



Reusel Bovenstroom – integrale analyse van hydrologie watersysteem en landgebruik

Huidige situatie en effecten van maatregelen op drogestofproductie, natuur en hydrologie stroomgebied

Wilco Terink, Dion van Deijl en Gé van den Eertwegh

Definitief

Datum: 6-12-2023

Deelproject TKI KLIMAP

Colofon

Titel

Reusel Bovenstroom – integrale analyse van hydrologie watersysteem en landgebruik. Huidige situatie en effecten van maatregelen op drogestofproductie, natuur en hydrologie stroomgebied

Opdrachtgevers-financiers

TKI-project KLIMAP en in-kind inzet KnowH2O

Projectteam

Wilco Terink, Dion van Deijl en Gé van den Eertwegh (trekker)

Kader

Dit rapport maakt deel uit van het TKI-project 'Klimaatadaptatie in de Praktijk' – KLIMAP (www.klimap.nl). Het werk en het rapport is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met Waterschap De Dommel, WEnR en andere KLIMAP-partners. Inzake de maatregelen voor teeltkeuzes en beregening is nauw samengewerkt met het WPR-OT-project 'Boerderij van de Toekomst' (zandgebied Zuid-Nederland) en een aantal agrariërs uit de streek. Resultaten zijn diverse malen gedeeld met stakeholders uit de Kempen-streek.

Kwaliteitsborging

Ruud Bartholomeus/KWR

Dankwoord

We danken alle mensen die bijgedragen hebben aan ons werk en dit rapport.

Een speciaal woord van dank richten we aan de volgende personen:

Waterschap De Dommel

Gosro Karimlou, Tim Raats, Annelies Balkema, Marien Sonneveld, Lonneke Schilte

TKI-project KLIMAP

Bas Breman, Marlies van Ree, Wout Sommerauer, Myrjam de Graaf, Ruud Bartholomeus,
Jacob van den Borne

WPR-OT 'Boerderij van de Toekomst'

Marie Wesselink, Duncan Ralston

Wageningen University & Research

Jos van Dam

FWE

Flip Witte

Samenvatting

Probleem

In de huidige situatie hebben we in het gebied Reusel Bovenstroom tot aan Baarschot te maken met grondwaterstanden die in de zomer dalen tot beneden de stuwpeilen en bodem van de beek, met droogval van de beek tot gevolg. Volgens de KNMI-klimaatscenario's (2023) wordt het klimaat in Nederland extremer. Perioden van droogte, zoals bijvoorbeeld in 2018, zullen langer duren en vaker voorkomen. Zowel de landbouwsector als de natuur en het watersysteem ondervinden droogteschade. De verwachte toename in droogte ten gevolge van klimaatverandering zal leiden tot een hogere zoetwatervraag van landbouw en natuur. Om een gezond en goed functionerend watersysteem te waarborgen, is systeemherstel op gebiedsniveau en watervoerendheid van de beek een belangrijke voorwaarde (o.a. KaderRichtlijn Water). Grondwaterstanden zullen structureel hoger moeten zijn dan nu het geval is. Dit valt samen met het grondwaterbeleid van de provincie Noord-Brabant en het beleidsvoornemen van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (november 2022) om water en bodem sturend te laten zijn bij de inrichting van een klimaatrobuust watersysteem. Het gebied omvat 6.900 ha, het onbebouwd landelijk gebied bestaat qua areaal voor ongeveer 70% uit landbouw en voor 30% uit natuur. Grondwaterstandsmetingen tonen aan dat het gebied in de huidige situatie (2013-2020) langzaam opdroogt: de grondwaterstanden dalen in de tijd. Gemiddeld gezien valt de beek 15% van de tijd in het jaar droog, in 2018 ca. 25-30% van de tijd.

Doel

Het doel van dit project is om voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom te onderzoeken wat de effecten van gebiedsbrede maatregelen zijn op de drogestofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van natuur en de hydrologie van het stroomgebied als geheel. We analyseren wat nodig is voor hydrologisch systeemherstel: structureel hogere grondwaterstanden en een niet-droogvallende beek, in lijn met Brabants beleid en doelen ten aanzien van grondwater. Het proefgebied is gekozen omdat het gelegen is op de Hoge Zandgronden en wateraanvoer niet mogelijk is, waardoor het extra gevoelig is voor de gevolgen van droogte.

Werkwijze

Om effecten van maatregelen te analyseren op de hydrologie, onder andere grondwaterstanden en beekafvoeren en op drogestofproductie van landbouwgewassen, is gebruik gemaakt van HydroGap, een integraal en ruimtelijk gedistribueerd hydrologisch model. De effecten van maatregelen op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur zijn onderzocht met uitkomsten van het model en de WaterWijzer Natuur. Gebiedsbrede maatregelen zijn bepaald in overleg met de agrariërs uit het gebied, betrokkenen bij project Boerderij van de Toekomst (WPR-OT) en Waterschap De Dommel. De maatregelen zijn onder te verdelen in landgebruik, teelt- en irrigatiemaatregelen en maatregelen gericht op reductie van de ontwatering van het stroomgebied (water vasthouden). We hebben de periode 2013 t/m 2020 onderzocht, waarbij we qua klimaat een doorkijk kunnen geven naar de nabije toekomst. Een aantal jaren in de genoemde periode gaf namelijk reeds weersomstandigheden te zien, die in de toekomst vaker zullen voorkomen.

Resultaten

Het stroomgebied is door het waterschap ingedeeld in drie deelgebieden: het beekdal, de flanken en de hoge koppen. Modelsimulaties laten zien dat de drogestofproductie in de huidige situatie het hoogst is in de beekdalen, gevolgd door de flanken en de hoge koppen. Berekening uit grondwater maakt het mogelijk om in 2018 toch een bovengemiddelde drogestofproductie te behalen door verdamping van landbouwplanten. Door onttrekkingen voor berekening daalt de grondwaterstand echter, juist in een droog jaar en valt de beek vaker en langer droog. Gras vergt de meeste

berekening en deze is het hoogst op de hoge koppen. Een te lage GVG en te veel droogtestress zijn de redenen waarom de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur niet overal gehaald wordt.

Samengevat zijn de effecten van maatregelen als volgt:

- Bestaande berekeningen met het Domingo-grondwatermodel door Waterschap De Dommel zijn gebruikt om het effect van maatregelen mee te nemen, die gericht zijn op reductie van ontwatering: water vasthouden (seizoen met neerslagoverschot). De effecten leiden tot hogere grondwaterstanden (GHG, GVG en GLG).
- Een volledig beregeningsverbod en een grondwaterstand-afhankelijk beregeningsverbod zijn maatregelen die resulteren in een duidelijke reductie (20-40%) van de drogestofproductie bij beregende gewassen. Deze twee maatregelen zorgen voor een hogere GLG (+30 cm), minder droogval van de beek (40 dagen per jaar minder) en hogere doelrealisaties van grondwaterafhankelijke natuur.
- In het geval dat gewassen beregend kunnen worden (geen verbod), hebben de teeltkeuzes op een perceel geen invloed op de droge stofproductie van een nabijgelegen perceel.
- Indien het beregend areaal gelijk blijft én er geen teelt plaatsvindt van een diep-wortelend gewas met een hoge tolerantie voor droogtestress (bijv. luzerne), heeft de teeltkeuze nauwelijks positieve of negatieve invloed op de hydrologie anno nu van het stroomgebied.
- Een areaal van 25% aan niet-beregend graan moet in de teeltplannen worden opgenomen om aardappelteelt te kunnen intensiveren (van 10% naar 25% qua areaal en met een frequentere berekening dan anno nu). Met dat extra graan vindt er geen significante daling van de GLG plaats en zijn er niet meer of minder droogval-dagen van de beek dan anno nu. De intensievere aardappelteelt levert een hogere drogestofproductie op en kost drie extra beregeningsbeurten in een droog jaar.
- Teeltkeuzes inclusief ruimere gewasrotaties van 1:6 hebben geen invloed op de GVG, deze gaat niet omhoog. Hierdoor verbetert de huidige situatie niet van lage beekafvoer en droogval en te lage GVG onder grondwater-afhankelijke natuur.
- Door alleen natuur om te vormen zodat er minder verdamping van de vegetatie is, stijgt de GLG en reduceert daarom de droogval in 2018 met 24 dagen. Dit is echter onvoldoende om droogval van de beek volledig te voorkómen.
- Een kleiner areaal landbouw, gepositioneerd in grote delen van het beekdal, leidt tot minder verdamping, een duidelijk hogere GLG en veel minder droogval van de beek.

Om structureel hogere grondwaterstanden én minder droogval van Reusel Bovenstroom te realiseren, is een combinatie van maatregelen nodig die in de winter werken én die in de zomer werken. Bij een neerslagoverschot water vasthouden, bij neerslagtekort minder water gebruiken. Naast natuur omvormen tot gebieden met minder verdamping kan het areaal landbouw worden verkleind: een herinrichting van het gebied. Maatregelen in het watersysteem leiden tot buffering van waterafvoer tijdens de winterperiode in het grondwater. Een hogere GVG aan het begin van het groeiseizoen zorgt voor minder droogval en een lichte verhoging van de drogestofproductie.

Conclusie

Onze conclusie is dat hydrologisch systeemherstel voor de Reusel Bovenloop, met doorkijk naar klimaatveranderingen, alleen gerealiseerd kan worden door een combinatie van maatregelen:

- reductie van ontwatering ter bevordering van water vasthouden als grondwater in tijden van neerslagoverschot, én
- minder watergebruik in het groeiseizoen door minder verdamping van landbouw en natuur.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	5
1.1 <i>Achtergrond</i>	5
1.1.1 Toename van klimaatextremen – droogteschade.....	5
1.1.2 Het huidige watersysteem in Nederland.....	5
1.1.3 Brief MinlenW aan Tweede Kamer	5
1.1.4 KLIMAP-deelprojecten – van lokale naar regionale maatregelen.....	6
1.2 <i>Doel van dit project</i>	7
2 Onderzoeksgebied	9
2.1 <i>Overzicht</i>	9
2.2 <i>Landgebruik</i>	11
2.3 <i>Natuurbeheertypen en grondwaterafhankelijkheid</i>	15
2.4 <i>Meteorologie</i>	17
2.5 <i>Hydrologie</i>	21
2.5.1 <i>Grondwater</i>	21
2.5.2 <i>Beekafvoer</i>	24
2.5.3 <i>De Reusel en de KaderRichtlijn Water (KRW)</i>	26
3 Methodiek en aannames	27
3.1 <i>Werkwijze</i>	27
3.2 <i>Hydrologisch model</i>	27
3.2.1 <i>Modelkeuze</i>	27
3.2.2 <i>Kalibratie</i>	28
3.3 <i>Waterwijzer Natuur – WATERNOOD</i>	28
3.4 <i>Selectie van maatregelen - modelscenario's</i>	30
3.4.1 <i>Teelt- en irrigatiemaatregelen</i>	31
3.4.2 <i>Natuur omvormen alsmede een combinatie van natuur omvormen en reductie landbouwareaal</i>	31
3.4.3 <i>Peilbeheer en reductie ontwatering</i>	32
3.5 <i>Eigenschappen gewassen en natuur</i>	33
3.6 <i>Aannames</i>	34
4 Kalibratieresultaten hydrologisch model voor de huidige situatie	36
4.1 <i>Waterbalans</i>	36
4.2 <i>Afvoer</i>	36
4.3 <i>Grondwaterstanden</i>	40
5 Resultaten	42
5.1 <i>Huidige situatie</i>	42
5.1.1 <i>Hydrologie</i>	42
5.1.2 <i>Droge stofproductie en berekening</i>	44
5.1.3 <i>Doelrealisatie natuur</i>	45
5.2 <i>Teelt- en irrigatiemaatregelen</i>	49
5.2.1 <i>Hydrologie</i>	49
5.2.2 <i>Droge stofproductie en berekening</i>	51
5.2.3 <i>Doelrealisatie natuur</i>	57
5.3 <i>Natuur omvormen alsmede een combinatie van natuur omvormen en reductie landbouwareaal</i>	57

5.3.1	Hydrologie	57
5.3.2	Droge stofproductie	59
5.3.3	Doelrealisatie natuur	60
5.4	<i>Maatregelen peilbeheer en reductie ontwatering</i>	62
5.4.1	Hydrologie	62
5.4.2	Droge stofproductie	64
5.4.3	Doelrealisatie natuur	67
6	Discussie	69
7	Conclusies en aanbevelingen	72
7.1	<i>Conclusies</i>	72
7.2	<i>Aanbevelingen</i>	74
8	Bibliografie	76
	Bijlage A – Brondata gewassen	78
	Bijlage B – Berekening en transpiratie (proxy voor droge stofproductie) van beregende gewassen voor de huidige situatie voor een gemiddeld, droog (2018) en nat jaar (2016)	80
	Bijlage C – Doelgat GVG en doelgat droogtestress voor grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie	82
	Bijlage D – Effecten op grondwaterstanden	84
	Bijlage E – Effecten op afvoer en dagen droogval van de beek	87
	Bijlage F – Effecten op berekening en droge stofproductie	89

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

1.1.1 Toename van klimaatextremen – droogteschade

Door veranderingen in het klimaat zal het weer in Nederland veranderen – er zullen naar verwachting langere perioden van droogte en er zal vaker droogte voorkomen (Klein Tank et al., 2014). Met een herhalingstijd van eens in de 30 jaar was 2018 een uitzonderlijk droog jaar (Sluijter et al., 2018). Zowel de landbouw als de natuur hebben schade ondervonden van dit extreem droge jaar. Volgens (van Hussen et al., 2019) heeft dit extreem droge jaar voor een land- en tuinbouwbedrijf in Nederland geleid tot inkomstendaling van gemiddeld EUR 9.000 (-18%) ten opzichte van de jaren 2013-2017. Ook het jaar 2022 was volgens het KNMI¹ een extreem droog jaar waarin het landelijke neerslagtekort in het zomerhalfjaar een maximale waarde bereikte van 318 mm, twee keer zoveel als normaal.

De verwachte toename in droogte ten gevolge van klimaatverandering zal leiden tot een hogere zoetwatervraag in de landbouw en de natuur.

1.1.2 Het huidige watersysteem in Nederland

Van oudsher is het watersysteem van Nederland ingericht om het water zo snel mogelijk af te voeren om daarmee wateroverlast te voorkomen. Agrariërs in Nederland hebben daarvoor hun land gedraineerd met drainagebuizen en kavelsloten (Ritzema et al., 2006). Door het 'overtollige' water in de winter en het voorjaar tijdig af te voeren wordt de grondwaterstand voldoende verlaagd zodat de agrariër zijn land vroegtijdig kan bewerken. Hoewel wateroverlast en natschade aan gewassen hierdoor afnemen, zorgt dit er ook voor dat er in drogere periodes minder water beschikbaar is: dit water is namelijk al afgevoerd. Op jaarbasis is er meestal voldoende water beschikbaar (potentieel neerslagoverschot). Het zijn de zomermaanden waarin het potentiële neerslagtekort optreedt, dezelfde periode waarin de vraag naar zoetwater het grootst is. Dit vergroot de irrigatiebehoefte voor de landbouw, waardoor de druk op het watersysteem verder toeneemt. Watervraag en wateraanbod komen hierdoor verder uit elkaar te liggen (de Wit et al., 2021b, 2021a)

De verwachte toename in droogte ten gevolge van klimaatverandering in combinatie met de huidige inrichting van het watersysteem dat gericht is op het snel afvoeren van water, zal het probleem van de zoetwatervraag verder doen vergroten. Met name droogtegevoelige gronden en gebieden die volledig afhankelijk zijn van neerslag (wateraanvoer vanuit rivieren is niet mogelijk) zullen eerder droogteschade vertonen. Dit zijn met name de Hoge Zandgronden in Oost- en Zuid-Nederland.

Dit alles vraagt om het anders inrichten van ons land voor landbouw en natuur, op een manier die ook in de toekomst kan bestaan.

1.1.3 Brief MinlenW aan Tweede Kamer

Op 25 november 2022 is er vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een notitie met een beleidsvoornemen naar de Tweede Kamer gestuurd met als onderwerp "Water en Bodem Sturend" (Harbers and Heijnen, 2022). Daarin wordt erkend dat we inmiddels tegen de grenzen van het water- en bodemsysteem aanlopen en dat het kabinet meer rekening wil houden met het water- en bodemsysteem bij de indeling van ons land: water en bodem moeten sturend zijn in de ruimtelijke ordening, als we in Nederland ook in de toekomst met een ander en meer grillig klimaat

¹ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/droge-zomerhalfjaar-van-2022/>

willen blijven leven, wonen en werken. Als voorbeeld van het toenemende droogteprobleem worden de problemen van grondwateronttrekkingen in het oosten en zuiden van het land die tegen de grenzen aanlopen genoemd.

In deze brief worden een zevental uitgangspunten gehanteerd om “Water en Bodem Sturend” vorm te geven. De twee belangrijkste daarvan voor de huidige studie zijn:

- Meer rekening houden met extremen (droogte en extreme regenval)
- In samenhang omgaan met wateroverlast, droogte en bodem

Vervolgens zijn er per gebied of thema structurerende keuzes beschreven, samen met een uitwerking van urgentie, de inzet, de te nemen maatregelen en consequenties. De Hoge Zandgronden, gebieden die extra gevoelig zijn voor droogte (zoals eerder beschreven), is één van de gebieden waarvoor structurerende keuzes gemaakt zijn.

