans



Figuur 16-1 Verandering in waterbalans in scenario 5 [mm/jaar]

Door klimaatverandering neemt de gemiddelde grondwateraanvulling beperkt toe, vooral door een grotere neerslag in de winter. In de Centrale Slenk, de Peelhorst en het peilgestuurde gebied is de toename in grondwateraanvulling circa 15 mm/jaar. Op het Kempisch Plateau en West-Brabant is de toename van de grondwateraanvulling iets groter circa 24 mm/jaar, omdat hier meer hogere gronden zijn met diepere grondwaterstanden. Het grondwater wordt van bovenaf extra aangevuld, omdat er ook meer water wordt onttrokken ten behoeve van beregening. In totaal wordt in dit scenario 38 miljoen m³ meer grondwater onttrokken ten behoeve van beregening (7,4 mm/jaar). De extra grondwateraanvulling komt vooral ten goede aan meer afvoer door het oppervlaktewater, 3 tot 15 mm/jaar (Figuur 16-1). Dit is ongeveer 34 miljoen m³/jaar extra afvoer door het oppervlaktewater in de gehele provincie. In de Peelhorst blijft de verandering in afvoer relatief gering (2,7 mm/jr), ook omdat in dit gebied relatief veel beregend wordt. De presentatie in Figuur 16-1 betreft een presentatie van gemiddelde veranderingen. In een zomersituatie is de situatie anders (zie later deze paragraaf).

16.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Gemiddeld stijgen de grondwaterstanden en stijghoogten als gevolg van het WH klimaatscenario (Tabel 16-1), maar in een zomersituatie dalen de grondwaterstanden (Tabel 16-2). De gemiddelde stijging in grondwaterstand en stijghoogte is het grootst op het Kempisch Plateau. In landbouwgebied is de stijghoogte nauwelijks hoger, doordat de toename in beregening voor verlagingen zorgt. Voor West-Brabant is een daling van de stijghoogte van 2 cm berekend, dit is het gevolg van de toename in beregening.

Wanneer gekeken wordt naar de verandering van de grondwaterstand in de zomer is een ander beeld zichtbaar. De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) treedt op tijdens een droge zomer. De GLG wordt in dit scenario 5 tot 15 cm verlaagd. In landbouwgebied zijn de verlagingen het grootst. De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) treedt in een nat voorjaar op. Door de toename in het neerslagoverschot in de winterperiode neemt de GHG tot 15 cm toe (Tabel 16-3). In natuur- en stedelijk

gebied is de toename groter dan in landbouwgebied. Dit komt omdat in landbouwgebied intensiever wordt gedraineerd.

Tabel 16-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 5

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 2 | 1 | 3 | 2 | 5 | 2 |
| Kempisch Plateau | 6 | 1 | 12 | 9 | 6 | 1 |
| Peelhorst | 1 | 1 | 6 | 5 | 3 | 3 |
| West-Brabant | 4 | -2 | 7 | 0 | 8 | 1 |
| Peilgestuurd | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |

Tabel 16-2 Verandering in de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) per type gebied per deelgebied in scenario 5

| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | -15 | -12 | -9 |
| Kempisch Plateau | -8 | -3 | -7 |
| Peelhorst | -12 | -7 | -10 |
| West-Brabant | -11 | -9 | -3 |
| Peilgestuurd | -7 | -7 | -5 |

Tabel 16-3 Verandering in de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) per type gebied per deelgebied in scenario 5

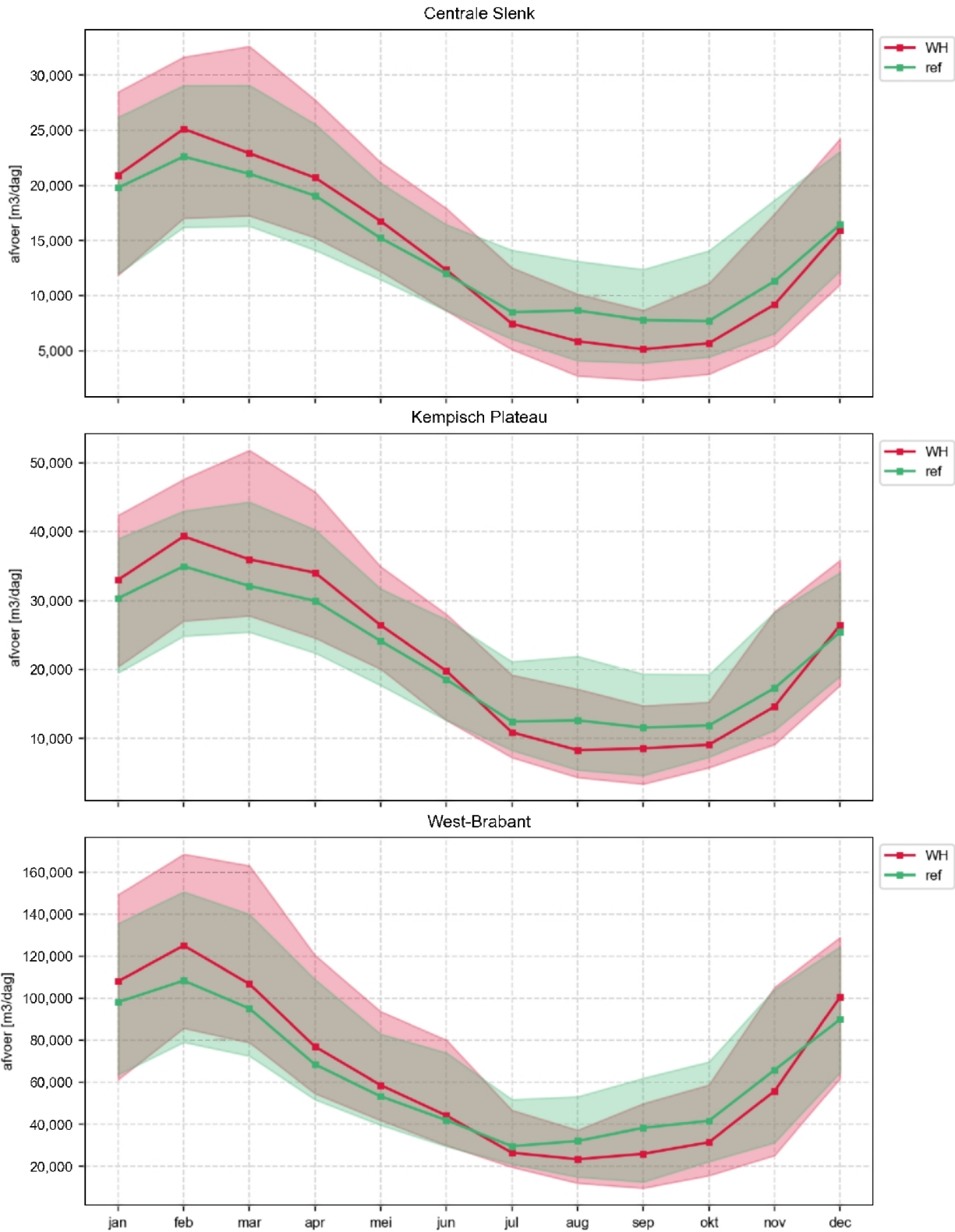
| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | 6 | 6 | 9 |
| Kempisch Plateau | 10 | 15 | 11 |
| Peelhorst | 6 | 9 | 7 |
| West-Brabant | 8 | 10 | 11 |
| Peilgestuurd | 3 | 4 | 6 |

16.4 Effect op beekafvoer

De gemiddelde verandering in beekafvoer is te zien in Tabel 16-4. Jaargemiddeld neemt de beekafvoer iets toe. Op basis van de tijdsafhankelijke berekening is het gemiddelde en de bandbreedte van de beekafvoer per maand weergegeven (Figuur 16-2). Per maand zijn er grotere verschillen te zien. De afvoer neemt in de wintermaanden toe en in de zomer af. De grootste afname in de zomer vindt plaats in de maanden juli, augustus en september. De afname voor deze maanden is apart weergegeven in Tabel 16-4 en ligt rond 22%. De beekafvoer in de zomermaanden kan dus volgens klimaatscenario W_H behoorlijk afnemen, waardoor de beek over trajecten kan droogvallen. In de winter neemt de beekafvoer toe met 8 tot 11%.