De structurerende keuzes die voor de Hoge Zandgronden zijn opgesteld zijn:

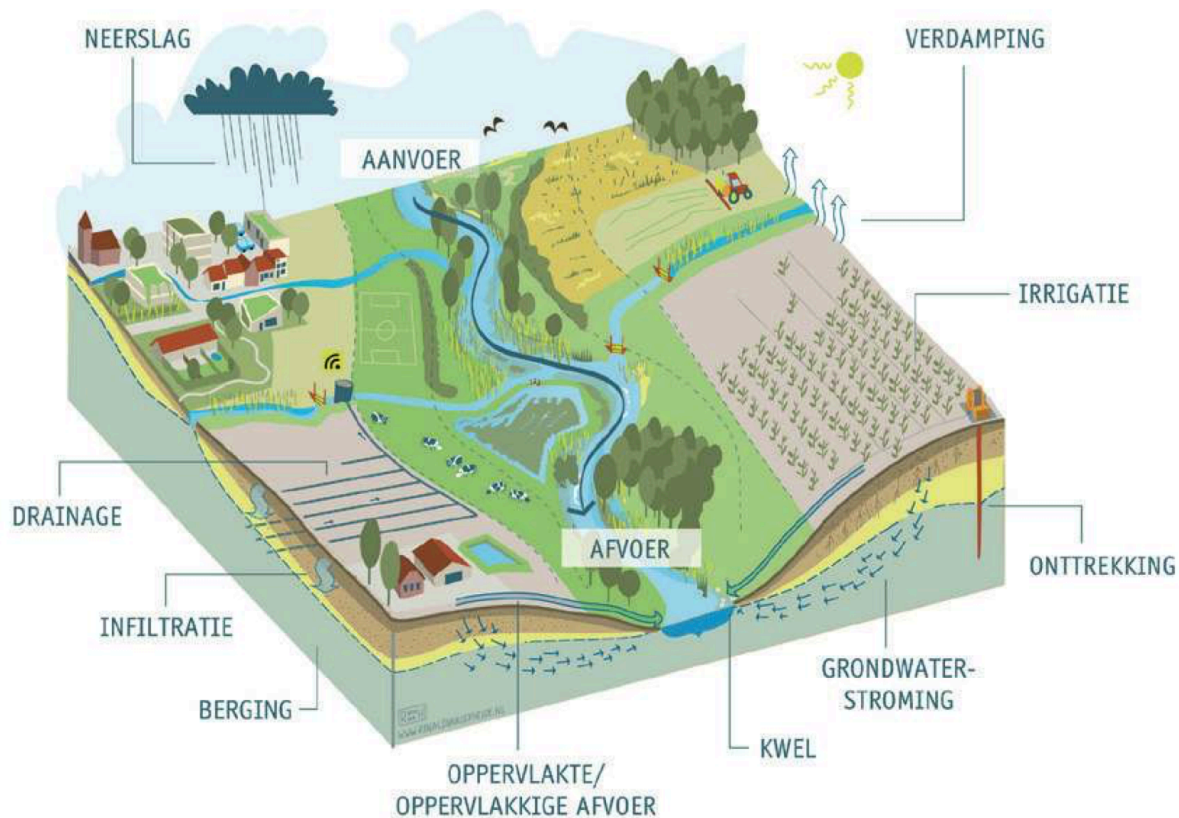
1. We houden water langer vast en voeren het minder snel af. We herstellen daarmee de sponswerking van de bodem en bereiken een robuust grondwatersysteem. Dit wordt in gebiedsprocessen geborgd.
2. We verhogen de grondwaterpeilen met mogelijk 10 cm tot 50 cm. Daardoor wordt op de hoge zandgronden verdroging bestreden. Omdat het hier maatwerk betreft, wordt dit in gebiedsprocessen verder uitgewerkt.
3. In de gebiedsprocessen zetten we in op grootschalig herstel van beekdalen op zandgronden voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Hiermee halen we niet alleen de doelen voor de waterkwaliteit (vanuit de KRW en de Nitraatrichtlijn) maar kunnen we ook andere doelstellingen realiseren (zoals natuur, groenblauwe dooradering en waterberging).
4. We beperken de grondwateronttrekkingen rond Natura 2000-gebieden. Daarmee voorkomen we verdroging deze gebieden. Dit wordt in de gebiedsprocessen uitgewerkt.

1.1.4 KLIMAP-deelprojecten – van lokale naar regionale maatregelen

Maatregelen om op het steeds extremere klimaat te anticiperen liggen zowel op perceelschaal als regionale schaal (Figuur 1).

Binnen het KLIMAP-project (2020-2023, www.klimap.nl), waaronder het huidige deelproject ook valt, zijn al veldexperimenten en hydrologische studies uitgevoerd om maatregelen op perceelschaal te onderzoeken. Hierin is met name ingezet op de droogtebestrijding van de Zandgronden in Oost- en Zuid-Nederland (de Wit et al., 2021b, 2021a; van den Eertwegh et al., 2021).

Eén van de lokale maatregelen op perceelschaal die daarbij onderzocht is, is regelbare drainage met subirrigatie. Hierbij wordt actief water aangevoerd via het drainagesysteem om het watersysteem aan te vullen en zodanig optimale vochtcondities voor het gewas te creëren. Al hoewel dit systeem gericht is op de verbetering van de vochtvoorziening van het gewas, blijft het een maatregel i) die bedoeld is om 'lokaal' de droogteschade aan het gewas te beperken, ii) veel water nodig kan hebben en dus afhankelijk is van wateraanvoer en iii) niet bedoeld is om de schade aan natuur te beperken.



Figuur 1 Verschillende elementen van de waterbalans en grondwaterstroming op regionale schaal (Bartholomeus, 2021).

Een ander KLIMAP-project richtte zich op de zoetwatervraag en waterbeschikbaarheid van het gebied Stegeren, een wateraanvoergebied bij de Overijsselse Vecht (Terink et al., 2022). Hierin is op regionale schaal de huidige waterhuishouding (vraag en aanbod) onderzocht en is geanalyseerd wat de regionale effecten zijn op de zoetwatervraag en het wateraanbod zodra op grote schaal regelbare drainage met subirrigatie wordt ingezet. Het gekozen modelinstrumentarium (WEAP) in die studie was echter onvoldoende geschikt om 'gekoppelde' effecten jaarrond integraal door te rekenen. Hiermee worden effecten bedoeld zoals bijvoorbeeld een grondwaterstandsverhoging op perceel A als gevolg van subirrigatie die in de praktijk ook deels voor een hogere grondwaterstand zal lijden op perceel B (het 'perceel van de buurman'). Daarnaast werd in die studie geen onderscheid gemaakt tussen de transpiratie en bodemverdamping, respectievelijk de verdamping die wel en niet ten goede komen aan de droge stofproductie. Tot slot betrof het hier weliswaar een droogtegevoelig zandgebied, maar is het een wateraanvoergebied en daardoor dus niet 100% afhankelijk van neerslag voor de watervoorziening.

1.2 Doel van dit project

Op basis van de voorgaande secties is het duidelijk dat er oplossingen op grote schaal nodig zijn voor waterbeheerders, agrariërs en natuur-terreinbeheerders om de schade aan de natuur en de landbouw ten gevolge van droogte zoveel mogelijk te beperken: het bodem- en watersysteem moeten hierbij sturend zijn volgens de brief aan de Tweede Kamer. Als we systeemherstel willen bereiken, kunnen zowel de beek als de functies in het stroomgebied hier baat bij hebben.

Met uitzondering van het Stegeren project, hebben de voorgaande KLIMAP-projecten zich met name gericht op maatregelen op perceelschaal. Het KLIMAP-project Stegeren betrof echter een wateraanvoergebied, waardoor het minder gevoelig is voor droogte als gebieden waar wateraanvoer vanuit de rivieren niet mogelijk is. Om het rijtje van KLIMAP-projecten compleet te maken is er dus behoefte aan een project en gebied waar we een integrale analyse kunnen doen:

- Droogte al een probleem is voor de landbouw en de natuur en waar dit naar verwachting zal toenemen
- Het gebied gelegen is op de droogtegevoelige Hoge Zandgronden
- Wateraanvoer vanuit de rivieren niet mogelijk is
- We op gebiedsniveau kunnen experimenteren met een andere inrichting van het land voor de landbouw en de natuur (water- en bodem sturend) met in achtneming van de volgende uitgangspunten:
 - o Minder droogval van beekstroom
 - o Hogere grondwaterstanden
 - o Minder droogteschade voor de landbouw
 - o Minder droogteschade voor de natuur

Met inachtneming van bovenstaande criteria is het bovenstroomse deel van het stroomgebied Reusel, geheten Reusel Bovenstroom, gekozen als studiegebied voor het huidige KLIMAP-project. Dit stroomgebied valt onder het beheer van Waterschap De Dommel en is gelegen op de droogtegevoelige Hoge Zandgronden en is volledig afhankelijk van neerslag: wateraanvoer is niet mogelijk. De samenwerking met het WPR-OT project "Boerderij van de Toekomst" en de medewerking van de "Brabantse boerderij van de toekomst"² heeft ook meegewogen in de keuze van dit stroomgebied. De "Brabantse boerderij van de toekomst" is een samenwerking tussen Van den Borne Aardappelen, HAS, Wageningen UR, TU/e, ZLTO, het Ministerie van LNV en de provincie Noord-Brabant en de agrarische kennis die aanwezig is binnen dit samenwerkingsverband is van belang voor de te maken keuzes binnen dit project.

Het doel van dit project is om voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom te onderzoeken wat de effecten van gebiedsbrede maatregelen zijn op de droge stofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van natuur en de hydrologie van het stroomgebied als geheel.

Gebiedsbrede maatregelen waar hierbij aan gedacht kan worden zijn:

- Andere teelten en arealen
- Herpositionering van teelten binnen het gebied
- Beregeningsverboden gedurende bepaalde (droge) maanden
- Dempen van sloten/watergangen
- Omvormen van natuur
- Regionale verhoging van grondwaterpeil
- De beekafvoer en/of het grondwaterpeil sturend laten zijn voor beregeningsverboden

Om dit doel te realiseren zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Hoe ziet de huidige situatie voor de droge stofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van de natuur en de hydrologie van het stroomgebied eruit?
2. Welke gebiedsbrede maatregelen (model scenario's) zijn vanuit agrarisch, natuurlijk en hydrologisch perspectief interessant om door te rekenen?
3. Wat zijn de effecten van de verschillende maatregelen op:
 - a. De hydrologie van het stroomgebied (grondwaterstanden en beekafvoer).
 - b. De droge stofproductie van de landbouw
 - c. De doelrealisatie van de natuur

² <https://www.landbouwenvoedselbrabant.nl/innovatie/boerderijvandetoeekomst/default.aspx>

2 Onderzoeksgebied

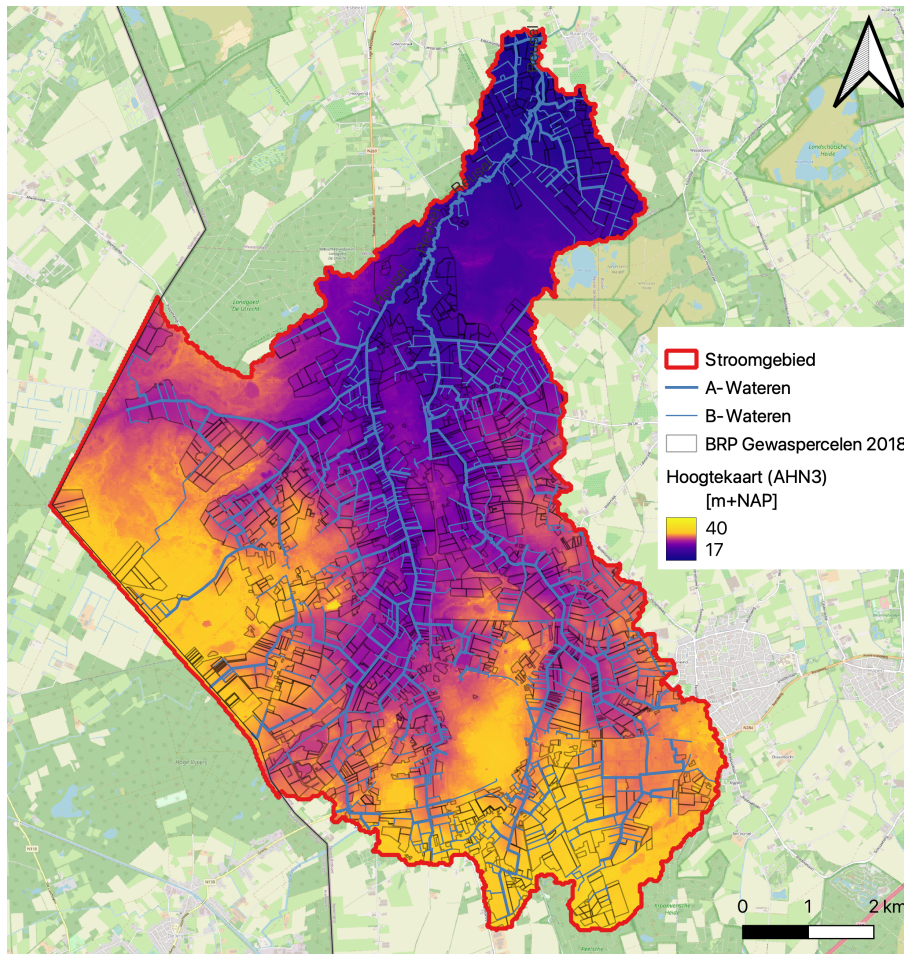
2.1 Overzicht

Deze studie richt zich op het bovenstroomse deel van het stroomgebied van de Reusel, geheten Reusel Bovenstroom (Figuur 2). Dit stroomgebied met een oppervlak van ca. 6.900 ha is in beheer van Waterschap De Dommel en is gelegen in het zuiden van de provincie Noord-Brabant. De Reusel is een beek die ontspringt in het zuidwesten van het stroomgebied en vervolgens stroomt langs de plaatsen Reusel en Lage Mierde, Landgoed De Utrecht en tot slot langs Baarschot en Diessen onder het Wilhelminakanaal door naar Moergestel waarna zij net ten zuiden van Oisterwijk overgaat in de Achterste Stroom (Krikken, 2018). Omdat deze studie zich richt op het stroomgebied Reusel Bovenstroom is de Reusel bovenstrooms van Baarschot (afvoermeetpunt 0072 – Stuw Gijselstraat Baarschot) van belang. De Zilverloop en Raamsloop zijn twee beken die binnen dit stroomgebied in de Reusel uitmonden.



Figuur 2 Overzichtskartaal van het stroomgebied van de Reusel Bovenstroom met daarin de A-Wateren, B-Wateren, afvoermeetpunten en de BRP-gewaspercelen voor het jaar 2018.

Het gebied kent een sterk reliëf (Figuur 3) dat varieert van ca. 40 m+NAP op de hoge koppen in het westen, zuidwesten en zuiden van het gebied, tot ca. 17 m+NAP benedenstrooms bij Baarschot. Door dit sterke verhang zijn de waterlopen in het stroomgebied veelal gekanaliseerd en gestuwd (Krikken, 2018).



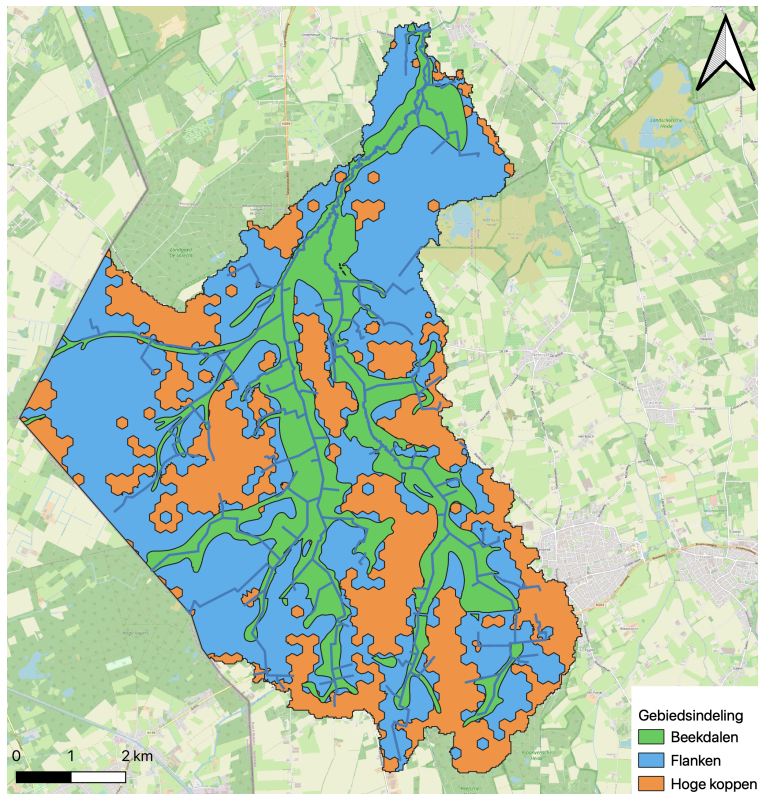
Figuur 3 Maaveldhoogte in het stroomgebied Reusel Bovenstroom op basis van het AHN (versie 3.0).

Onderdeel van deze studie is om de resultaten o.a. te presenteren op basis van de volgende gebiedsindeling:

- Beekdalen
- Flanken
- Hoge koppen

Deze gebiedsindeling is bepaald door Waterschap De Dommel en is weergegeven in Figuur 4. De totstandkoming tot deze kaart is beschreven in onderstaand kader (bron: email Gosro Karimlou, 2 maart 2023). Op de hoge koppen is sprake van hangwaterprofielen. In deze situatie is de vegetatie (landbouwgewassen, natuur, ...) geheel afhankelijk van de neerslag en hangwater dat in de wortelzone beschikbaar is.