Tabel 16-4 Verandering in basisaanvoer van de geselecteerde grondwatergevoede beken (%)

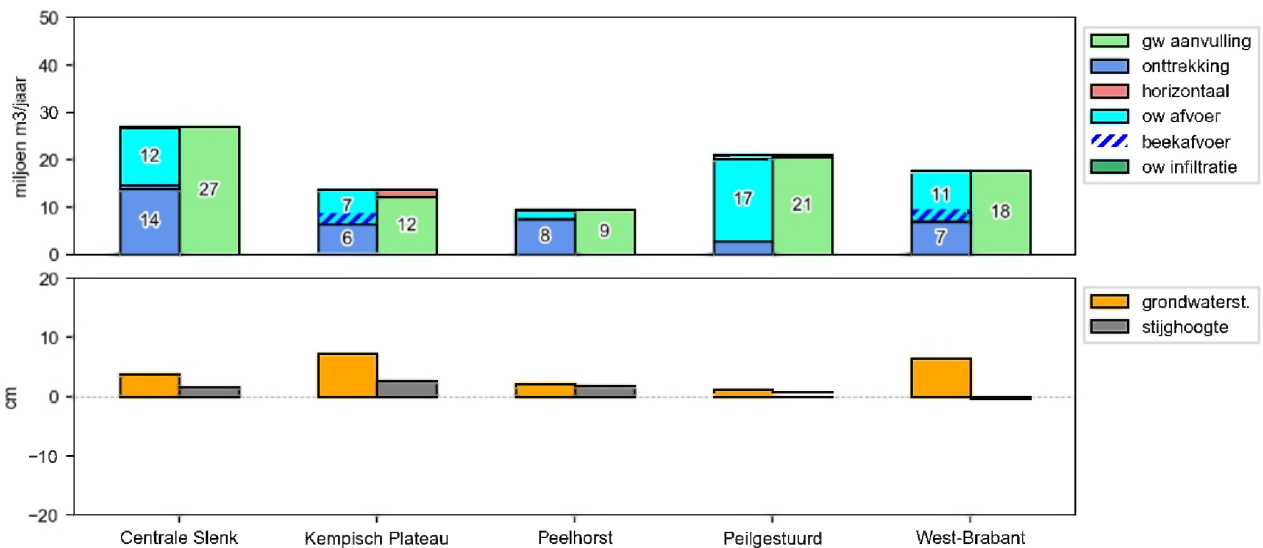
| | Gemiddeld | Zomer | Winter |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] |
| Centrale Slenk | 1 | -23 | 8 |
| Kempisch Plateau | 3 | -22 | 11 |
| Peelhorst | Niet relevant | Niet relevant | Niet relevant |
| West-Brabant | 4 | -21 | 11 |
| Peilgestuurd | Niet relevant | Niet relevant | Niet relevant |



Figuur 16-2 Berekende afvoer van de grondwatergevoede beken voor scenario 5 (W_H) en de huidige situatie (ref). De lijn geeft de gemiddelde afvoer per maand weer. Het vlak de range tussen de 10 en 90 percentielwaarde. Het gaat om de totale afvoer grondwatergevoede beken per deelgebied.

16.5 Samenvatting

In het W_H klimaatscenario neemt de grondwateraanvulling in alle deelgebieden toe (Figuur 16-3). Er wordt extra beregend (37,6 miljoen m^3 /jaar) in de zomermaanden. Er wordt meer water gedraineerd door het oppervlaktewater in de winter. De toename in grondwateraanvulling is per oppervlak het grootst op het Kempisch Plateau en in West-Brabant. De grondwaterstand en de beekafvoer nemen daarom daar het meeste toe. De stijghoogte neemt weinig toe, omdat het effect van meer grondwateraanvulling wordt gedempt door meer beregening uit diepere watervoerende pakketten. Per saldo neemt de gemiddelde grondwaterstroming in neerwaartse richting toe en stijgt de stijghoogte in de diepere watervoerende pakketten.



Figuur 16-3 Samenvatting in effecten voor scenario 5

17 Scenario 6: W_H klimaat en 30% meer onttrekking

17.1 Beschrijving van het scenario

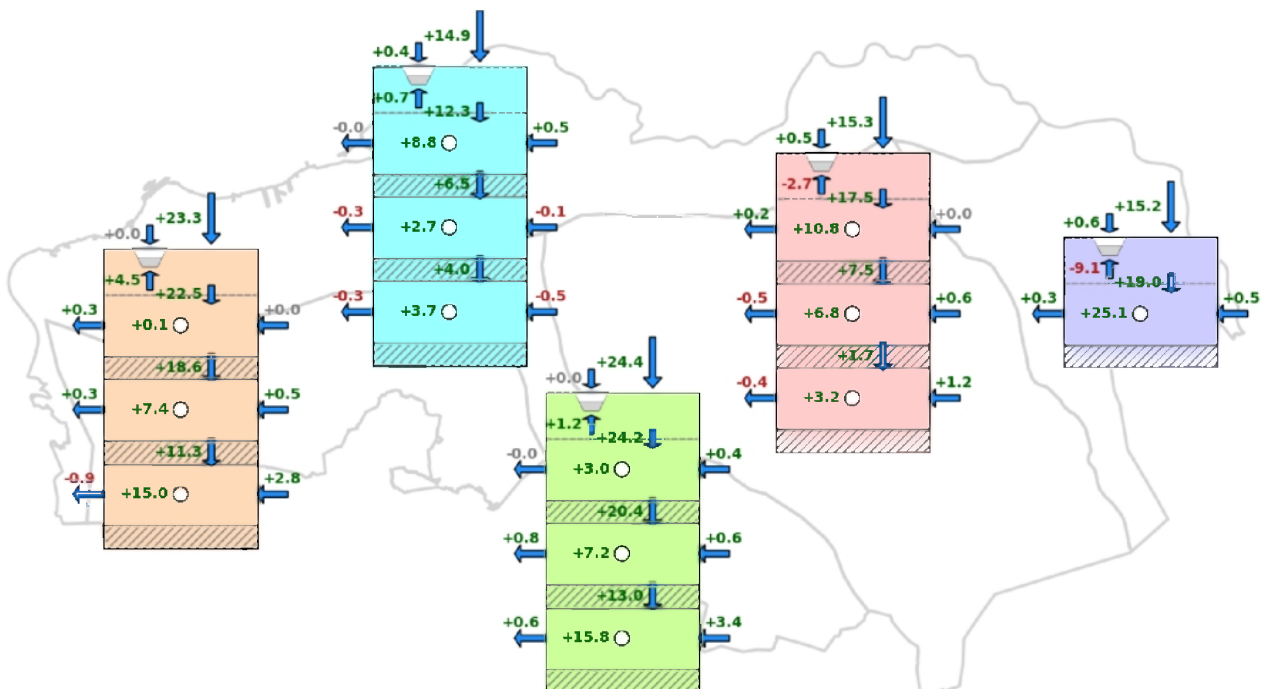
Dit scenario is een combinatie van twee eerder beschreven scenario's: het W_H scenario en het scenario 30% meer onttrekking (scenario 3 en scenario 6). Klimaatscenario W_H voorspelt nattere winters en drogere zomers. Daarnaast wordt aangenomen dat grondwateronttrekkingen voor drinkwater en industrie met 30% toenemen, zoals beschreven in het scenario "Global Economy" van het RIVM. De extra onttrekkingen zijn evenredig verdeeld over de deelgebieden met behulp van fictieve pompputten met een onderlinge afstand van 2 km.

17.2 Verandering in waterbalans

De verandering van de grondwateraanvulling is hetzelfde als in scenario 5 (scenario W_H), omdat dezelfde neerslag en verdampingsreeksen gebruikt zijn (Figuur 17-1). Grondwateronttrekkingen nemen in dit scenario toe als gevolg van:

1. 30% meer onttrekking door drinkwater en industrie (66 miljoen m^3 /jaar); en
2. een toename van de beregening door klimaatverandering (38 miljoen m^3 /jaar).

De totale onttrekking neemt toe tot 360 miljoen m^3 /jaar. In de Centrale Slenk en de Peelhorst is de toename in onttrekking veel groter dan de toename in grondwateraanvulling. De afvoer via het oppervlaktewatersysteem neemt hier af. In West-Brabant wordt een toename van de afvoer berekend van 4,5 mm/jaar. Op het Kempisch Plateau en in het peilgestuurde gebied neemt de afvoer beperkt toe. De horizontale stroming naar het 3^e watervoerende pakket in de Slenk, op het Kempisch Plateau en in West-Brabant neemt toe. In alle deelgebieden is de toename in onttrekking groter dan de toename in grondwateraanvulling. Door de onttrekkingen wordt meer water van buiten de provincie aangetrokken en is de uitstroom in west- en noordelijke richting minder dan in de huidige situatie. De horizontale effecten blijven echter relatief klein.



Figuur 17-1 Verandering in waterbalans in scenario 6

17.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Door de grotere grondwateraanvulling in de winter in het W_H klimaat neemt de grondwaterstand in stedelijk en natuurgebied toe met enkele centimeters. Maar door de 30% grotere onttrekking neemt de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket af (Tabel 17-1). Op het Kempisch Plateau en in West-Brabant is de grondwaterstandsverhoging het grootst, maar het zijn kleine effecten ten opzichten van de andere scenario's. In de Centrale Slenk zijn de stijghoogteverlagingen het grootst. De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) neemt tot 17 cm af (Tabel 17-2). In landbouwgebied verlaagt de GLG het meest. De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) neemt tot 11 cm toe, als gevolg van meer grondwateraanvulling in de winterperiode (Tabel 17-3).

Tabel 17-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte per type gebied per deelgebied in scenario 6

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 0 | -64 | 1 | -59 | 2 | -67 |
| Kempisch Plateau | 0 | -11 | 7 | 0 | 1 | -16 |
| Peelhorst | -1 | -1 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| West-Brabant | 0 | -9 | 4 | -8 | 3 | -6 |
| Peilgestuurd | 0 | -13 | 0 | -14 | 1 | -18 |

Tabel 17-2 Verandering in de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) per type gebied per deelgebied in scenario 6

| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | -17 | -14 | -12 |
| Kempisch Plateau | -11 | -6 | -10 |
| Peelhorst | -14 | -10 | -13 |
| West-Brabant | -14 | -12 | -7 |
| Peilgestuurd | -8 | -8 | -7 |

Tabel 17-3 Verandering in de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) per type gebied per deelgebied in scenario 6

| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | 4 | 4 | 6 |
| Kempisch Plateau | 8 | 11 | 7 |
| Peelhorst | 4 | 6 | 4 |
| West-Brabant | 6 | 8 | 7 |
| Peilgestuurd | 3 | 3 | 5 |

17.4 Effect op beekafvoer

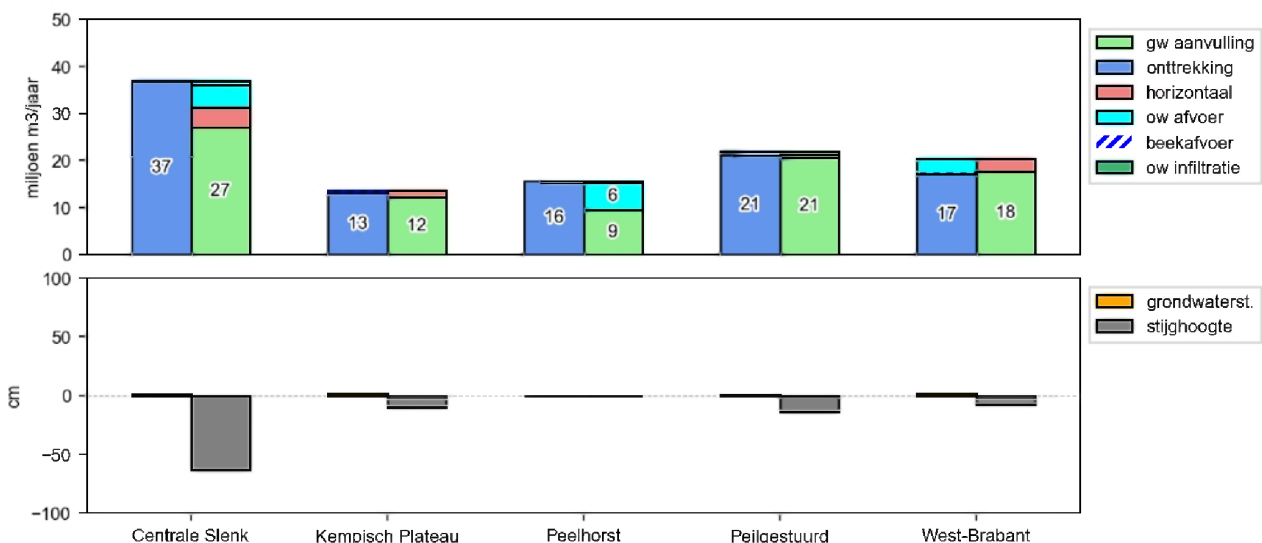
In dit scenario is er nauwelijks effect op de gemiddelde beekafvoer (Tabel 17-4). De effecten van meer grondwateraanvulling en een toename van de onttrekkingen heffen elkaar op. In de zomermaanden neemt de beekafvoer met circa 25% af. De oorzaak is een vermindering van de grondwateraanvulling in de zomer door minder neerslag en meer verdamping, gekoppeld met een afname van de afvoer als gevolg van de extra onttrekking. In de winter neemt de beekafvoer toe met circa 9%.

Tabel 17-4 Verandering in basisaanvoer van de geselecteerde grondwatergevoede beken (%)

| | Gemiddeld | Zomer | Winter |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] |
| Centrale Slenk | 1 | -24 | 9 |
| Kempisch Plateau | 1 | -25 | 9 |
| Peelhorst | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| West-Brabant | 1 | -24 | 9 |
| Peilgestuurd | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |

17.5 Samenvatting

In de Centrale Slenk en de Peelhorst is de toename in onttrekkingen groter dan de extra grondwateraanvulling en is er sprake van een afname in de oppervlaktewaterafvoer (Figuur 17-2). In de Centrale Slenk, op het Kempisch Plateau en in West-Brabant neemt ook de horizontale toestroming toe. Er is geen effect op de beekafvoer. De stijghoogteverlaging op het Kempisch Plateau is relatief groot in verhouding tot de waterbalanseffecten. De stijghoogte wordt hier namelijk ook beïnvloed door onttrekkingen in de Centrale Slenk.