Het waterschap heeft de hoge koppen bepaald aan de hand van de Domingo 2018 grondwaterberekeningen voor de huidige situatie waarbij een indeling in grondwatertrappen is gemaakt. De droogste klasse met de diepste grondwatertrap is geclassificeerd als de hoge koppen. De hiervoor gebruikte grondwatertrap is GT VIII (GHG dieper dan 140 cm-mv en voor de GLG is geen grens). De beekdalen zijn gebaseerd op de geomorfologische kaart gecombineerd met de in de interim omgevingsverordening Noord-Brabant (2022) opgenomen reserveringsgebieden waterberging. Dit vormt het gebied dat gevoelig is voor overstromingen en hoge grondwaterstanden. Het gebied dat niet onder de hoge koppen of de beekdalen valt zijn de flanken.



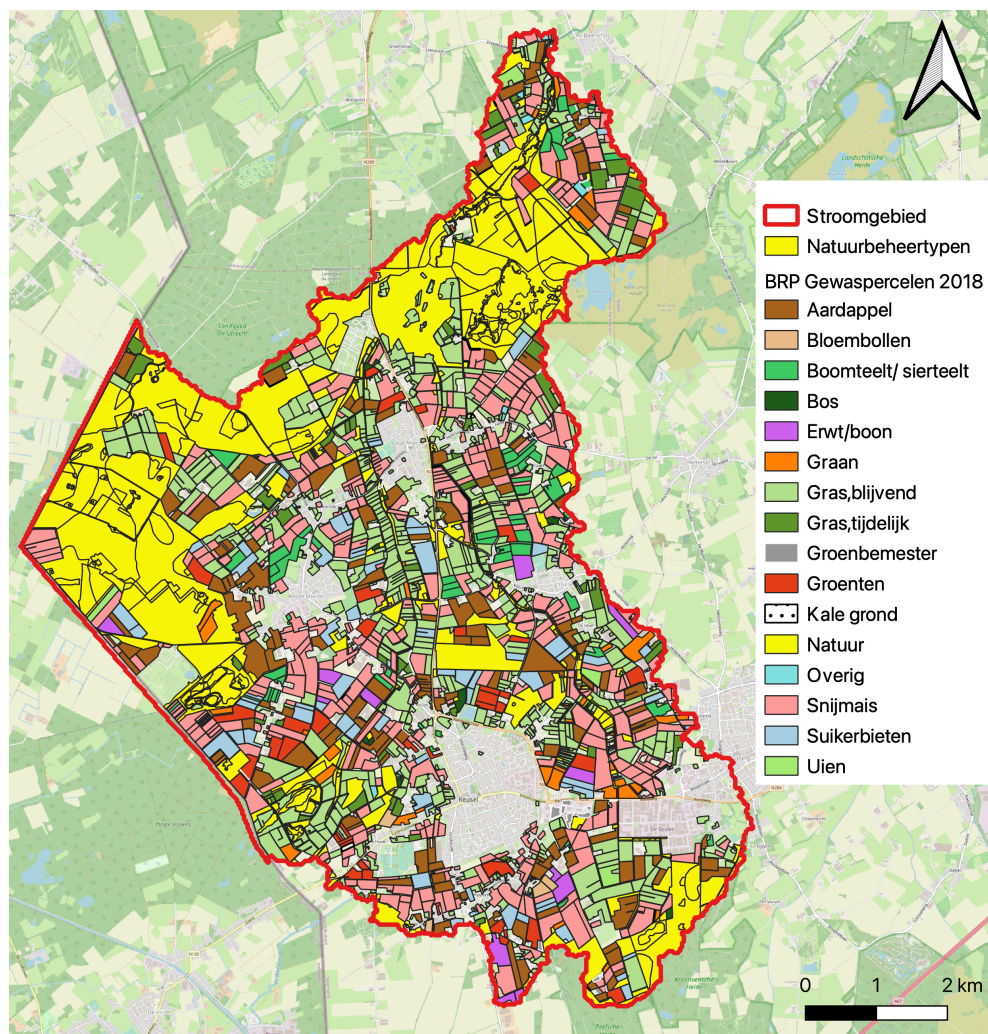
Figuur 4 Gebiedsindeling in beekdalen, flanken en hoge koppen.

2.2 Landgebruik

Naast een aantal natuurgebieden en steden is het landgebruik in het gebied is overwegend agrarisch (ca. 69%). Omdat met name de effecten van veranderend landgebruik tijdens 'extreme droge zomers' interessant zijn met het oog op de droge stofproductie en waterbesparing, is ervoor gekozen het agrarische landgebruik van het jaar 2018 te kiezen als uitgangssituatie voor de huidige situatie. Het jaar 2018 was namelijk met een herhalingstijd van eens in de 30 jaar uitzonderlijk droog (Sluiter et al., 2018) en er wordt verwacht dat een zomer als die van 2018 wel eens het nieuwe referentiekader kan zijn (Rakovec et al., 2022). Het Rijk (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat) registreert voor elk groeiseizoen in Nederland de locatie van de landbouwpercelen met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. Dit product is bekend onder de naam Basisregistratie Gewaspercelen (BRP)³. Voor de huidige (model)situatie is daarom gebruik gemaakt van de BRP 2018.

Naast agrarisch landgebruik bestaat het studiegebied voor een groot deel uit natuur (ca. 31%). Omdat de provincies de Natuurbeheertypenkaart gebruiken als uitgangspunt voor het opstellen van provinciale gebiedsplannen (Sanders and Prins, 2001), is de Natuurbeheertypenkaart 2023 gebruikt om de natuurgebieden in het studiegebied aan te geven. Figuur 5 geeft het landgebruik aan zoals gebruikt in deze studie voor de 'huidige situatie' op basis van de combinatie van de BRP 2018 en de Natuurbeheertypenkaart 2023. Bij het over elkaar leggen van de BRP en de Natuurbeheertypenkaart blijven er gebieden over waar zowel de BRP als de natuurdoeltypenkaart geen data hebben. Het gaat hier met name om steden. Deze 'no-data' gebieden worden niet meegenomen in deze studie.

³ <https://data.overheid.nl/dataset/10674-basisregistratie-gewaspercelen--brp->



Figuur 5 Landgebruik in het stroomgebied Reusel Bovenstroom op basis van de BRP 2018 en Natuurbeheertypenkaart⁴ van de Provincie Noord-Brabant (versie april 2023).

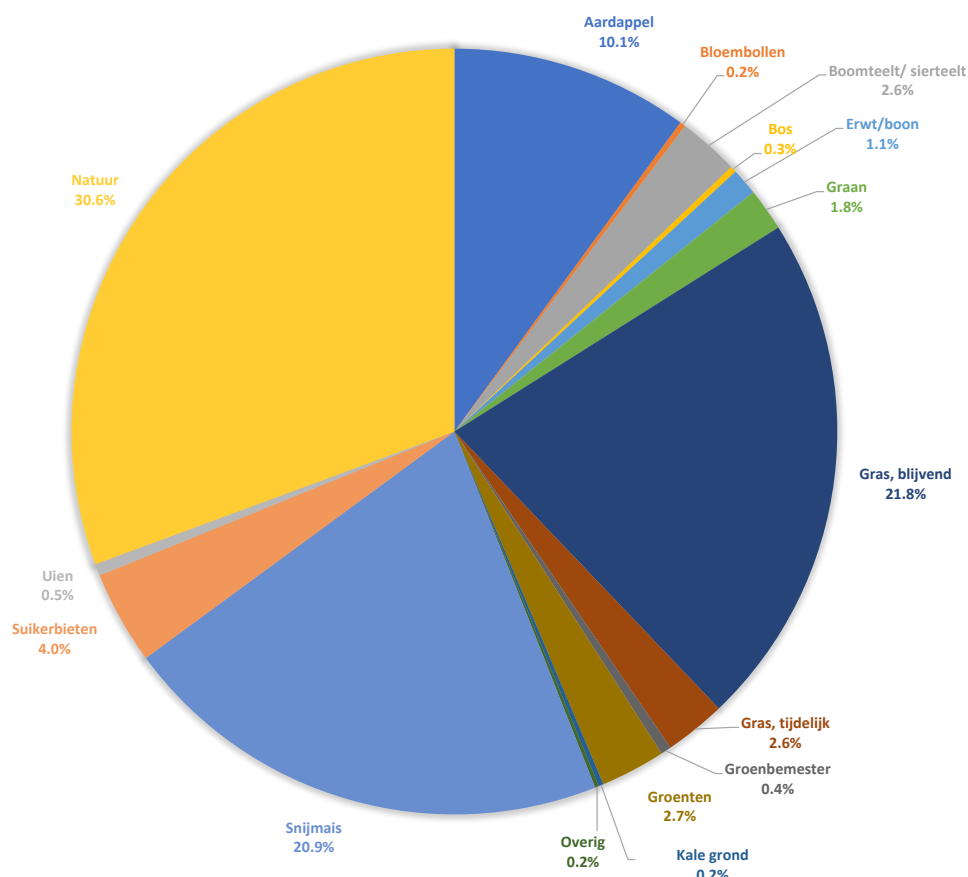
Tabel 1 laat voor de 'huidige situatie' het oppervlak van de verschillende typen landgebruik binnen het studiegebied Reusel Bovenstroom zien op basis van de BRP 2018 en de Natuurbeheertypenkaart 2023. Hierbij is tevens onderscheid gemaakt tussen de beregende en niet beregende percelen op basis van de Beregeningskaart 2018 (van Deijl and Eertwegh, 2021).

Het totale oppervlak van het studiegebied is op basis van deze getallen 5.759 ha, wat een kleiner oppervlak is dan de eerder aangegeven 6.900 ha. Dit komt doordat we stedelijk gebied niet meenemen in de modellering waardoor het totaal te modelleren gebied kleiner is dan de werkelijke stroomgebiedsgrootte. Op basis van Tabel 1 en Figuur 6 zien we dat 69% van het gebied bestaat uit agrarisch landgebruik en 31% bestaat uit bos en natuur. Binnen het agrarisch landgebruik heeft blijvend grasland met 1256 ha (22% van totale gebied) het grootste oppervlak, gevolgd door snijmais met 1204 ha (21% van totale gebied) en aardappel met 579 ha (10% van totale gebied). Van het totale gebied is 47% beregend (2.678 ha). Blijvend grasland is met 19% het meest beregend, gevolgd door snijmais (14%) en aardappelen (9%). Ter visualisatie zijn de percentages landgebruik binnen het stroomgebied nogmaals weergegeven in het cirkeldiagram van Figuur 6. De percentages landgebruik per gebiedstype (Beekdalen, Flanken, Hoge Koppen) zijn apart weergegeven in Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9.

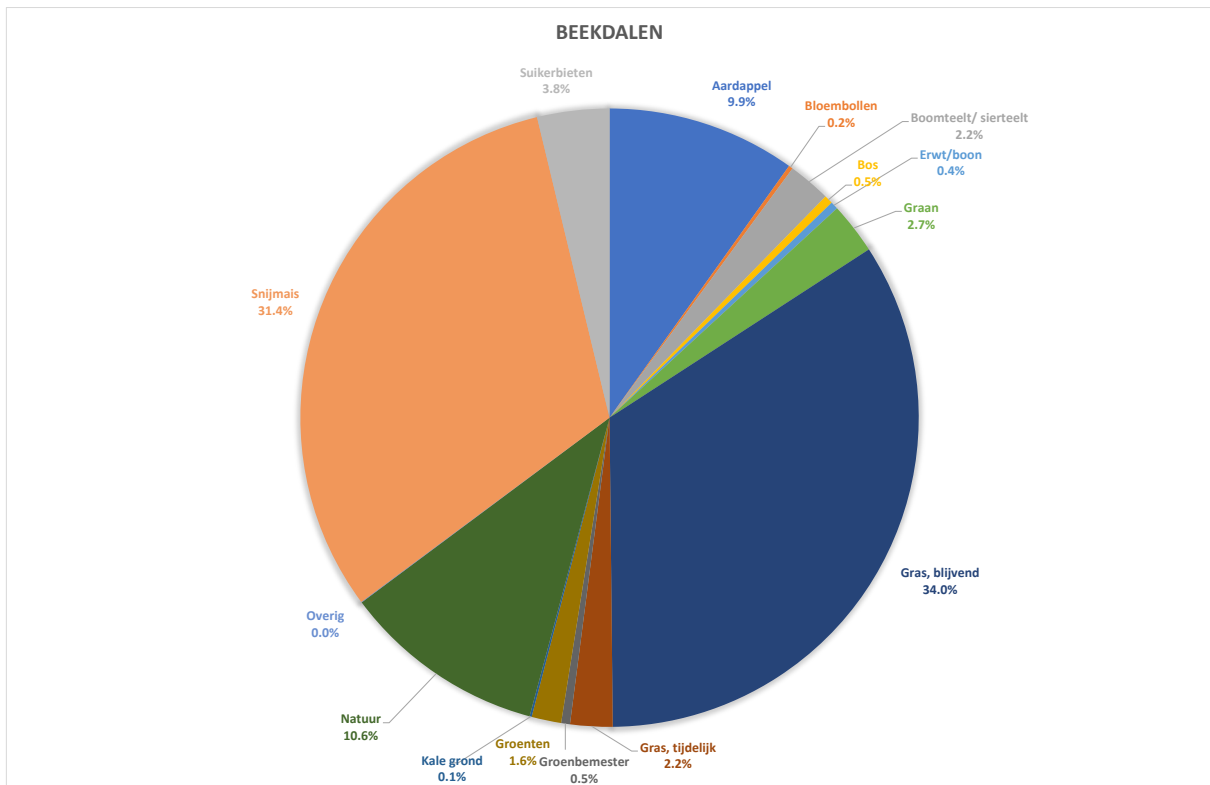
⁴ <https://georegister.brabant.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/ca5b2ad5-5f37-45fc-b6a0-oab418bb13aa?tab=general>

Tabel 1 Landgebruik in oppervlak en percentages. De tabel maakt onderscheid tussen beregend- en niet beregend landgebruik. Stedelijk landgebruik is uitgesloten.

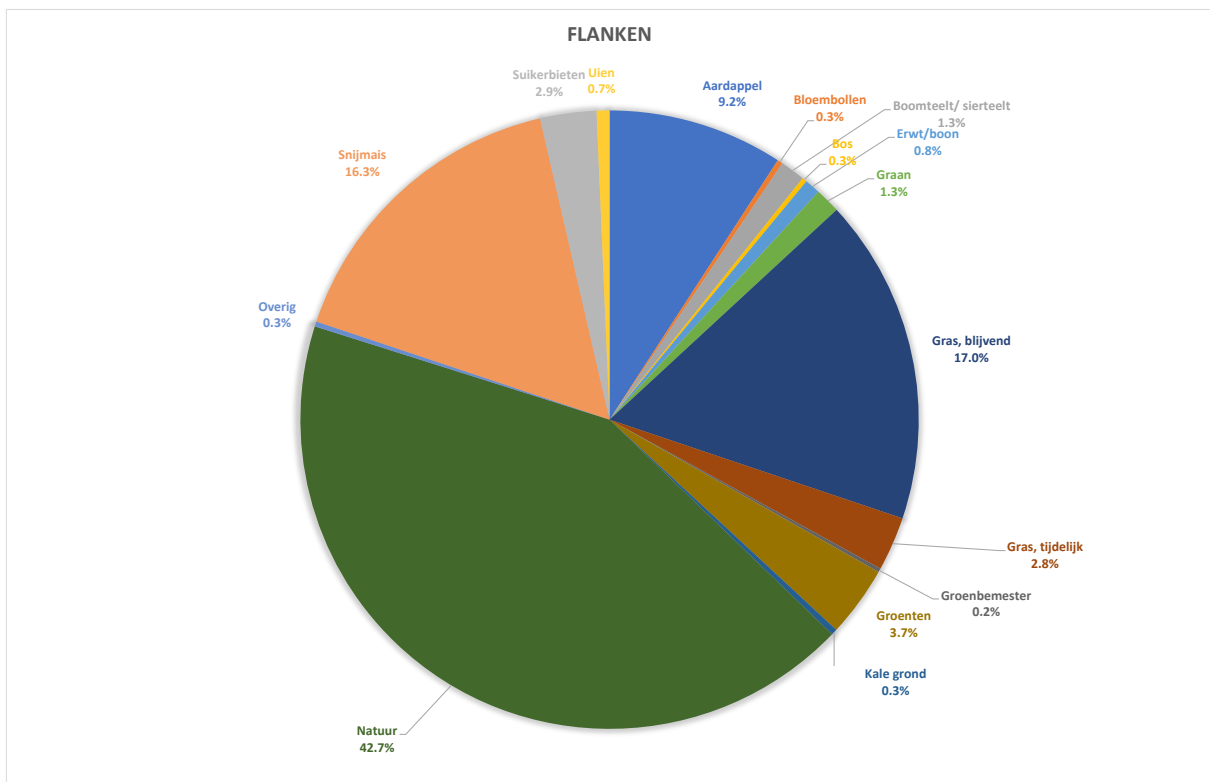
Landgebruik	Beregend [ha]	Niet beregend [ha]	Totaal [ha]	Beregend [%]	Niet beregend [%]	Totaal [%]
Aardappel	503	76	579	9	1	10
Bloembollen	0	14	14	0	0	0
Boomteelt/ sierteelt	0	148	148	0	3	3
Bos	0	15	15	0	0	0
Erwt/boon	0	65	65	0	1	1
Graan	0	104	104	0	2	2
Gras, blijvend	1083	173	1256	19	3	22
Gras, tijdelijk	119	30	149	2	1	3
Groenbemester	0	25	25	0	0	0
Groenten	83	75	158	1	1	3
Kale grond	0	12	12	0	0	0
Overig	0	10	10	0	0	0
Snijmais	784	421	1204	14	7	21
Suikerbieten	78	149	228	1	3	4
Uien	28	0	28	0	0	0
Natuur	0	1764	1764	0	31	31
Totaal	2678	3081	5759	47	54	100