Figuur 17-2 Samenvatting in effecten voor scenario 6

18 Scenario 7: G_L klimaat

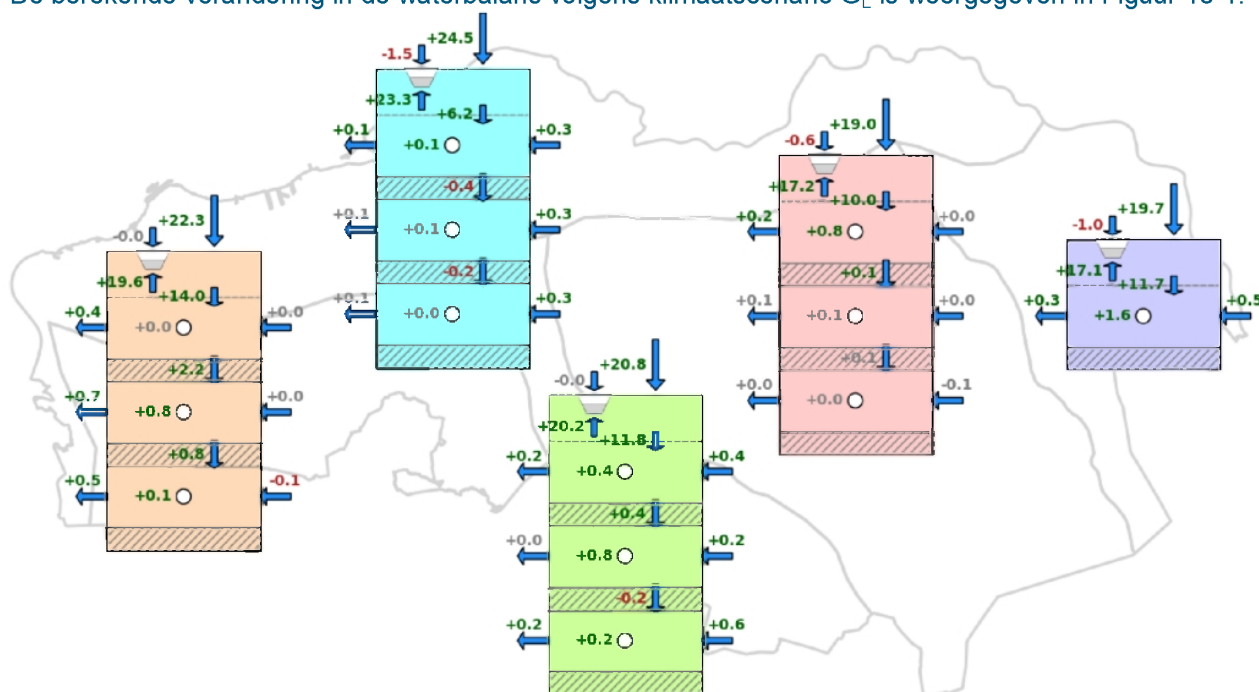
18.1 Beschrijving van het scenario

Het G_L klimaat scenario is door het KNMI (2014) opgesteld. In dit scenario worden de winters iets natter door meer neerslag. In de zomer blijft het neerslagoverschot ongeveer gelijk, omdat de verandering van de potentiële verdamping en neerslag elkaar opheffen. In het grondwatermodel wordt gerekend met de grondwataanvulling. Dit is de hoeveelheid water die in het grondwater kan infiltreren, wat gelijk is aan de neerslag minus de actuele verdamping. De actuele verdamping is meestal kleiner dan de potentiële verdamping omdat bij vochttekorten de actuele verdamping afneemt.

De grondwataanvulling neemt in het G_L scenario op jaarbasis toe. De verdamping in de zomer neemt toe en dit wordt deels gecompenseerd door extra beregening. De extra benodigde hoeveelheid beregening is uitgerekend als 4 miljoen m³. Deze hoeveelheid grondwater komt uit diepere watervoerende pakketten en komt deels weer ten goede in de vorm van grondwataanvulling, omdat niet al het beregeningswater door de planten wordt opgenomen of door verdamping verdwijnt.

18.2 Verandering in waterbalans

De berekende verandering in de waterbalans volgens klimaatscenario G_L is weergegeven in Figuur 18-1.



Figuur 18-1 Verandering in waterbalans in scenario 7 [mm/jaar]

De grondwataanvulling neemt toe met circa 19 tot 24 mm/jaar, vooral door nattere winters. Deze gemiddelde toename is vergelijkbaar met de extra grondwataanvulling in het W_H scenario, maar uitgesplitst naar zomer en winterseizoen zijn de verschillen in het G_L scenario minder extreem. De extra hoeveelheid grondwater komt vooral ten goede aan extra drainage door het oppervlaktewater (17 tot 23 mm/jaar). De hoeveelheid beregening neemt beperkt toe ten opzichte van de referentiesituatie (4 miljoen m³/jaar, ongeveer 1 mm/jr). In de diepere watervoerende pakketten verandert daarom weinig in de waterbalans.

18.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Meer grondweraanvulling zorgt voor verhoging van de grondwaterstand en stijghoogte (Tabel 18-1). De grondwaterstandsverhogingen zijn groter in natuur- en stedelijk gebied. In het peilgestuurde gebied zijn de verhogingen het kleinste, vanwege de intensieve drainage in dit gebied. Op het Kempisch Plateau en in West-Brabant zijn de verhogingen het grootst.

De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) neemt toe met maximaal 5 cm (Tabel 18-2). De effecten in de zomer zijn dus kleiner dan gemiddeld. De effecten in de winter (GHG) zijn juist groter dan gemiddeld (Tabel 18-3).

Tabel 18-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 7

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Kempisch Plateau | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 | 6 |
| Peelhorst | 3 | 2 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| West-Brabant | 5 | 5 | 6 | 6 | 8 | 6 |
| Peilgestuurd | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |

Tabel 18-2 Verandering in Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) per type gebied per deelgebied in scenario 7

| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | 1 | 1 | 3 |
| Kempisch Plateau | 3 | 5 | 3 |
| Peelhorst | 0 | 2 | 1 |
| West-Brabant | 2 | 3 | 5 |
| Peilgestuurd | 0 | 0 | 1 |

Tabel 18-3 Verandering in Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) per type gebied per deelgebied in scenario 7

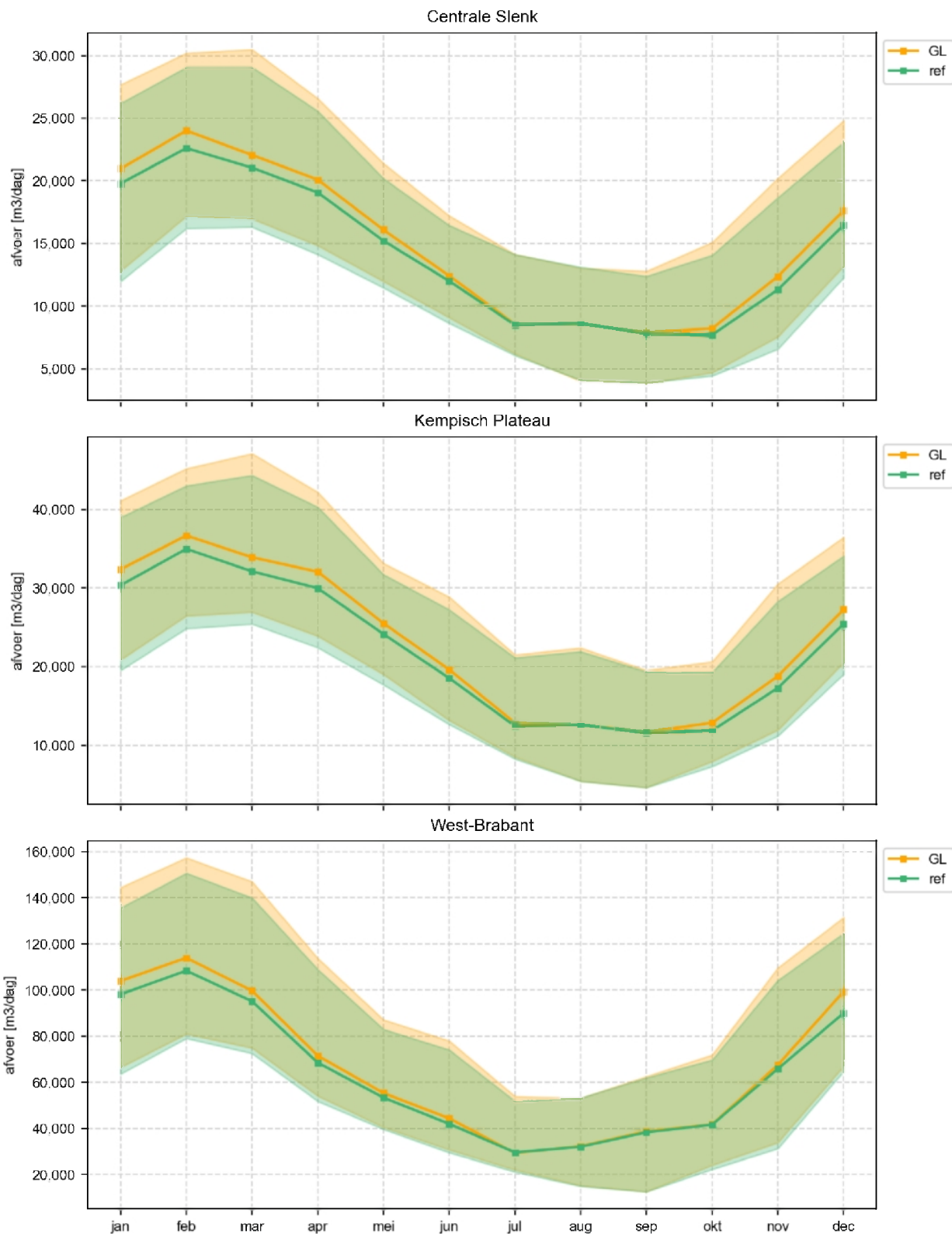
| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | 4 | 4 | 6 |
| Kempisch Plateau | 6 | 9 | 7 |
| Peelhorst | 3 | 6 | 5 |
| West-Brabant | 6 | 7 | 8 |
| Peilgestuurd | 2 | 2 | 4 |

18.4 Effect op beekafvoer

De basisafvoer neemt toe met ongeveer 6% in de drie relevante deelgebieden (Tabel 18-4). De toename vindt plaats in de wintermaanden; in de zomermaanden blijft de basisafvoer min of meer gelijk (Figuur 18-2).