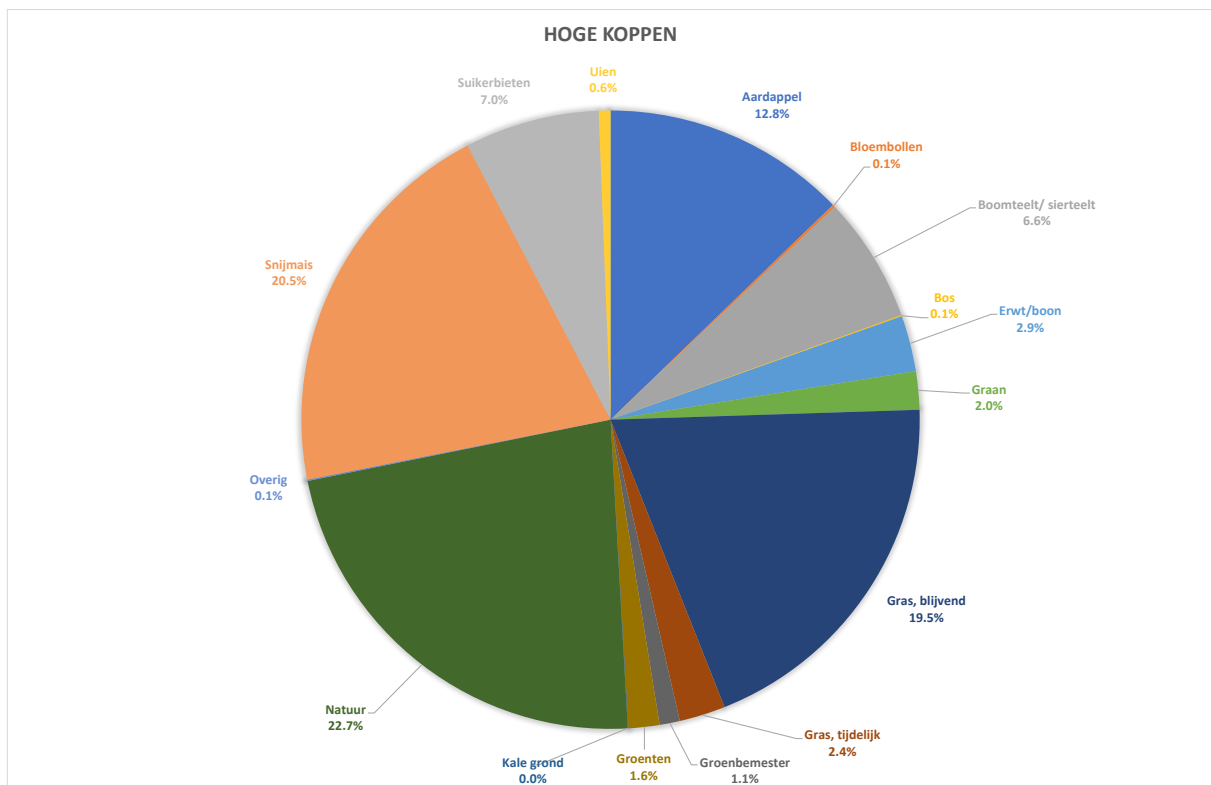
Figuur 6 Aandeel van landgebruik binnen het stroomgebied Reusel Bovenstroom. Stedelijk landgebruik is uitgesloten.



Figuur 7 Aandeel van landgebruik in de Beekdalen binnen het stroomgebied Reusel Bovenstroom. Stedelijk landgebruik is uitgesloten.



Figuur 8 Aandeel van landgebruik op de Flanken binnen het stroomgebied Reusel Bovenstroom. Stedelijk landgebruik is uitgesloten.



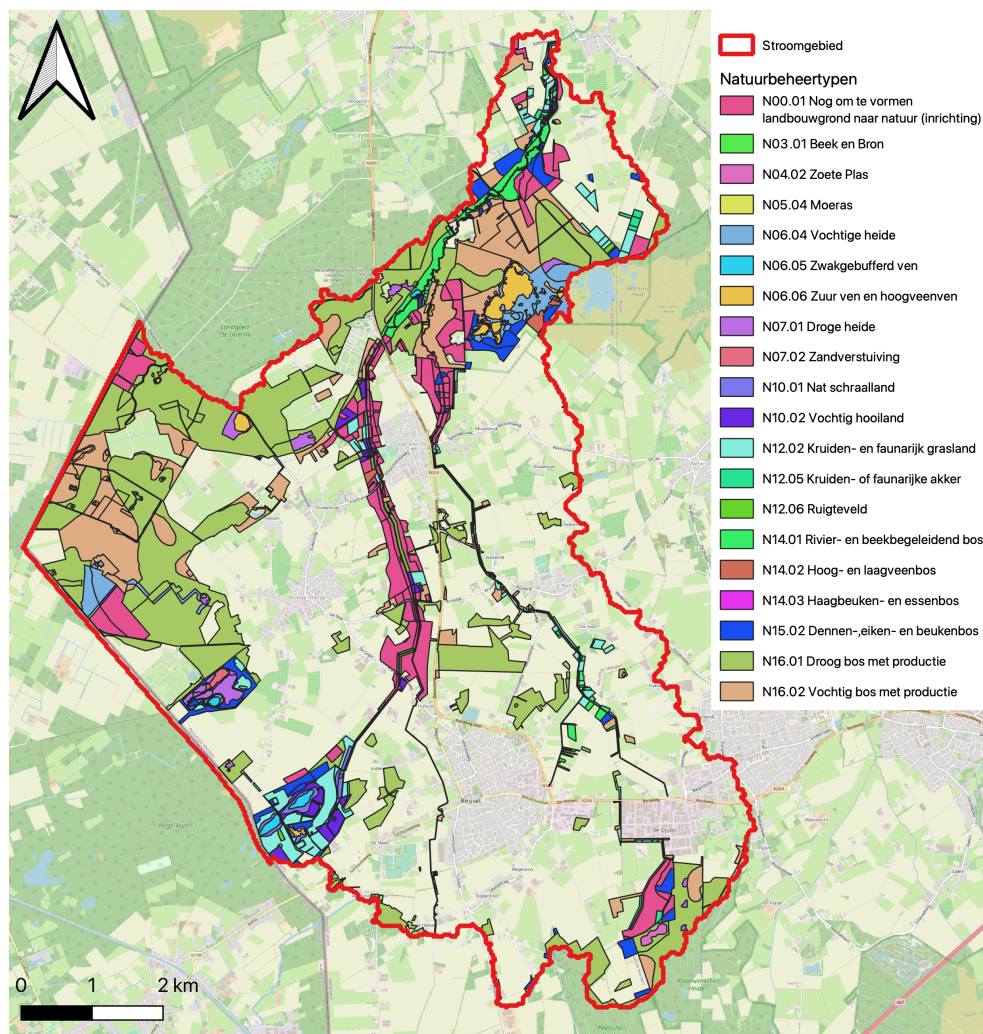
Figuur 9 Aandeel van landgebruik op de Hoge Koppen binnen het stroomgebied Reusel Bovenstroom. Stedelijk landgebruik is uitgesloten.

2.3 Natuurbeheertypen en grondwaterafhankelijkheid

Vroeger werd als uitgangspunt voor het opstellen van provinciale gebiedsplannen gebruik gemaakt van de zogeheten Natuurdoeltypenkaart (Sanders and Prins, 2001). Tegenwoordig wordt echter gebruik gemaakt van de Natuurbeheertypenkaart. Deze is voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom weergegeven in Figuur 10. Het overgrote deel van het gebied bestaat uit droog bos met productie (N16.01) en vochtig bos met productie (N16.02). In de beekdalen komen we met name nog om te vormen landbouwgrond naar natuur en rivier- en beekbegeleidend bos tegen.

De huidige studie kijkt m.b.t. de doelrealisatie van natuur alleen naar de zoetwatervoorziening en niet naar andere standplaatsfactoren zoals voedselrijkdom en zuurgraad. Flip Witte (FWE) heeft aan elk beheertype een natuurwaarde toegekend: hoe hoger deze waarde des te hoger de natuurwaarde. Beheertypen waaraan geen natuurwaarde is toegekend zijn grondwateronafhankelijk of bestaan uit watervegetatie. Deze doen niet ter zake en zijn daarom weggelaten in de huidige studie.

Tabel 2 geeft de beheertypen met hun natuurwaarde weer. Figuur 10 laat ten slotte de natuurgebieden zien die eisen stellen aan de grondwaterstand, d.w.z. de beheertypen met een natuurwaarde van 1 en hoger. We zien dat een groot deel van de natuur in het gebied grondwateronafhankelijk is en daardoor afvalt, namelijk het beheertype droog bos met productie. Het resterende bestaat voor een groot deel uit vochtig bos met productie, wat een lage natuurwaarde heeft. De beheertypen die redelijk tot hoge natuurwaarden hebben (3 en hoger) vinden we met name op de flanken en in de beekdalen.

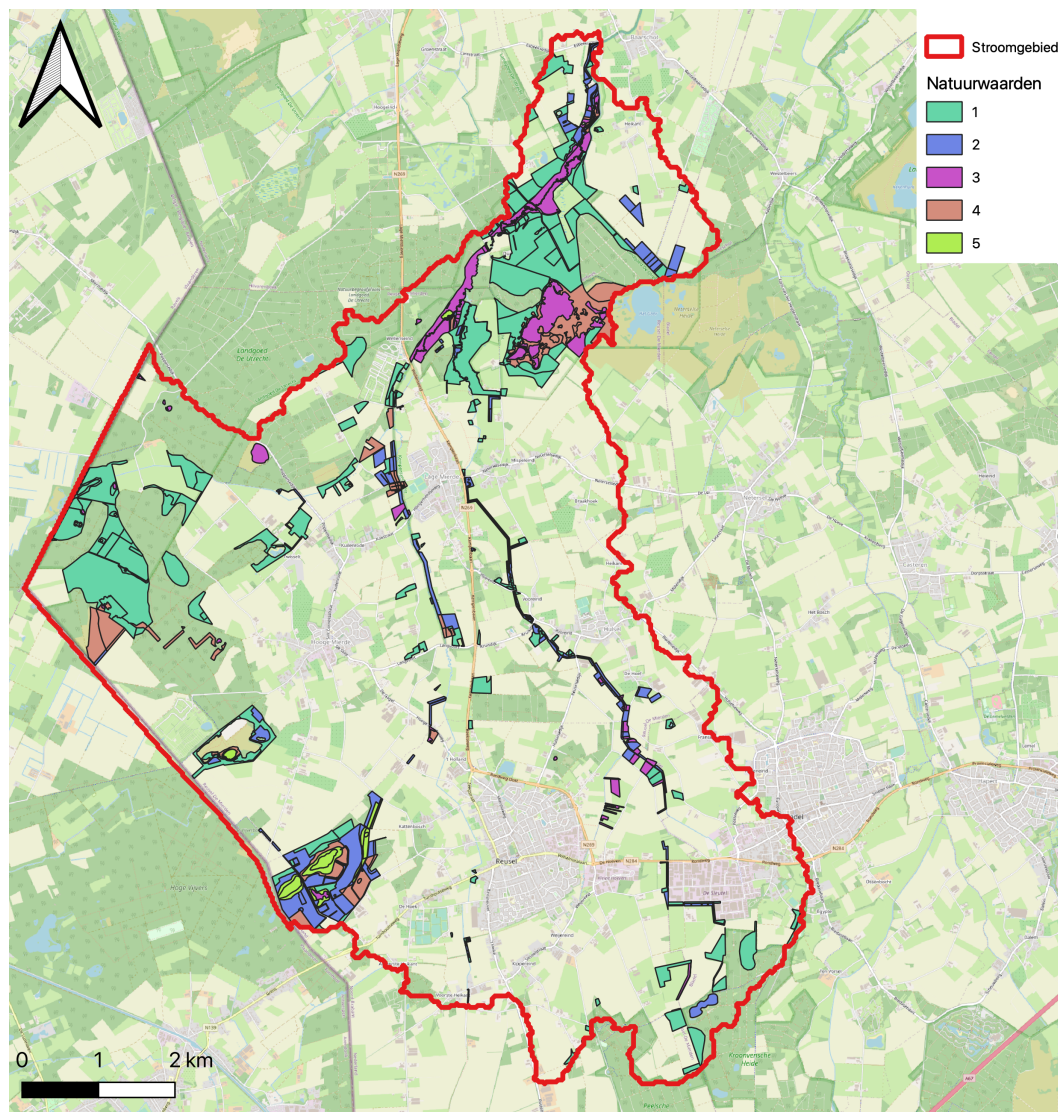


Figuur 10 Natuurbeheertypen in het stroomgebied Reusel Bovenstroom. Deze zijn gebaseerd op de Natuurbeheertypen kaart van de provincie Noord-Brabant (versie april 2023).

Tabel 2 Beheertypen in het stroomgebied Reusel Bovenstroom met hun natuurwaarde. 5 is de hoogste natuurwaarde en 1 is de laagste natuurwaarde. Deze natuurwaarden zijn toegekend door Flip Witte Ecohydrologie⁵.

Klasse	Natuurwaarde
N10.01 Nat schraalland	5
N06.05 Zwakgebufferd ven	5
N10.02 Vochtig hooiland	4
N06.04 Vochtige heide	4
N14.03 Haagbeuken- en essenbos	3
N14.02 Hoog- en laagveenbos	3
N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos	3
N06.06 Zuur ven en hoogveenven	3
N12.06 Ruigteveld	2
N05.04 Moeras	2
N12.02 Kruiden- en faunarij grasland	2
N04.02 Zoete Plas	2
N12.02 Kruiden- en faunarij grasland	2
N16.02 Vochtig bos met productie	1
N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	1

⁵ <https://www.ecohydrologie.nl>



Figuur 11 Natuurbeheertypen geassocieerd op basis van hun natuurwaarde.

2.4 Meteorologie

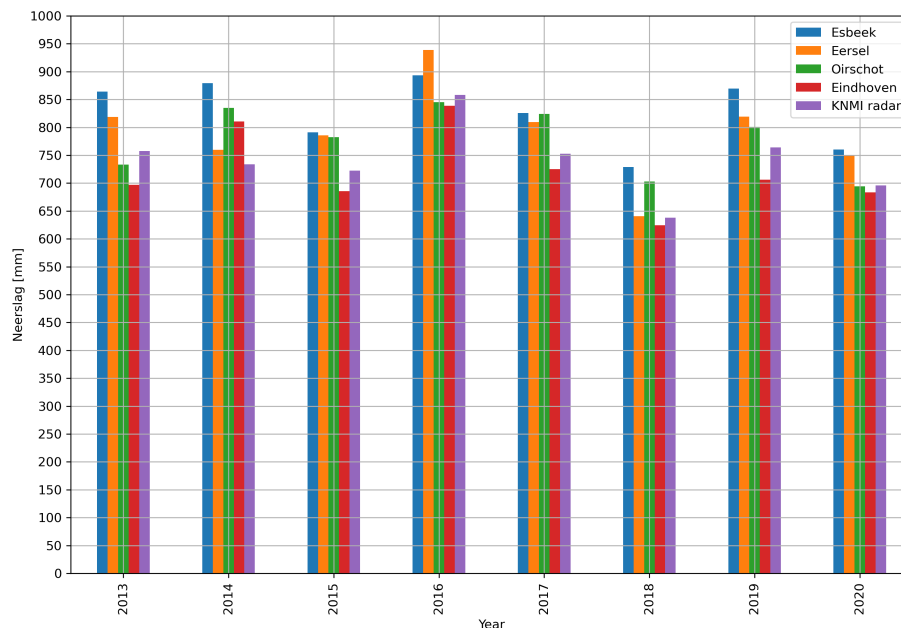
In de omgeving van het studiegebied liggen een aantal meetpunten van het KNMI (Figuur 12). Gilze-Rijen en Eindhoven zijn onderdeel van het netwerk van automatische weerstations, waar zowel neerslag wordt gemeten en de Makkink referentiegewasverdamping uit metingen wordt berekend. Oirschot, Esbeek en Eersel zijn onderdeel van het netwerk van neerslagstations die handmatig worden uitgelezen. Het KNMI beschikt daarnaast over landsdekkende radarneerslagbeelden die gecorrigeerde zijn aan de hand van de neerslagstations op de grond. Dit product is bekend onder de naam `rad_nl25_rac_mfbs_01h_netcdf4` (<https://dataplatform.knmi.nl/dataset/rad-nl25-rac-mfbs-01h-netcdf4-2-0>) (A. Overeem et al., 2009, 2009; Overeem et al., 2011).