Tabel 18-4 Verandering in basisaanvoer van de geselecteerde grondwatergevoede beken (%)

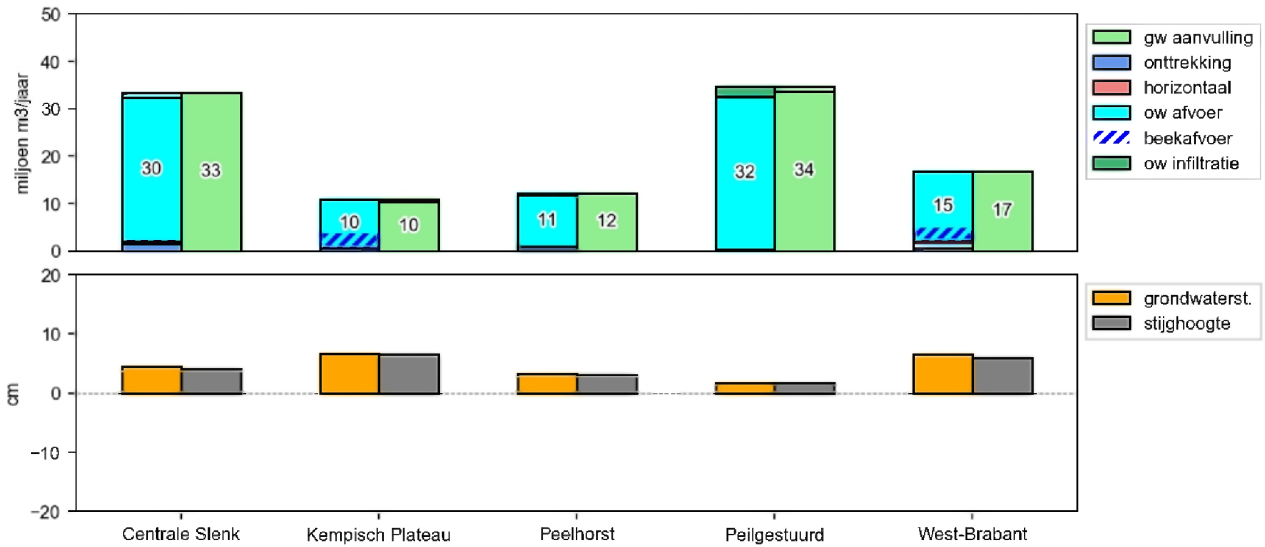
| | Gemiddeld | Zomer | Winter |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] |
| Centrale Slenk | 5 | 0 | 5 |
| Kempisch Plateau | 6 | 2 | 6 |
| Peelhorst | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| West-Brabant | 6 | 0 | 5 |
| Peilgestuurd | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |



Figuur 18-2 Berekende afvoer grondwatergevoede beken voor scenario 7 (GL) en de referentie (ref). De lijn geeft de gemiddelde afvoer per maand weer. Het vlak de range tussen de 10 en 90 percentielwaarde. Het gaat om de totale afvoer van de grondwatergevoede beken per deelgebied.

18.5 Samenvatting

In het G_L scenario neemt de gemiddelde grondwateraanvulling toe (Figuur 18-3). Dit zorgt voor een toename van de oppervlaktewaterafvoer in alle deelgebieden. In het peilgestuurde gebied neemt de infiltratie vanuit oppervlaktewater beperkt af: met circa 2 miljoen m^3 /jaar. Op het Kempisch Plateau en in West-Brabant is de verhoging van de grondwaterstand en stijghoogte groter dan in de overige deelgebieden.



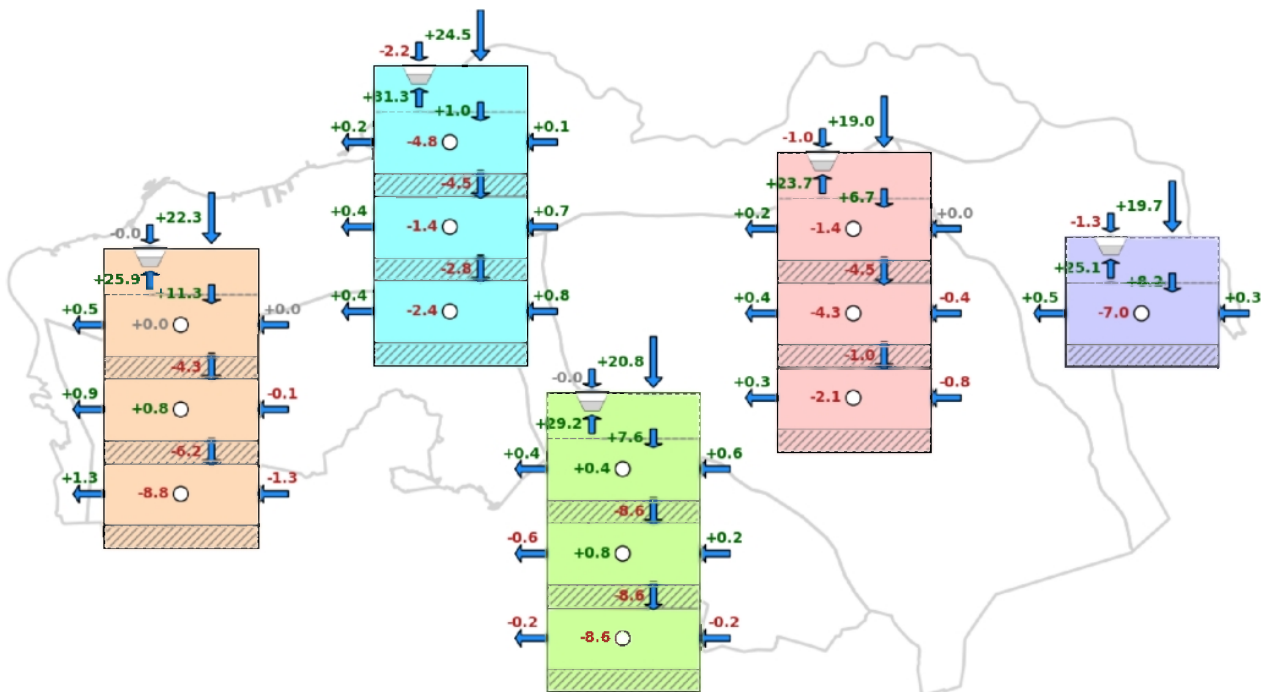
Figuur 18-3 Samenvatting in effecten voor scenario 7

19 Scenario 8: G_L klimaat en 20% minder onttrekking

19.1 Beschrijving van het scenario

Dit scenario is een combinatie van het KNMI G_L scenario, beschreven in de voorgaande paragraaf, en een scenario waarin 20% minder grondwater wordt onttrokken. Een vermindering van 20% komt ongeveer overeen met de minimaal voorspelde hoeveelheid benodigde drinkwater (Regional Communities) in 2040 door het RIVM. De vermindering in onttrekking (44 miljoen m³/jaar) is evenredig over de gehele oppervlakte van Noord-Brabant verdeeld, in een grid met een knooppuntsafstand van 2 km. Zo wordt theoretisch inzichtelijk gemaakt hoe een evenredige vermindering in grondwateronttrekking over het oppervlak in Noord-Brabant uitpakt. In werkelijkheid zal een onttrekking alleen verminderd worden op een bestaande locatie (zie verder scenario 9). De diepte van de infiltratie (=vermindering in onttrekking) is bepaald aan de hand van de dikte van de watervoerende lagen in het grondwatermodel. De vermindering in onttrekking in West-Brabant en het Kempisch Plateau vindt plaats uit het derde watervoerende pakket. In de Slenk is de reductie in winning van boven naar beneden verdeeld als 1:2:1 over de drie watervoerende pakketten. In het peilgestuurde gebied zijn de infiltratieputten verdeeld afhankelijk aan welk deelgebied dit grenst. Het accent van de vermindering in onttrekking per laag verschilt daarom per deelgebied

19.2 Verandering in waterbalans



Figuur 19-1 Verandering in waterbalans in scenario 8

In dit scenario neemt de grondwateraanvulling toe (Figuur 19-1). De verandering van grondwateraanvulling is gelijk aan scenario 7 (G_L). De grondwaterwinning daalt met 7 tot 8 mm/jaar. Daardoor stijgt de oppervlaktewaterafvoer in alle deelgebieden met 23 tot 31 mm/jaar. Door de vermindering van de grondwateronttrekking neemt ook de verticale stroming naar het 2^e en 3^e watervoerend pakket af.

19.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Bij meer grondwateraanvulling en een vermindering van de onttrekkingen worden verhogingen van de grondwaterstand en stijghoogte berekend (Tabel 19-1). De grondwaterstandsverhogingen zijn groter in natuur- en stedelijk gebied dan in landbouwgebied. In het peilgestuurde gebied zijn de verhogingen het minst, omdat de effecten worden gedempt door de drainage van het oppervlaktewater. Er is een significante stijging van de stijghoogte in alle deelgebieden. De grondwaterstroming wordt per saldo meer opwaarts.

Ook de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) neemt toe in dit scenario (Tabel 19-2), net als de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), zie tabel Tabel 19-3.

Tabel 19-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 8

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 5 | 34 | 5 | 33 | 7 | 37 |
| Kempisch Plateau | 8 | 17 | 12 | 17 | 8 | 18 |
| Peelhorst | 4 | 4 | 8 | 8 | 6 | 6 |
| West-Brabant | 7 | 15 | 9 | 17 | 11 | 15 |
| Peilgestuurd | 2 | 9 | 3 | 11 | 4 | 12 |

Tabel 19-2 Verandering in Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) per type gebied per deelgebied in scenario 8

| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | 2 | 2 | 4 |
| Kempisch Plateau | 5 | 7 | 5 |
| Peelhorst | 1 | 4 | 3 |
| West-Brabant | 4 | 5 | 8 |
| Peilgestuurd | 0 | 1 | 2 |

Tabel 19-3 Verandering in Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) per type gebied per deelgebied in scenario 8

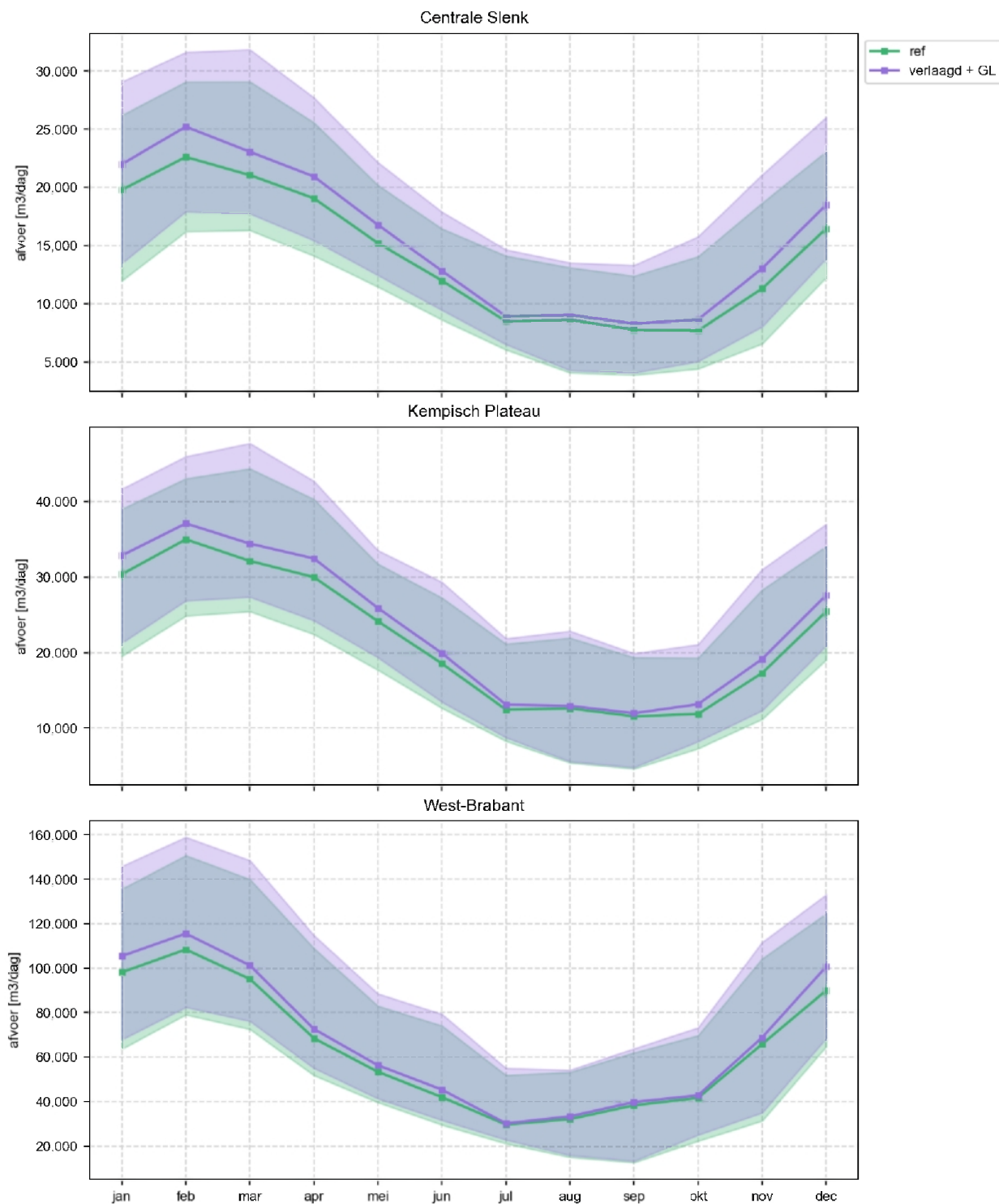
| | Landbouw [cm] | Natuur [cm] | Stedelijk [cm] |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Centrale Slenk | 5 | 5 | 8 |
| Kempisch Plateau | 8 | 11 | 8 |
| Peelhorst | 4 | 8 | 6 |
| West-Brabant | 7 | 8 | 11 |
| Peilgestuurd | 2 | 3 | 4 |

19.4 Effect op beekafvoer

De jaargemiddelde beekafvoer neemt toe met 8 tot 10 % (Tabel 19-4). Ook de gemiddelde beekafvoer in de zomermaanden juli, augustus en september neemt toe, met 3 tot 6%. Tabel 19-4 en Figuur 19-2 laten zien dat de beekafvoer vooral in de winterperiode toeneemt.