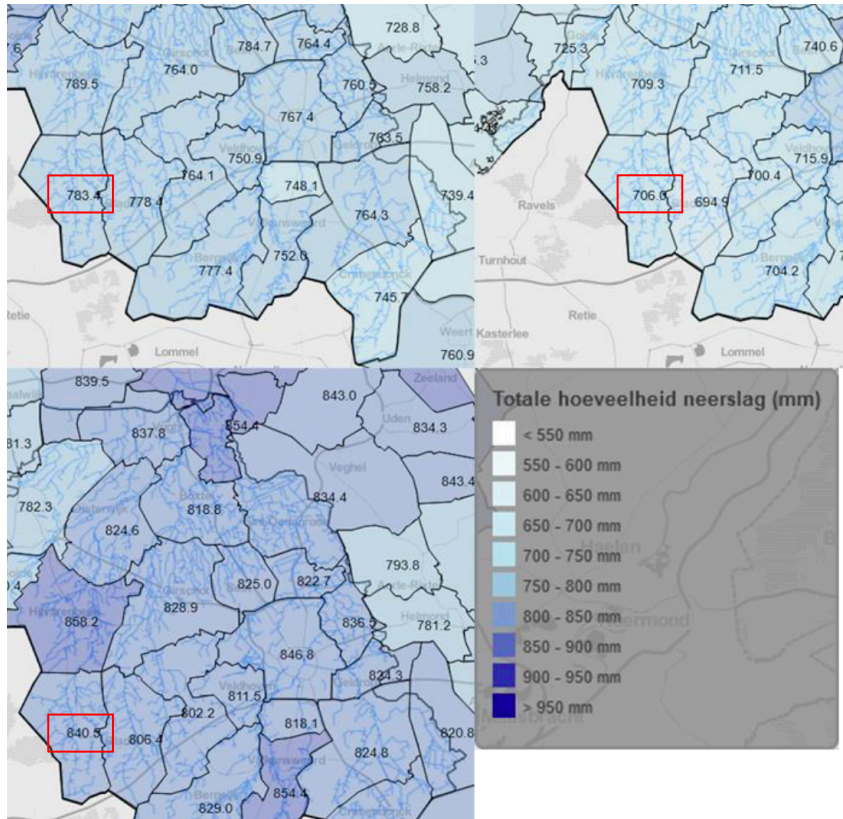
Figuur 12 Overzicht KNMI stations in de omgeving van het studiegebied (rood).

Omdat de radarbeelden gebiedsdekkend zijn en gecorrigeerd zijn aan de hand van de grondstations, is dit het meest voor de hand liggende product om te gebruiken als modelinvoer in deze studie. Voordat dit is gedaan hebben we een vergelijking gemaakt tussen een aantal neerslagstations, alsmede de KNMI-radarneerslag. Figuur 13 laat voor de verschillende stations en de KNMI-radarneerslag de jaarlijkse neerslagsom zien voor de periode 2013-2020. De KNMI-radarneerslag is hierbij als stroomgebiedsgemiddelde genomen. We zien dat Esbeek en Eersel, de twee dichtstbijzijnde stations, overwegend de hoogste jaarlijkse neerslag registreren, met Esbeek de hoogste. Eindhoven registreert voor de meeste jaren de minste neerslag. Alle stations registreren voor het extreme droge jaar 2018 de minste neerslag. Voor dit jaar zit er ca. 100 mm tussen hetgeen gemeten door Esbeek (natste) en Eindhoven (droogste). Deze relatief grote verschillen op jaarbasis tonen het belang aan van het selecteren van de juiste neerslagbron voor de modelinvoer. De neerslagcijfers die het waterschap heeft genoemd in het jaaroverzicht van 2021 zijn weergegeven in Figuur 14 voor de jaren 2019, 2020 en 2021. Volgens deze kaart is de neerslagsom 783 en 706 mm voor respectievelijk 2019 en 2020. Deze getallen komen het beste overeen met de KNMI-radargetallen voor deze jaren (Figuur 13). Vanwege deze reden en het feit dat het een gebiedsdekkend beeld is, is de KNMI-radarneerslag in deze studie gebruikt voor de modelinvoer.

De KNMI-radarneerslag voor het stroomgebied varieert ca. tussen de 640 (2018) en 860 (2016) mm per jaar. Gemiddeld is de jaarlijkse neerslag voor het stroomgebied 740 mm.

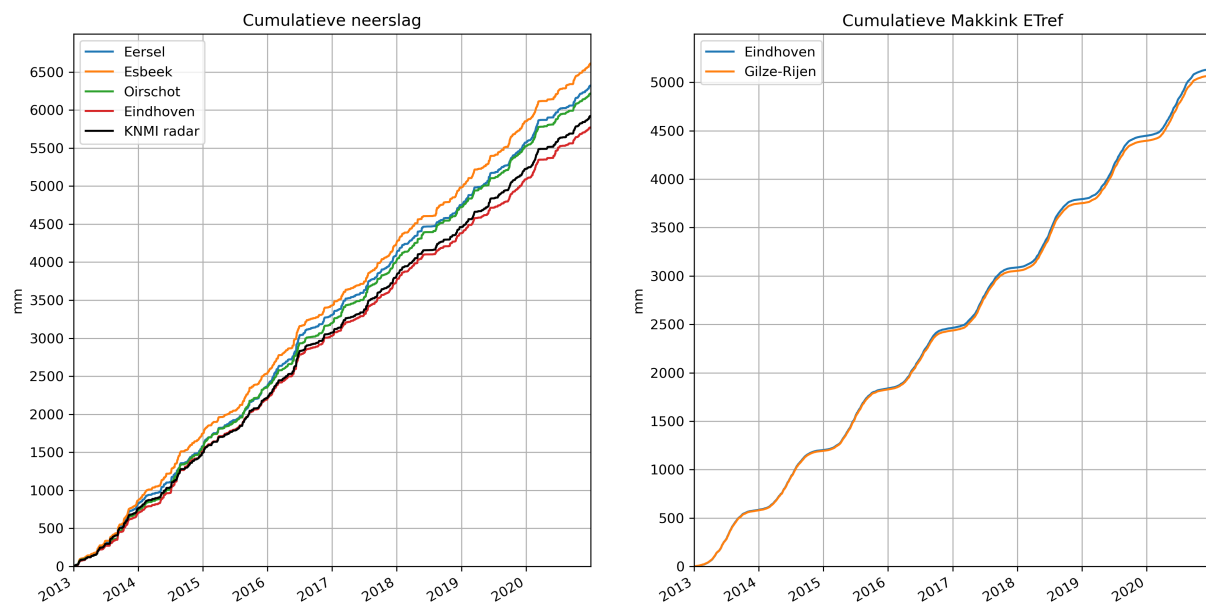


Figuur 13 Jaarsommen van neerslag voor de KNMI stations Esbeek, Eersel, Oirschot, Eindhoven en de KNMI radarneerslag gecorrigeerd met neerslagstations.



Figuur 14 Totale neerslag voor 2019 (linksboven), 2020 (rechtsboven) en 2021 (linksonder). Bron: Waterschap De Dommel, 2021. De cijfers voor het studiegebied zijn weergegeven in het rode blok.

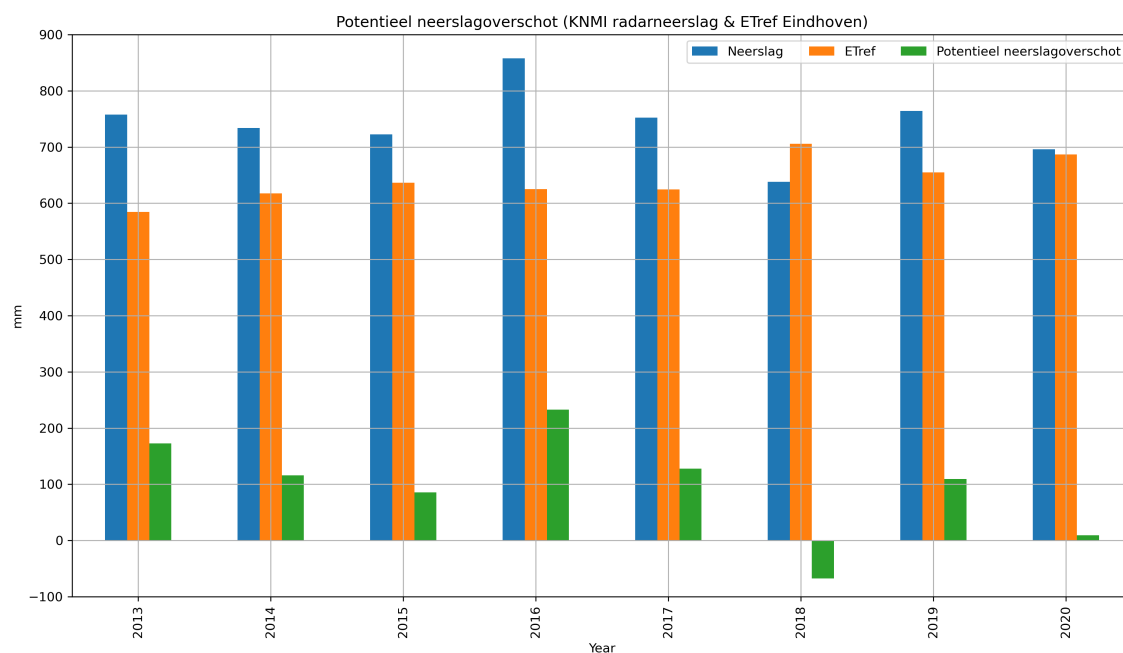
De cumulatieve Makkink referentiegwasverdamming (ETref) voor Eindhoven en Gilze-Rijen is weergegeven in Figuur 15. Hieruit blijkt dat de Makkink ETref voor beide stations nagenoeg hetzelfde is. Omdat Eindhoven dichterbij het onderzoeksgebied ligt, is ervoor gekozen om Eindhoven te gebruiken voor de Makkink ETref.



Figuur 15 Links: cumulatieve neerslag over de periode 2013-2020 voor de KNMI stations Eersel, Esbeek, Oirschot, Eindhoven en de KNMI radarneerslag gecorrigeerd met neerslagstations. Rechts: cumulatieve Makkink referentiegwasverdamming (ETref) voor de KNMI stations Eindhoven en Gilze-Rijen.

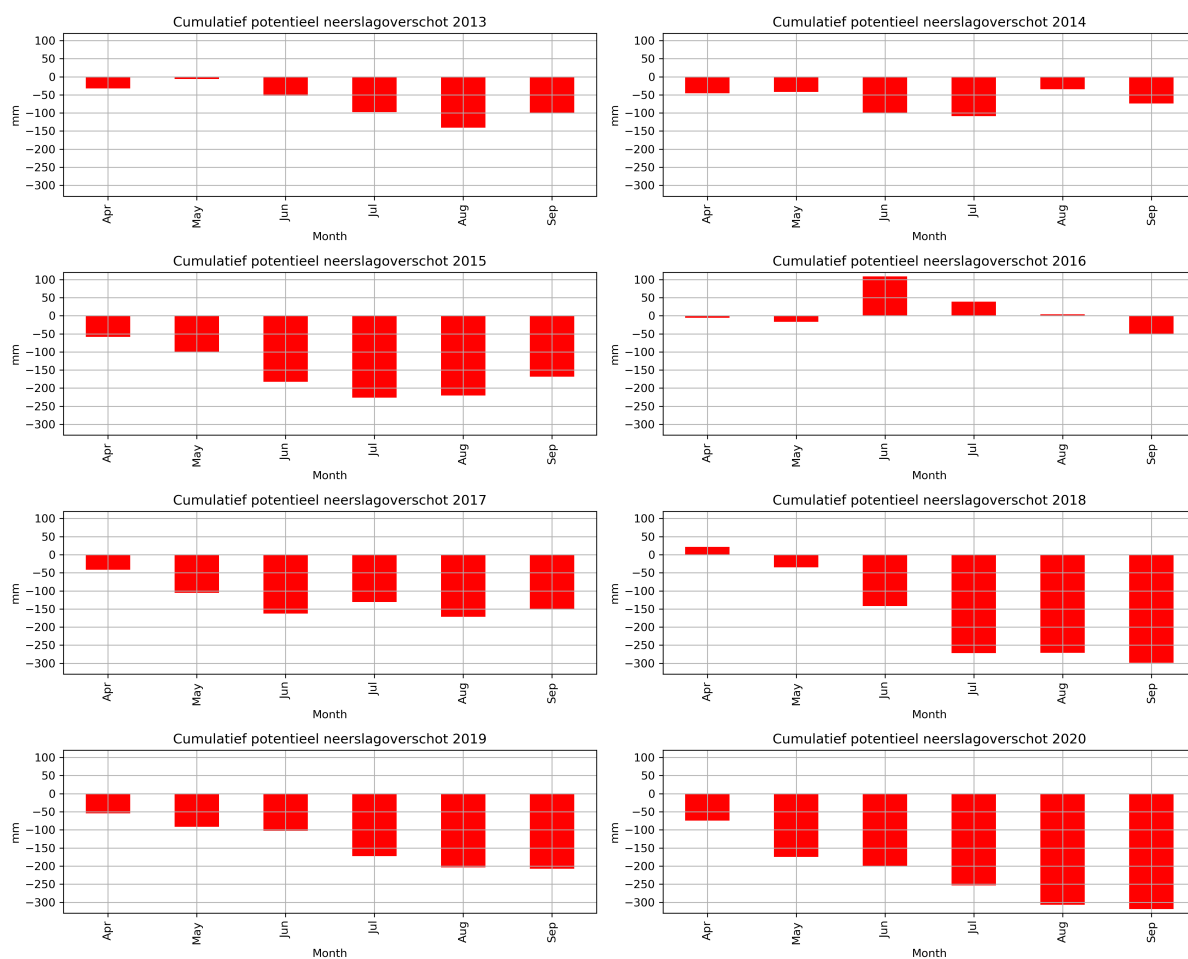
Het verschil tussen de hoeveelheid neerslag en de referentiegewasverdamping is het potentiële neerslagoverschot. Dit getal geeft aan of er meer neerslag is gevallen dan dat een hypothetisch referentiegroenland potentieel kan verdampen of andersom. Figuur 16 laat voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom het potentiële neerslagoverschot per jaar zien voor de periode 2013-2020. Hierin zien we dat er jaarlijks voor elk jaar meer neerslag valt dan dat er potentieel kan verdampen, behalve voor het jaar 2018: er was sprake van een potentieel neerslagtekort. Dit bevestigt de extreme droogte waar we in 2018 mee te kampen hadden.

Al hoewel er op jaarbasis voor de meeste jaren meer neerslag valt dan dat er potentieel kan verdampen, is dit niet noodzakelijkerwijs het geval gedurende het jaar. Daarom publiceert het KNMI jaarlijks figuren van het cumulatieve doorlopende potentiële neerslagoverschot voor het tijdvak 1 april tot en met 30 september (<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/Achtergrondinformatie-doorlopend-potentieel-neerslagoverschot>).



Figuur 16 Potentieel neerslagoverschot per jaar voor de periode 2013-2020 voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom.

Figuur 17 laat voor elk jaar het cumulatieve doorlopende potentiële neerslagoverschot zien voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom gedurende de maanden april-september. Dit laat zien dat er gedurende het groeiseizoen wel degelijk sprake kan zijn van een potentieel neerslagtekort terwijl dit op jaarbasis niet zo hoeft te zijn. Het cumulatieve doorlopende potentiële neerslagoverschot is het meest negatief (neerslagtekort) gedurende 2018 en 2020. Het groeiseizoen van 2020 heeft uiteindelijk een groter potentieel neerslagtekort dan 2018. Dit komt doordat 2018 in april begint met een potentieel neerslagoverschot i.p.v. een neerslagtekort zoals in 2020 en doordat er tijdens augustus 2018 meer neerslag viel dan tijdens augustus 2020. Aan het einde van september hebben we voor zowel 2018 als 2020 te maken met een potentieel neerslagtekort van ca. 300 mm. Het relatief natte jaar 2016 laat zien dat een potentieel neerslagtekort gedurende het groeiseizoen ook weer opgeheven kan worden indien er sprake is van voldoende neerslag.



Figuur 17 Cumulatief potentieel neerslagoverschot per jaar over het groeiseizoen (april-september) voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom.

2.5 Hydrologie

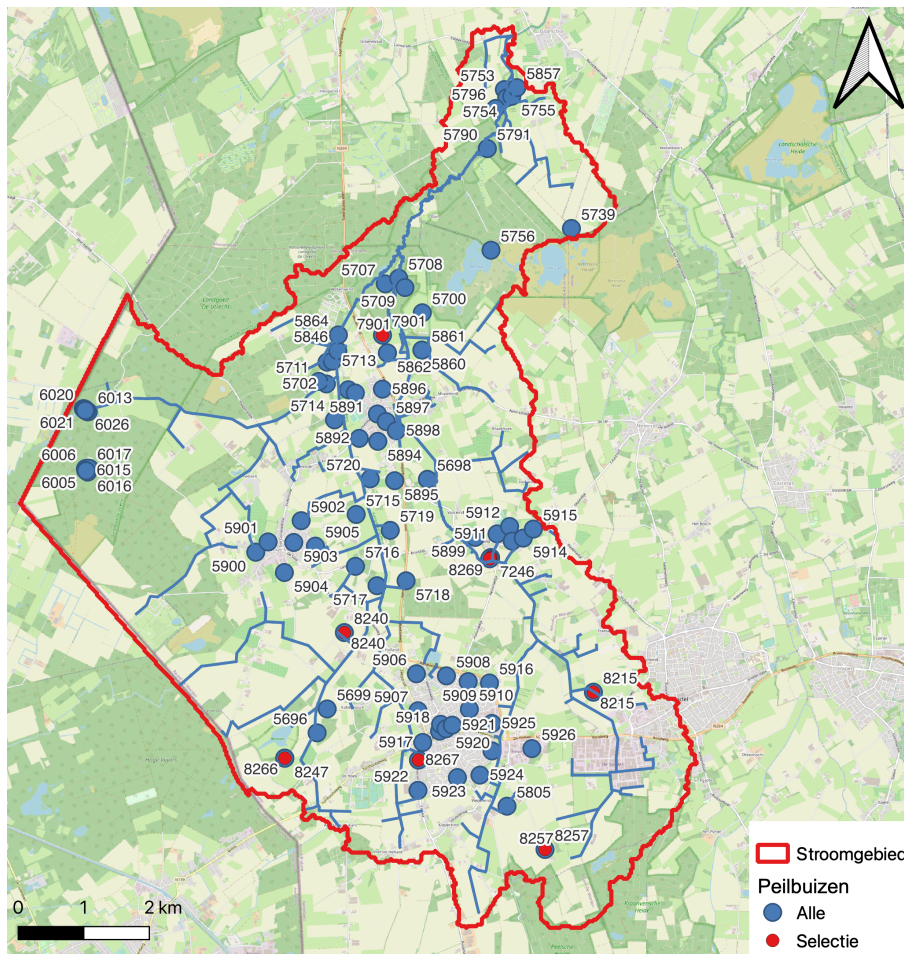
2.5.1 Grondwater

Voor grondwaterstanden is gebruik gemaakt van publieke data die ook in het droogteportaal⁶ te zien zijn. Binnen het studiegebied bevinden zich in totaal 118 peilbuizen (Figuur 18). Het overgrote deel hiervan (100 stuks) zijn in beheer bij Waterschap De Dommel. Eén van de doelen van deze studie is om te onderzoeken wat het effect is van gebiedsbrede maatregelen op de freatische grondwaterstand. Het gaat hierbij dus om de ondiepe grondwaterstand. Daarvoor hebben we een selectie van de peilbuizen gemaakt met een onderkant filterdiepte van 20 m beneden maaiveld of ondieper. Van de peilbuizen in beheer bij Waterschap De Dommel was geen filterdiepte bekend, waardoor er nog 18 peilbuizen overbleven. Hiervan hadden in totaal 10 peilbuizen een filterdiepte \leq 20 m beneden maaiveld.

Figuur 19 laat het verloop van de grondwaterstand zien van de geselecteerde 10 peilbuizen. Afgezien van een aantal vreemde waarden en ontbrekende periodes zien we over het algemeen een dalende trend in de grondwaterstand. De grondwaterstand varieert zo tussen maaiveld en ca. 3 m-mv en is het diepst op de hoge koppen (nr. 8266) en het ondiepst in de beekdalen (nr. 7901), een resultaat wat we verwachten. De dalende trend in de grondwaterstand is vooral goed zichtbaar voor peilbuis nr. 8266 op de hoge koppen. Deze is ca. 2,5 m-mv in de zomer van 2013 en is gezakt tot ca. 3 m-mv in de zomer van 2022. De extreme droge zomer van 2018 is goed zichtbaar als een periode

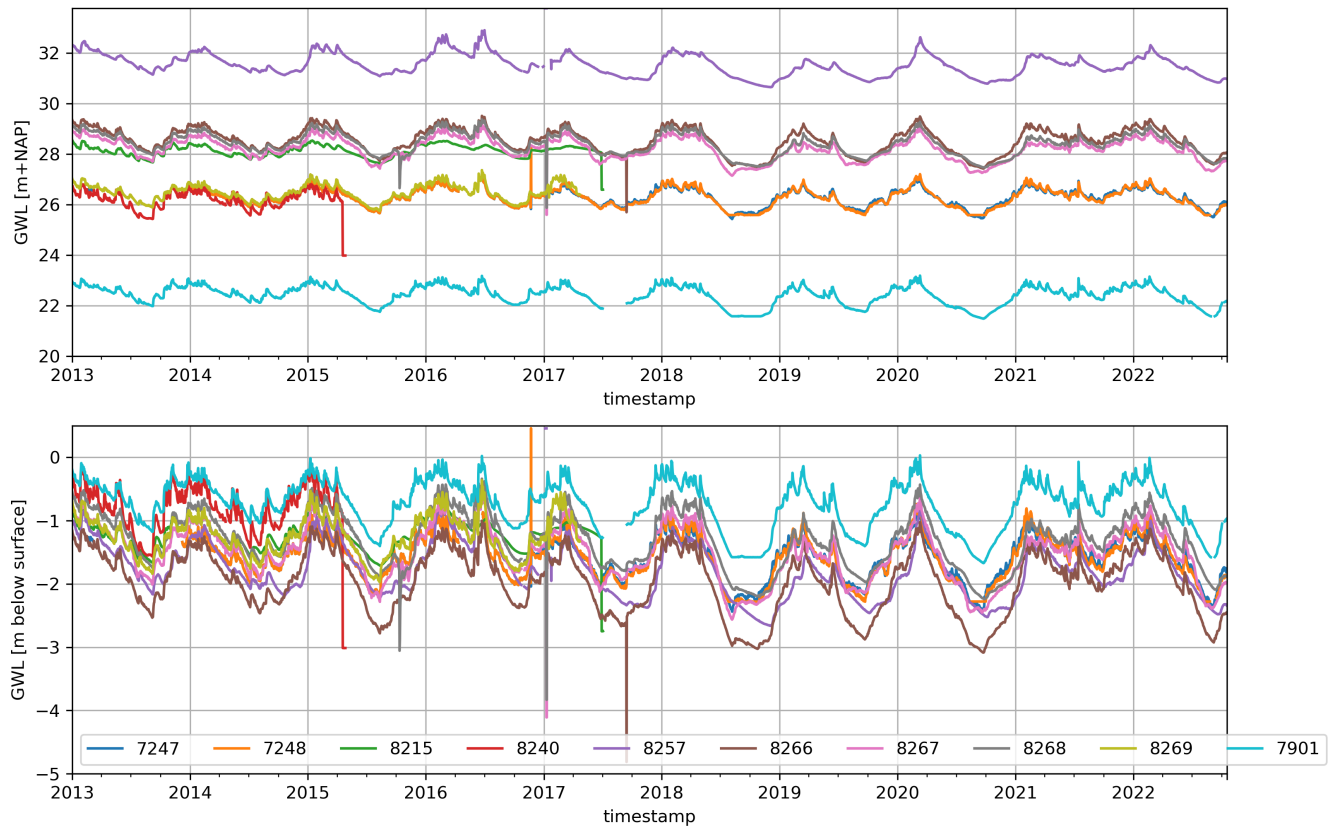
⁶ <https://droogteportaal.nl>

waar de grondwaterstand voor langere tijd laag blijft en vrijwel het laagst is over de weergegeven periode.

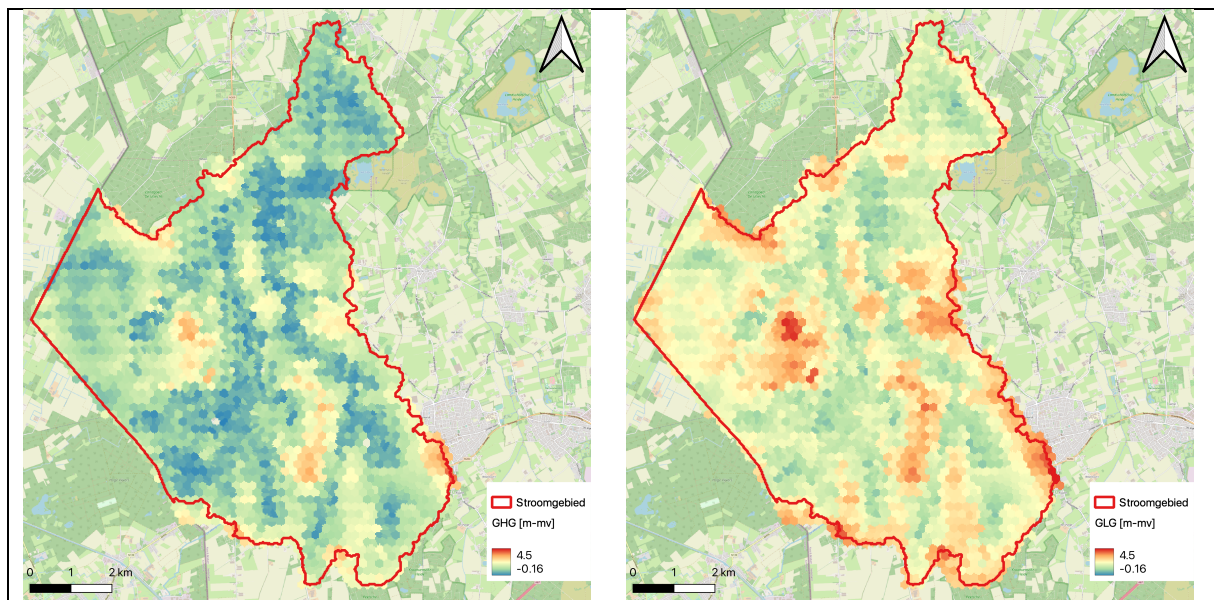


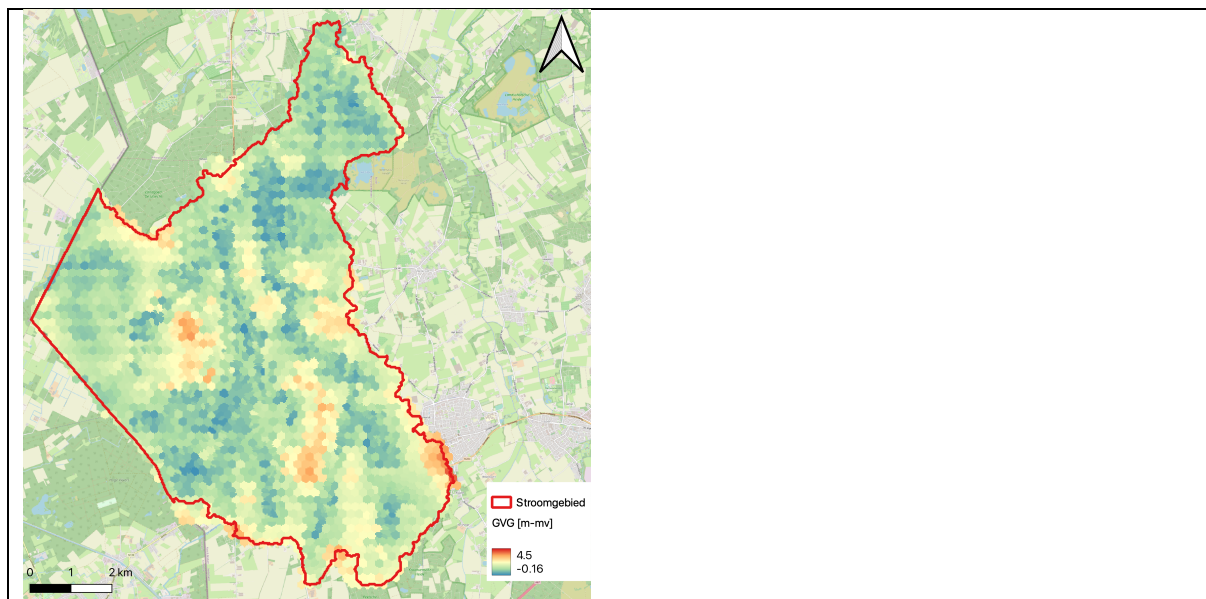
Figuur 18 Locatie van peilbuizen binnen het stroomgebied. Hiervan zijn 10 peilbuizen (rood) aangemerkt als 'ondiep'. Dit zijn peilbuizen waarvan de filterdiepte bekend is en de onderkant van het filter zich binnen 20 m beneden maaiveld bevindt.

Waterschap De Dommel heeft m.b.v. het Domingo model de GHG, GLG en GVG in het studiegebied berekend en aan ons aangeleverd (Figuur 20). De GHG varieert tussen de 0,16 m boven maaiveld in de beekdalen tot 3,83 m beneden maaiveld op de hoge koppen. Dat de GHG boven maaiveld uitkomt betekent dat er inundatie aan het maaiveld kan optreden. De GLG varieert tussen de 2,05 en 4,47 m beneden maaiveld. Deze is het laagst op de hoge kop tussen de Reusel en de Zilverloop en op de hoge koppen in het zuidoosten nabij Bladel. Het patroon is verder overeenkomstig met dat van de GHG, met ondiepere grondwaterstanden in de beekdalen. De GVG varieert tussen maaiveld en 3,98 m beneden maaiveld en is tevens het laagste op de hoge koppen en het hoogste in de beekdalen.



Figuur 19 Tijdreeksen van freatische grondwaterstanden in m+NAP (boven) en m beneden maaiveld (onder) van een selectie van 10 peilbuizen binnen het stroomgebied.





Figuur 20 GHG, GLG en GHG op basis van het Domingo model van Waterschap De Dommel.

2.5.2 Beekafvoer

Figuur 2 geeft de locaties aan waar Waterschap De Dommel de afvoer in de Reusel meet of heeft gemeten. Meetpunt 0341 is niet bruikbaar voor deze studie omdat deze pas operationeel is sinds 30 december 2021 en deze studie zich focust op de periode 2013-2020. Hetzelfde geldt voor meetpunt 0340 die geïnstalleerd is sinds 9 december 2021 en dient ter vervanging van meetpunt 0099. Waterschap De Dommel heeft aangegeven dat het gemeten debiet voor de meetpunten 0098 (Zilverloop) en 0099 (Raamsloop) relatief onbetrouwbaar is vanwege het snel optreden van een verdrinken situatie. Om bovengenoemde redenen en het doel om de effecten op de gebiedsafvoer als geheel te onderzoeken, richten we ons op het benedenstroomse afvoermeetpunt 0072.



Figuur 21 Afvoermeetpunt 0072 Gijzelstraat Baarschot (Bron: Waterschap De Dommel).

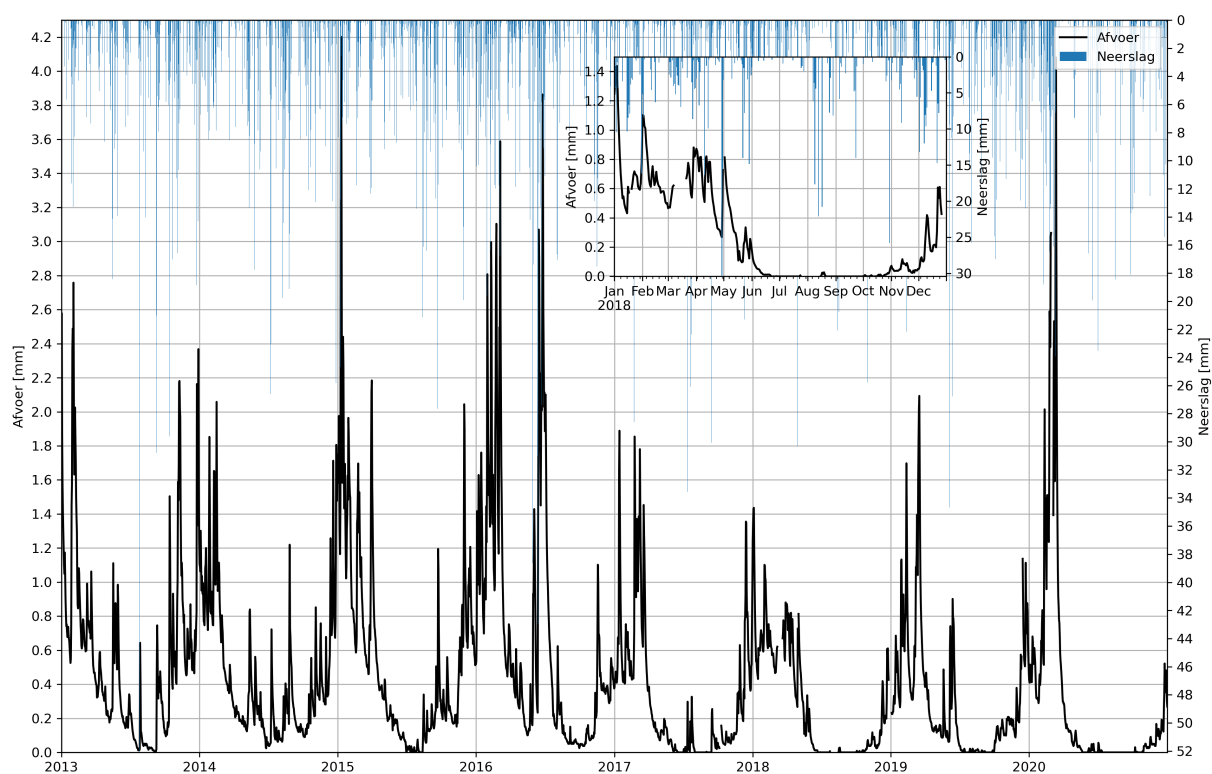
De tijdreeks van uurlijkse afvoeren aangeleverd door Waterschap De Dommel omvat de periode 1 januari 2010 t/m 31 december 2021. Een aantal basisstatistieken van deze afvoer reeks van de meetpunten 0072, 0098 en 0099 zijn weergegeven in Tabel 3. We zien dat zowel voor 0098 als 0099 meer dan 10% van de data ontbreekt. Het meest benedenstroomse meetpunt 0072 heeft met gemiddeld 0,37 m³/s de hoogste afvoer, gevolgd door 0098 en 0099. Alle drie de locaties hebben droogval van de beek ervaren en de 5%-percentiel (P5) geeft aan dat sowieso 5% van de tijd de beek op alle drie de locaties droog is. De 95%-percentielwaarden laten zien dat de gemeten piekafvoeren (kolom Max) een stuk hoger zijn dan de afvoer die 95% van de tijd onderschreden wordt.

Tabel 3 Afvoerstatistieken van de meetpunten 0072, 0098 en 0099 over de periode 1 januari 2010 – 31 december 2021. Getallen zijn gebaseerd op uurwaarden.