Tabel 19-4 Verandering in basisaanvoer van de geselecteerde grondwatergevoede beken (%)

| | Gemiddeld | Zomer | Winter |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] | beekafvoer [%] |
| Centrale Slenk | 10 | 6 | 10 |
| Kempisch Plateau | 8 | 4 | 7 |
| Peelhorst | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| West-Brabant | 7 | 3 | 7 |
| Peilgestuurd | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |



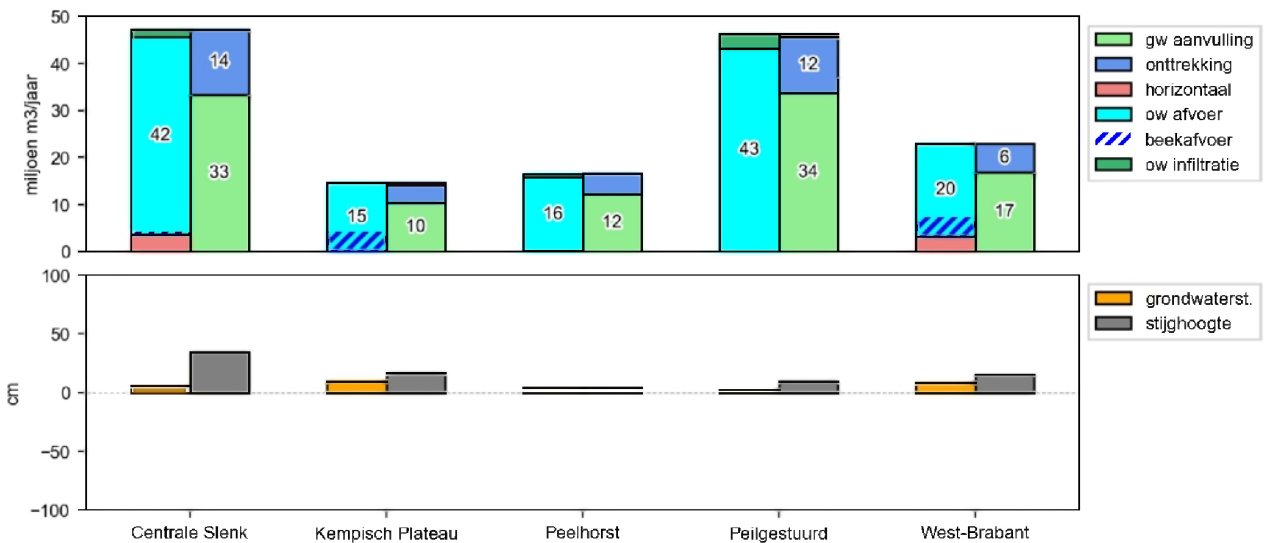
Figuur 19-2

Berekende afvoer grondwatergevoede beken voor scenario 8 (verlaagd + GL) en het referentiescenario (ref). De lijn geeft de gemiddelde afvoer per maand weer. Het vlak de range tussen de 10 en 90 percentielwaarde. Het gaat om de totale afvoer grondwatergevoede beken per deelgebied.

19.5 Samenvatting

Meer grondwateraanvulling en vermindering van de onttrekkingen komt ten goede van de oppervlaktewaterafvoer (Figuur 19-3). Op het Kempisch Plateau en in West-Brabant bedraagt de toename van beekafvoer circa 4 miljoen m³/jaar. In de Slenk en in het peilgestuurde gebied wordt een beperkte afname van de infiltratie vanuit oppervlaktewater berekend. In de Centrale Slenk en in West-Brabant wordt een afname van de horizontale instroming berekend.

Bij vermindering van de onttrekkingen is de verhoging van de stijghoogte groter dan de verhoging van de grondwaterstand (vergelijk Figuur 14-2). In het peilgestuurde gebied zijn de effecten op de grondwaterstand en de stijghoogte relatief klein, omdat het extra water snel wordt afgevoerd door het oppervlaktewatersysteem. Dit is het enige scenario met een toename van de opwaartse stroming van het grondwater in alle deelgebieden.



Figuur 19-3 Samenvatting in effecten voor scenario 8

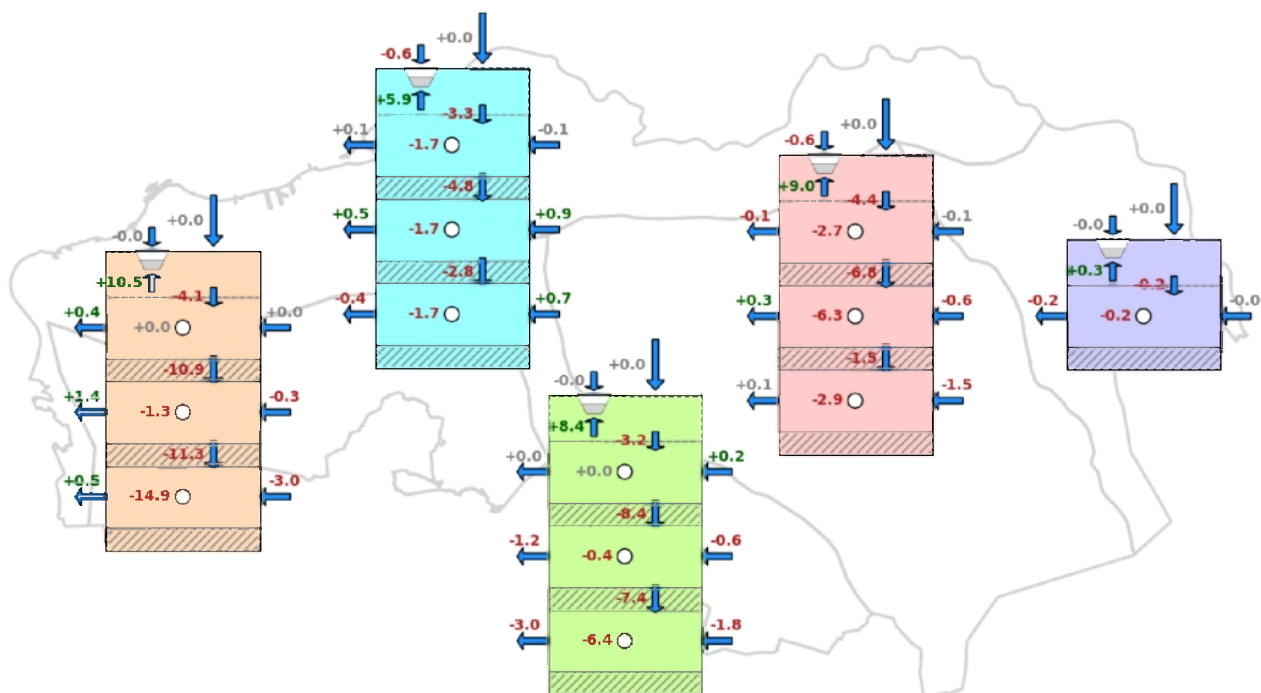
20 Scenario 9: 20% minder onttrekking op bestaande winlocaties

20.1 Beschrijving van het scenario

In dit scenario wordt net als in scenario 8 uitgegaan van 20% minder onttrekking voor drinkwater en industrie. In tegenstelling tot scenario 8 is de vermindering in dit scenario doorgerekend voor het huidige klimaat. Daarnaast is de vermindering in onttrekking aan bestaande winlocaties toegekend. Aan iedere drinkwater en industriewinningslocatie is 80% van het huidige debiet toegekend. De onttrekkingslocaties en –diepten blijven gelijk. De vermindering in onttrekking bedraagt in totaal 44 miljoen m³/jaar.

Dit scenario geeft een realistischer beeld van de verwachte effecten bij 20% vermindering van onttrekking. Doordat de vermindering niet gelijk is verdeeld, is de onderlinge vergelijking tussen deelgebieden minder helder dan in scenario 8.

20.2 Verandering in waterbalans



Figuur 20-1 Verandering in waterbalans in scenario 9

In dit scenario blijft de grondwateraanvulling gelijk (Figuur 20-1). Door de vermindering in onttrekking neemt de oppervlaktewaterafvoer toe. De toename in afvoer is het grootst op het Kempisch Plateau (8,4 mm/jaar) en in West-Brabant (10,5 mm/jaar). Er stroomt horizontaal meer water naar het peilgestuurde gebied, omdat er bovenstrooms minder grondwater wordt onttrokken. De horizontale toestroming naar het Kempisch Plateau naar de Centrale Slenk neemt af. Ook wordt er minder water aangetrokken vanuit Limburg en België.

20.3 Effect op grondwaterstand en stijghoogte

Bij een vermindering van de onttrekkingen stijgen de grondwaterstand en stijghoogte (Tabel 20-1). In de Centrale Slenk, op het Kempisch Plateau en in West-Brabant stijgt de grondwaterstand gemiddeld met 3 tot 7 cm. In de Peelhorst zijn geen drinkwateronttrekkingen in de huidige situatie, waardoor er ook geen effect is op de grondwaterstand. In het peilgestuurde gebied wordt de verhoging van de grondwaterstand gedempt door intensieve drainage. De stijghoogte neemt toe met circa 45 tot 55 cm in de Centrale Slenk, en circa 10 tot 20 cm op het Kempisch Plateau, in West-Brabant en in het peilgestuurde gebied.