Meetpunt	Percentage ontbrekend	Afvoerstatistieken [m ³ /s]					
		Min	Max	Gemiddeld	P5	P50	P95
0072	4,82	0,00	5,77	0,37	0,00	0,23	1,23
0098	10,22	0,00	4,52	0,29	0,00	0,20	0,87
0099	12,26	0,00	2,51	0,24	0,00	0,12	0,94

Om een vergelijking met de andere hydrologische fluxen (neerslag, verdamping, etc.) te kunnen maken is de afvoer in de rest van dit rapport omgerekend naar mm per dag. De omrekening naar dagschaal is ook gedaan omdat de rekentijdstap in het gebruikte model 1 dag is. Met een totale stroomgebiedsgrootte van ca. 6.900 ha komt 1 m³/s afvoer overeen met een afvoer van 1,23 mm per dag. Andersom komt een afvoer van 1 mm per dag overeen met een afvoer van 0,8 m³/s.

Figuur 22 laat de gemeten dagafvoer in mm zien voor meetpunt 0072 voor de periode 1 januari 2013 t/m 31 december 2020. De neerslag is weergegeven op de tweede y-as en hiervoor is gebruik gemaakt van de KNMI-radarneerslag gecorrigeerd met grondstations⁷. Het jaar 2018 is apart weergegeven vanwege de extreme droge zomer. We zien dat voor dit jaar de beek vrijwel de hele tijd droog is gedurende de maanden juli t/m september (in totaal 109 dagen droogval).

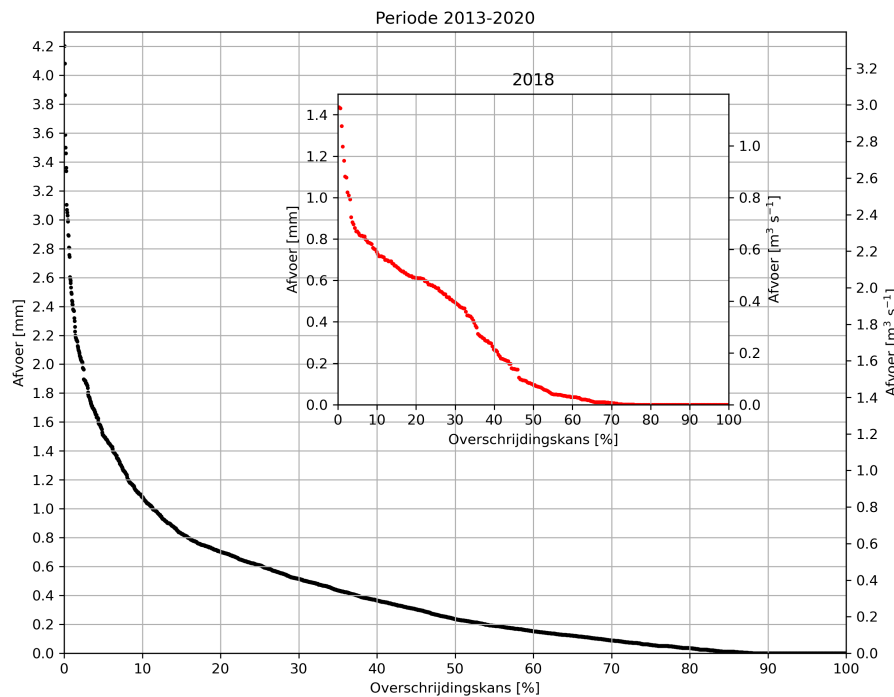


Figuur 22 Gemeten dagafvoer [mm] voor meetpunt 0072 en neerslag (KNMI radarneerslag) voor de periode 2013-2020. Het extreme droge jaar 2018 is afzonderlijk in de grafiek weergegeven.

Om deze droogval nader te onderzoeken is in Figuur 23 de overschrijdingskans van de gemeten afvoer weergegeven voor de gehele onderzoeksperiode alsmede apart voor het jaar 2018. Voor de gehele periode geldt dat ca. 85% van de tijd de afvoer hoger is dan 0 mm, wat betekent dat ca. 15% van de tijd de afvoer gelijk is aan 0 mm (d.w.z. droogval van de beek). Dit percentage is aanzienlijk

⁷ <https://dataplatform.knmi.nl/dataset/rad-nl25-rac-mfbs-01h-netcdf4-2-0>

hoger voor het jaar 2018. Voor dit jaar is ca. 30% van de tijd sprake van droogval van de beek. De periode waarin dit gebeurt was eerder aangegeven in Figuur 22.



Figuur 23 Overschrijdingskansen van de gemeten afvoer voor meetpunt 0072 gebaseerd op dagwaarden. De overschrijdingskansen zijn apart weergegeven voor het extreme droge jaar 2018.

2.5.3 De Reusel en de KaderRichtlijn Water (KRW)

De Reusel is onderdeel van een oppervlaktewaterlichaam (OWL) in de KaderRichtlijn Water (KRW), waarover gerapporteerd wordt in factsheets (KRW factsheets, 2023). Doeltype is R5 (OWL NL27_1_2): langzaam stromende middenloop-benedenloop op zand (Altenburg et al., 2018). De bijbehorende hydromorfologie heeft betrekking op hoge en lage afvoer en stroomsnelheid. Een geringe watervoerendheid in de zomer is nog tot daaraantoe, maar stagnatie en droogval is in het algemeen leiden veelal niet tot doelbereik voor een R5-watertype.

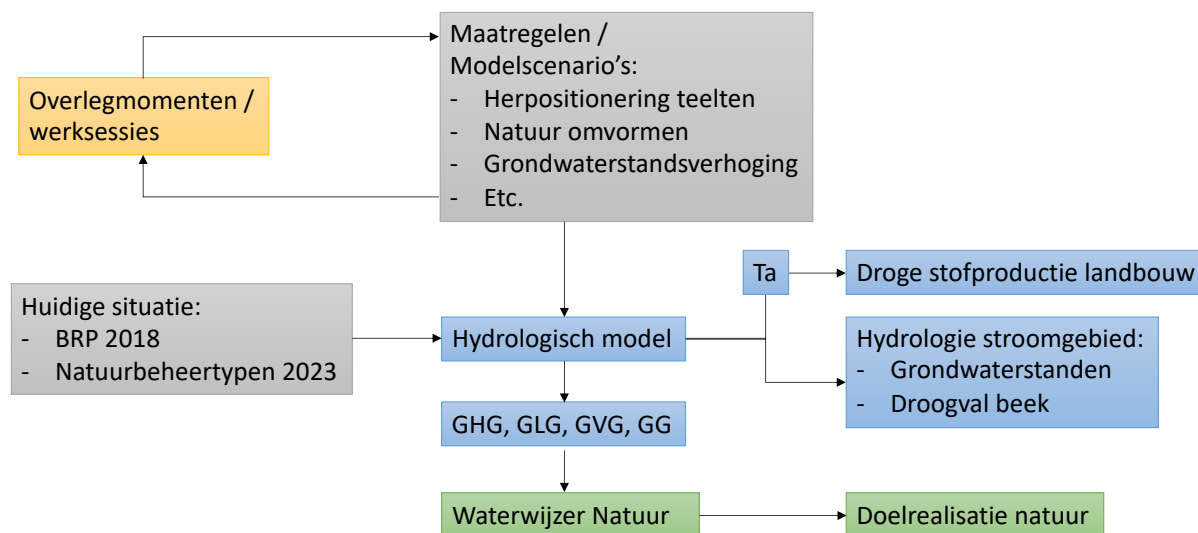
3 Methodiek en aannames

3.1 Werkwijze

Om een antwoord te vinden op de onderzoeksvragen wordt er in deze studie o.a. gebruik gemaakt van een ruimtelijk gedistribueerd hydrologisch model (Sectie 3.2) dat speciaal voor deze studie is ontwikkeld en de Waterwijzer Natuur (Witte et al., 2018) (Sectie 3.3). Het hydrologische model is gebruikt om de effecten op de droge stofproductie van de landbouw te kwantificeren, alsmede de effecten op de hydrologie van het stroomgebied als geheel. Het WATERNOOD gedeelte (Runhaar and Hennekens, 2015) van de Waterwijzer Natuur (Witte et al., 2018) is ingezet om de doelrealisatie van de grondwaterafhankelijke natuur in kaart te brengen.

De droge stofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur en de hydrologie van het stroomgebied zijn gekwantificeerd voor de huidige situatie, gedefinieerd als de jaren 2013 t/m 2020, alsmede voor een aantal gebiedsbrede maatregelen (scenario's). De huidige situatie dient hierbij als referentiekader om zodoende de effecten van de gebiedsbrede maatregelen te kunnen kwantificeren ten opzichte van dit referentiekader (baseline).

Bij deze studie zijn een groot aantal partijen betrokken en ze hebben allen een divers pakket aan eisen en maatregelen als het gaat om de waterhuishouding in het gebied Reusel Bovenstroom. De belangrijkste partijen die actief bij dit project betrokken zijn, zijn de agrariërs in de streek, Waterschap De Dommel en de provincie Noord-Brabant. Gezien de beperkte tijd was het niet mogelijk om alle gewenste maatregelen door te rekenen/testen, waardoor een selectie van maatregelen in deze studie is doorgerekend (Sectie 3.4). Deze maatregelen zijn gedefinieerd en bepaald tijdens meerdere overlegmomenten met de agrariërs, een voortgangssessie bij Waterschap De Dommel en via emailcommunicatie met de provincie Noord-Brabant. Het pakket aan maatregelen dat is doorgerekend in deze studie is beschreven in Sectie 3.4. Figuur 24 geeft de schematisatie van de werkwijze van deze studie weer.



Figuur 24 Werkwijze huidige studie.

3.2 Hydrologisch model

3.2.1 Modelkeuze

Om op stroomgebiedsschaal de effecten van verschillende maatregelen op de droge stofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van natuur en de algehele hydrologie door te rekenen, is een hydrologisch model vereist dat:

- Ruimtelijk onderscheid kan maken tussen de verschillende bodemtypes (bodemfysica) in het gebied
- In staat is om ruimtelijk de watervraag van verschillende vegetatietypen (gewassen) te modelleren
- Beschikt over een beregeningsmodule die onder bepaalde condities aan- of uitgeschakeld moet kunnen worden
- Onderscheid maakt tussen de verschillende verdampingstermen transpiratie (komt ten goede aan droge stofproductie gewas), bodemverdamping en interceptieverdamping
- Ruimtelijk een koppeling tussen de modelcellen onderhoudt zodat de gesimuleerde grondwaterstand in het te modelleren gebied verbonden is. Een grondwateronttrekking op perceel A zal dus naast een grondwaterstandsverlaging op perceel A ook zorgen voor een grondwaterstandsverlaging op perceel B (het perceel van de buurman)
- In staat is om gebiedsbreed grondwaterstanden te simuleren
- De beekafvoer redelijk goed kan simuleren, met name de lage afvoeren
- Integrale analyse mogelijk maakt van lokale hydrologie (standplaats, perceel) tot hydrologie op niveau van stroomgebied

In het KLIMAP-deelproject Stegeren (Terink et al., 2022) werd gebruik gemaakt van het waterallocatiemodel WEAP. Dit model is echter niet geschikt voor de huidige studie omdat het niet in staat is om 'gekoppelde' effecten (bijv. een grondwaterstandsverandering die doorwerkt in de rest van het gebied) door te rekenen. Daarnaast maakt dit model geen onderscheid tussen de transpiratie en bodemverdamping, respectievelijk de verdamping die wel en niet ten goede komen aan de droge stofproductie.

Om bovenstaande redenen en modeisen voor de huidige studie is het HydroGap model (Terink et al., 2023) speciaal voor deze studie ontwikkeld. Met HydroGap (Terink et al., 2023) zijn we snel in staat om inzicht te krijgen in de hydrologie op jaar- en maanbasis onder huidig landgebruik en als gevolg van gebiedsbrede maatregelen zoals andere teelten, herpositionering van teelten, omvormen van natuur, grondwaterpeilverhoging, etc. Het accuraat simuleren van de afvoer of grondwaterstand op dagbasis is daarom geen doel op zich. Voor een dergelijk doel is een meer fysisch gebaseerd (geo)hydrologisch model vereist waarin een terugkoppeling bestaat vanuit het waterpeil in de watergang naar de grondwaterstand, m.a.w., water kan vanuit de watergang infiltreren zodra de grondwaterstand lager is dan het waterpeil in de watergang. Wel kunnen we met het voor deze studie ontwikkelde model de ordegrrootte kwantificeren waarmee de grondwaterstanden en beekafvoer (droogval) veranderen. Daarnaast kunnen we met dit model toetsen of de gesimuleerde fluxen 'balansmatig' kloppen.

3.2.2 Kalibratie

Het model rekent op dagbasis en is gekalibreerd voor de periode 2013-2020 op de dagafvoer gemeten bij meetpunt 0072 Gijsselstraat Baarschot (Figuur 21). Het model is geïnitieerd door het te draaien met het jaar 2012. Voor de kalibratie is gebruik gemaakt van het pakket "Statistical Parameter Optimization Tool" (SPOTPY) (Houska et al., 2015), waarbij de Root-Mean-Square-Error (RMSE) gebruikt is als doelfunctie en het "Shuffled Complex Evolution Algorithm (SCE-UA)" algoritme gebruikt is voor de optimalisatie.

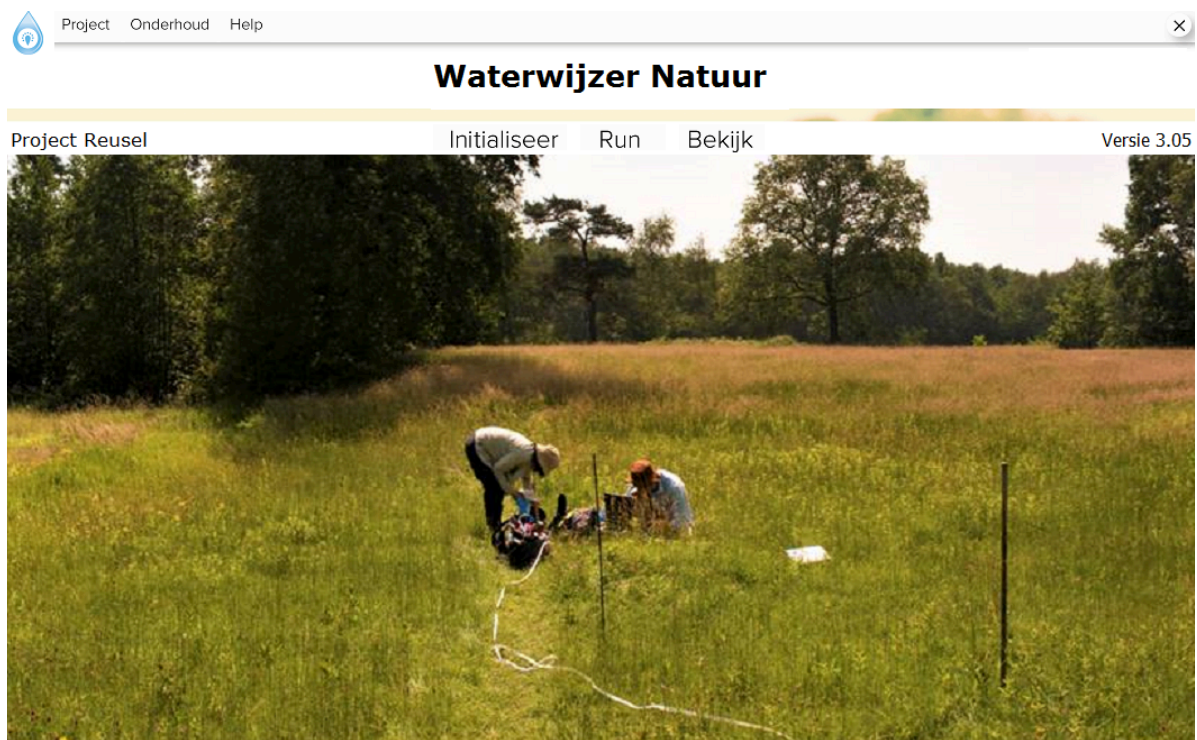
3.3 Waterwijzer Natuur – WATERNOOD

Om de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur (zie Tabel 2 en Figuur 11) te bepalen voor de huidige situatie en als gevolg van de verschillende maatregelen is in deze studie gebruik gemaakt van het WATERNOOD gedeelte (Runhaar and Hennekens, 2015) van de Waterwijzer Natuur (Witte et al., 2018). Omdat we in deze studie alleen toetsen op de waterhuishouding nemen we expliciet aan dat het met de andere standplaatsfactoren voor natuur, zoals voedselrijkdom en zuurgraad, goed zit. Het is daarom goed om te beseffen dat deze studie gezien moet worden als een

“verkennde studie” om te onderzoeken hoe goed de bestaande natuur het doet onder verschillende waterhuishouding scenario’s. Voor een meer gedetailleerde analyse wordt daarom aanbevolen om gebruik te maken van het PROBE-gedeelte van de Waterwijzer Natuur, waarin de potenties van een gebied voor natuur niet alleen bepaald worden op basis van de vochtvoorziening, maar ook op basis van zuurgraad en voedselrijkdom.

Het WATERNOOD gedeelte van de Waterwijzer Natuur heeft als input nodig:

- GHG
- GLG
- GVG
- GG (gemiddelde grondwaterstand)
- Kwelbestand (kwelflux)



Figuur 25 De Waterwijzer Natuur (Witte et al., 2018) (www.waterwijzer.nl).

Vanwege i) de relatief korte simulatieperiode van 8 jaar t.o.v. de 30 jaar die gebruikt wordt bij de ‘officiële’ bepaling van de GxG’s en ii) de eenvoud, wijkt de berekening van de GxG’s in deze studie af van de ‘officiële’ berekeningswijze⁸.