In vergelijking met scenario 8 zijn in dit scenario de grondwaterstandsverhogingen kleiner, omdat de grondwateraanvulling gelijk blijft. De stijghoogteverhogingen zijn groter, omdat een vermindering van de onttrekking op bestaande winlocaties meer effect heeft dan een vermindering van de onttrekking gelijk verdeeld over het oppervlak. Een gelijk verdeelde verandering in onttrekking wordt sterker gedempt door het oppervlaktewatersysteem.

Tabel 20-1 Gemiddelde verandering in grondwaterstand en stijghoogte in eerste watervoerende pakket (in cm) per type gebied per deelgebied in scenario 9

| | Landbouw | | Natuur | | Stedelijk | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] | grondwaterst. [cm] | stijghoogte [cm] |
| Centrale Slenk | 2 | 52 | 2 | 44 | 4 | 56 |
| Kempisch Plateau | 3 | 13 | 3 | 7 | 3 | 19 |
| Peelhorst | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| West-Brabant | 3 | 15 | 5 | 18 | 7 | 18 |
| Peilgestuurd | 0 | 13 | 0 | 14 | 1 | 19 |

20.4 Effect op beekafvoer

De jaargemiddelde beekafvoer neemt beperkt toe (Tabel 20-2) als gevolg van de vermindering in onttrekking.

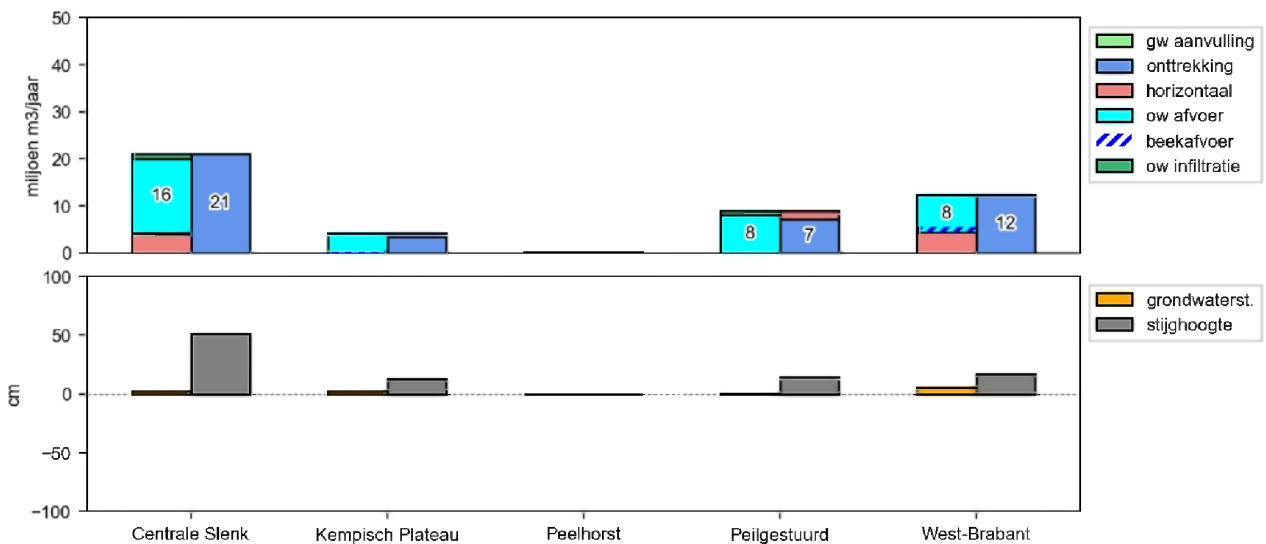
Tabel 20-2 Verandering in basisaanvoer van de geselecteerde grondwatergevoede beken (%)

| | Gemiddeld beekafvoer [%] |
|------------------|--------------------------------|
| | Centrale Slenk |
| Kempisch Plateau | 1 |
| Peelhorst | n.v.t. |
| West-Brabant | 3 |
| Peilgestuurd | n.v.t. |

20.5 Samenvatting

Een vermindering van de onttrekkingen komt vooral ten goede als extra oppervlaktewaterafvoer (Figuur 20-2). De effecten op beekafvoer zijn beduidend kleiner dan in scenario 7 (G_L klimaat, Figuur 18-3) en 8 (G_L klimaat en vermindering onttrekking, Figuur 19-3). De effecten zijn het grootst voor de Centrale Slenk, omdat hier in de huidige situatie het meest wordt onttrokken. De toename in oppervlaktewaterafvoer in West-Brabant en de Centrale Slenk worden gedempt omdat

Voor de Peelhorst zijn geen effecten berekend, omdat hier geen grote onttrekkingen aanwezig zijn. Bij vermindering van de onttrekkingen is de verhoging van de stijghoogte groter dan de verhoging van de grondwaterstand. In het peilgestuurde gebied zijn de effecten op de grondwaterstand en de stijghoogte relatief klein.



Figuur 20-2 Samenvatting in effecten voor scenario 9

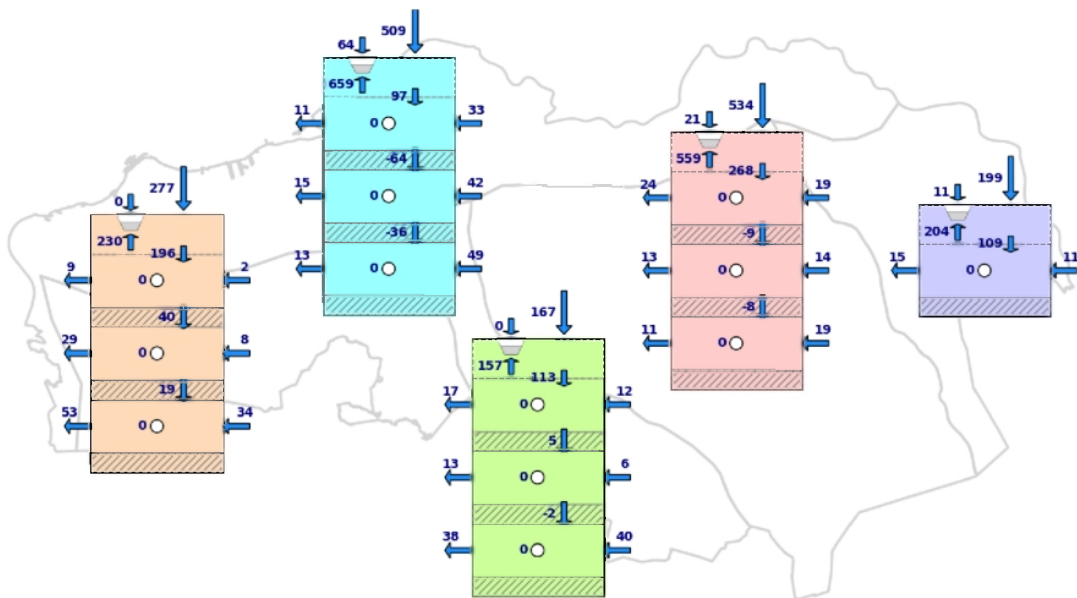
21 Scenario 10: Geen onttrekking

21.1 Beschrijving van het scenario

In dit scenario wordt er geen water onttrokken voor drinkwater, industrie en landbouw. Dit scenario is berekend om een beeld te hebben van de waterbalans onbeïnvloed door onttrekkingen. Het scenario helpt bij het systeembegrip en is geen realistisch toekomstscenario. Daarom wordt in dit hoofdstuk alleen de waterbalans gepresenteerd.

21.2 Verandering in waterbalans

Uit de waterbalans (Figuur 21-1) is af te leiden dat zonder onttrekking en het huidige ontwateringssysteem, de Centrale Slenk gemiddeld als kwelgebied fungeert (negatieve getallen betekent een opwaartse stroming).



Figuur 21-1 Waterbalans in scenario 10