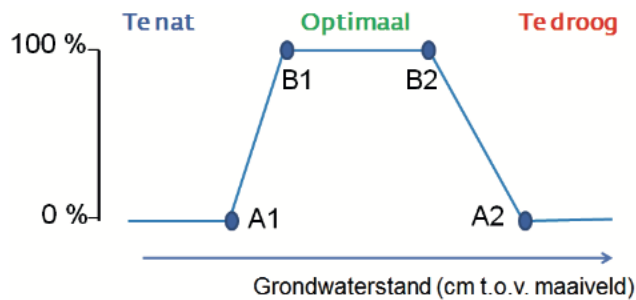
Het hydrologisch model berekent de grondwaterstand op elke 25 x 25 m cel. De GHG is berekend voor de huidige situatie en elk modelscenario door voor elke cel de hoogste grondwaterstand per jaar te bepalen en deze vervolgens te middelen over de jaren 2013-2020. De GLG is op dezelfde wijze berekend, alleen dan voor de laagste grondwaterstand. Voor de GVG is per cel voor elk jaar de gemiddelde grondwaterstand in de maand maart berekend, welke vervolgens is gemiddeld over de jaren 2013-2020. De GG voor elke cel is berekend als de gemiddelde grondwaterstand in die cel over de simulatieperiode 2013-2020.

Het WATERNOOD gedeelte van de Waterwijzer Natuur toetst vervolgens of de waterhuishouding voldoet aan de vastgelegde vegetatiedoelen op basis van de volgende grootheden:

⁸ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/faciliteiten-tools/software-en-modellen/grondwaterdynamiek/parameters.htm>

- GVG
- GLG
- DS (Droogtestress: gemiddeld aantal dagen per jaar dat de zuigspanning in de wortelzone van een referentiegras een waarde van -12000 cm onderschrijft (d))

De doelrealisatie (uitgedrukt als percentage) van een beheertype wordt voor ieder van deze grootheden vastgesteld aan de hand van trapeziumvormige functies (Figuur 26). De totale doelrealisatie wordt vervolgens berekend door de vermenigvuldiging van de doelrealisaties voor GVG, GLG en DS.



Figuur 26 Trapeziumvormige functie voor berekening doelrealisatie (Runhaar and Hennekens, 2015; Witte et al., 2018).

In deze studie is de totale doelrealisatie voor de huidige situatie en voor elk van de modelscenario's (maatregelen) voor de grondwaterafhankelijke natuur uitgerekend. Hierdoor kunnen we analyseren of een bepaald type natuur het 'beter' of 'slechter' doet als gevolg van bepaalde maatregelen.

3.4 Selectie van maatregelen - modelscenario's

De stroomgebiedsmaatregelen die bepaald zijn in overleg met alle betrokken partijen (Tabel 4) zijn onder te verdelen in:

- Teelt- en irrigatiemaatregelen (Sectie 5.2)
- Natuur omvormen alsmede een combinatie van natuur omvormen en reductie landbouwareaal (Sectie 5.3)
- Peilbeheermaatregelen (Sectie 5.4)

De maatregelen die onder deze categorieën vallen zijn gespecificeerd in Sectie 3.4.1, 3.4.2 en 3.4.3.

Tabel 4 Overlegmomenten met agrariërs, Waterschap De Dommel, de provincie Noord-Brabant en KLIMAP-partners.

Datum	Locatie	Partijen aanwezig	Doel overleg
18-5-2022	Reusel	<input type="checkbox"/> Van den Borne et al. <input type="checkbox"/> KnowH2O <input type="checkbox"/> KLIMAP-partners <input type="checkbox"/> Boerderij van de Toekomst (WPR-OT)	<input type="checkbox"/> Inleiding op deelproject Reusel <input type="checkbox"/> Toelichting
21-11-2022	Wageningen	KLIMAP-partners	<input type="checkbox"/> Terugkoppeling project <input type="checkbox"/> Eerste bevindingen
9-12-2022	Wageningen	KLIMAP-partners	Modellering en inbreng gebiedsprocessen
29-3-2023	Reusel	<input type="checkbox"/> Van den Borne et al. <input type="checkbox"/> KnowH2O <input type="checkbox"/> KLIMAP-partners	<input type="checkbox"/> Terugkoppeling project <input type="checkbox"/> Eerste bevindingen <input type="checkbox"/> Interactie met agrariërs <input type="checkbox"/> Inbreng voor tweede ronde

		<input type="checkbox"/> Boerderij van de Toekomst (WPR-OT)	<input type="checkbox"/> Boerderij van de Toekomst: maken teeltplan
16-5-2023	Online	KLIMAP-partners	Terugkoppeling project tussenresultaten
8-6-2023	Reusel	<input type="checkbox"/> Van den Borne et al. <input type="checkbox"/> KnowH2O <input type="checkbox"/> KLIMAP-partners <input type="checkbox"/> Boerderij van de Toekomst (WPR-OT)	<input type="checkbox"/> Terugkoppeling project <input type="checkbox"/> Concept eindbevindingen <input type="checkbox"/> Interactie met agrariërs <input type="checkbox"/> Boerderij van de Toekomst: evalueren teeltplan
29-6-2023	Boxtel	<input type="checkbox"/> Waterschap De Dommel <input type="checkbox"/> KnowH2O	Afstemming met Waterschap De Dommel
12-7-2023	Online	<input type="checkbox"/> Provincie Noord-Brabant <input type="checkbox"/> KnowH2O	Afstemming met provincie Noord-Brabant

3.4.1 Teelt- en irrigatiemaatregelen

- Geen beregening:** in dit scenario is het landgebruik identiek aan de huidige situatie, maar wordt beregening overal uitgeschakeld. Dit heeft als doel om het effect van beregening te onderzoeken.
- Akkerbouwer met 1/6 rotatieteelten:** aardappel, suikerbieten, erwten, snijmaïs, gras en ui. Het doel van deze maatregel is het effect van 1/4 rotatieteelten (huidig) naar 1/6 rotatieteelten te onderzoeken waarin al deze gewassen beregend worden terwijl dat in de huidige situatie niet het geval is.
- Veehouder met 1/6 rotatieteelten:** gras, gras, gras, aardappel, snijmaïs en luzerne (eiwitrijk voedergewas). Al deze gewassen worden normaal beregend. Het doel van deze maatregel is ook het effect van 1/4 rotatieteelten naar 1/6 rotatieteelten te onderzoeken, maar dan met het oog op gewassen voor de veehouder, alsmede het effect van het diep-wortelende gewas luzerne.
- Aardappel en graan 25%:** aardappel en graan bedekken beide 25% van het gebied (1/4 rotatieteelten) waarbij de overige agrarische percelen gelijk blijven aan de huidige situatie. Aardappel vervangt hierbij gras en graan vervangt hierbij snijmaïs. Aardappel wordt optimaal beregend en graan wordt niet beregend. Het doel van deze maatregel is het onderzoeken van een intensivering van aardappel teelt met als compensatie niet-beregend graan.

De 1/6 rotatieteelten zijn tot stand gekomen in overleg met betrokkenen van het WPR-OT project 'Boerderij van de Toekomst' (Wesselink et al., 2022).

3.4.2 Natuur omvormen alsmede een combinatie van natuur omvormen en reductie landbouwareaal

Sectie 5.1.1.1 laat zien dat verdamping op jaarbasis een groot deel van de waterbalans vertegenwoordigt: gemiddeld 494 mm tegenover 740 mm aan neerslag en 161 mm aan afvoer. Maatregelen die in staat zijn om de verdamping fors te reduceren zullen dus ten goede komen aan de afvoer, d.w.z. meer grondwateraanvulling en daarmee een verhoogde basisafvoer en/of minder droogval van de beek.

Een artikel van TAUW en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (de Niet et al., 2021) laat zien dat gemiddeld genomen de grondwateraanvulling op jaarbasis kan toenemen van dicht naaldbos

(ca. 160 mm) naar loofbos (ca. 266 mm) naar hoge grassen (ca. 314 mm) naar heide (ca. 350 mm). Door dus bos om te vormen kan er potentieel veel water bespaard worden. Dit kan dan ten goede kan komen aan de grondwateraanvulling, wat vervolgens kan resulteren in een verhoogde grondwaterstand en een hogere basisafvoer. Van oudsher bestond het landgebruik in het stroomgebied voor een groot deel uit kale grond/en heide waar schapen graasden. Dit type landgebruik verdampt minder dan het huidige overwegend agrarische landgebruik.

Om de verdamping te reduceren en daarmee potentieel de beekafvoer te kunnen vergroten en/of droogval van de beek te reduceren, zijn de volgende twee maatregelen doorgerekend:

- **Natuur omvormen:** bij deze maatregel kan gedacht worden aan het uitdunnen van bos en/of het omzetten van bosgebieden in kale grond/heide. Modelmatig is dit gerealiseerd door de gewasfactor van natuur te reduceren tot de helft.
- **Natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen:** naast bovengenoemde maatregel wordt nu alle landbouwgrond op de flanken en de hoge koppen omgezet in kale grond. Landbouw vindt dus alleen nog plaats in de beekdalen.

3.4.3 Peilbeheer en reductie ontwatering

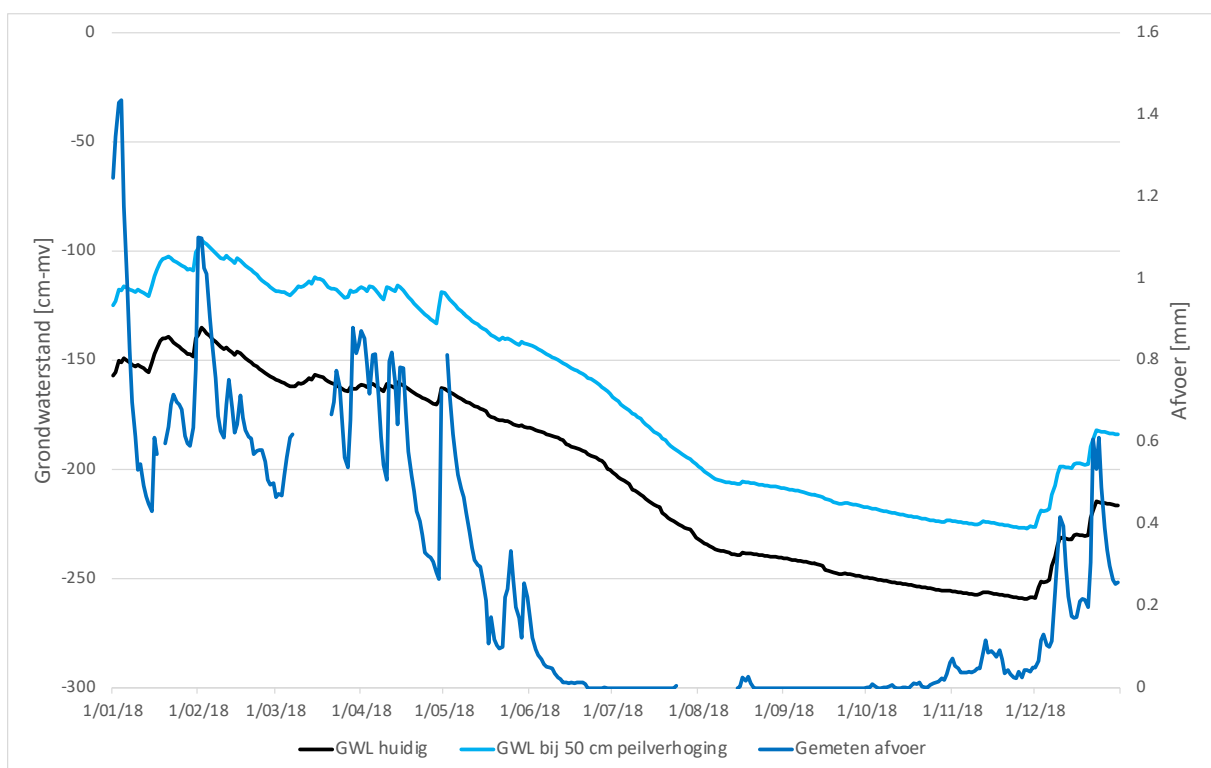
Eén van de structurerende keuzes die voor de Hoge Zandgronden is opgesteld en als doel heeft droogte op de Hoge Zandgronden te bestrijden, is het verhogen van de grondwaterpeilen met mogelijk 10 cm tot 50 cm (Harbers and Heijnen, 2022) In het Grondwater Convenant 2021-2027 (Waterschap Aa en Maas et al., 2021) wordt gestreefd naar het herstel van de grondwaterbalans in Brabant door o.a. meer water vast te houden in het hele watersysteem. Kortom, peilbeheer is een belangrijke gebiedsbrede maatregel waarvan het effect onderzocht dient te worden.

Waterschap De Dommel heeft met hun Domingo model een simulatie gedaan (geheten "Peilopzet 30 cm, dempen en bosomvorming") waarbij i) het peil van alle A-watgangen binnen het beheersgebied met 30 cm is verhoogd, ii) alle detailontwatering is gedempt en iii) al het naaldbos omgevormd is tot heide. Met behulp van het Domingo model heeft Waterschap De Dommel vervolgens ruimtelijk het effect van deze maatregel op o.a. de GLG bepaald. Om te onderzoeken wat deze maatregel met de hydrologie van het stroomgebied Reusel Bovenstroom doet hebben we deze nieuwe GLG als randvoorwaarde aan ons model opgelegd en de situatie "huidig" opnieuw doorgerekend. Behalve een verhoogde grondwaterstand van ca. 20-30 cm reduceert deze maatregel in beperkte mate het aantal dagen droogval per jaar. Om deze reden hebben we deze maatregel wat harder aangezet door uit te gaan van 50 cm peilverhoging i.p.v. 30 cm en is dit modelmatig gerealiseerd door 20 cm bij de GLG-verhoging op te tellen die het gevolg was van de maatregel "Peilopzet 30 cm, dempen en bosomvorming". Deze maatregel noemen we "peilopzet 50 cm". Al hoewel dit een ambitieuze maatregel betreft en de vraag is of dit praktisch haalbaar is, is de 50 cm verhoging wel in lijn met de structurerende keuzes die voor de Hoge Zandgronden zijn opgesteld (Harbers and Heijnen, 2022).

Een andere maatregel die een positief effect kan hebben op de hydrologie (grondwaterstanden en afvoer) van een stroomgebied is de grondwaterstand sturend te laten zijn voor beregening. M.a.w., er mag alleen beregend worden zolang de grondwaterstand zich boven een nader te bepalen drempelwaarde bevindt. Om dit effectief te laten zijn moet de grondwaterstand in de huidige situatie voldoende hoog zijn om nog beekafvoer te genereren. De grondwaterstand zal regionaal namelijk niet per direct gaan stijgen indien er gestopt wordt met beregenen en er geen neerslag valt, waardoor de afvoer nul blijft als de grondwaterstand al te laag is (en blijft).

Figuur 27 laat voor 2018 de gemeten afvoer (meetpunt 0072) versus de gesimuleerde grondwaterstand in het beekdal net bovenstrooms van de samenkomst van de Zilverloop en Raamsloop zien. Er is nauwelijks tot geen afvoer gedurende de periode 22 juni t/m eind september 2018. De afvoer wordt gereduceerd tot nul (22 juni) bij een grondwaterstand van ca. 180 cm-mv. In

de praktijk betekent dit dat er al gestopt moet worden met beregening voordat de grondwaterstand deze kritische grondwaterstand bereikt. Op basis van de grondwaterstand behorende bij de huidige situatie zou dit betekenen dat er gedurende bijna het hele beregeningsseizoen geen beregening plaats zou mogen vinden. M.a.w., het toetsen van deze maatregel is alleen maar zinvol in combinatie met een peilverhoging. De maatregel "peilopzet 50 cm" zorgt voor een flinke verhoging van de grondwaterstand (lichtblauwe lijn Figuur 27). Door deze maatregel te combineren met een beregeningsverbod zodra de grondwaterstand beneden een kritische waarde zakt, kunnen we evalueren of hierdoor de droogval significant gereduceerd wordt en welk effect dit heeft op de droge stofproductie van de gewassen en doelrealisatie van natuur. Deze gecombineerde maatregel hebben we "peilopzet 50 cm en sturing" genoemd. Er is gekozen voor een grondwaterstand van 140 cm-mv als trigger voor de beregeningsstop. Op basis van de verhoogde grondwaterstand (behorende bij de peilverhoging) in Figuur 27 betekent dit dat de beregeningsstop ingaat vanaf ca. 1 juni. De keuze voor 140 cm-mv is vrij arbitrair en dient daarom in een vervolgonderzoek nauwkeuriger bepaald te worden. Voor de huidige studie moet het gezien worden als test case om te kijken of het überhaupt een zinvolle maatregel kan zijn.



Figuur 27 Gesimuleerde grondwaterstanden in het beekdal net bovenstrooms van de samenkomst van de Zilverloop en de Raamsloop en de gemeten afvoer gedurende 2018. De gesimuleerde grondwaterstand "GWL huidig" hoort bij de huidige situatie en moet gelezen worden samen met de gemeten afvoer. De gesimuleerde grondwaterstand "GWL bij 50 cm peilverhoging" is de gesimuleerde grondwaterstand bij de maatregel "peilopzet 50 cm".

Samenvattend worden dus de volgende peilbeheermaatregelen getest:

- Peilopzet 50 cm
- Peilopzet 50 cm en sturing

3.5 Eigenschappen gewassen en natuur

Het model maakt gebruik van de gewaseigenschappen zoals weergegeven in Tabel 5. Daarbij is h_3_stress (kPa) de drukhoogte waarbij het desbetreffende gewas stress begint te ondervinden en $rootdepth$ (cm) de aangenomen gemiddelde worteldiepte gedurende het groeiseizoen. Interceptie wordt o.a. bepaald door de parameters "p_throughfall" en "ps", waarbij "p_throughfall" de fractie (-) van de neerslag is die de bodem bereikt en "ps" de maximale canopy storage (mm) is. De gewasfactoren (kc) variëren per maand. De maanden dat het hoofdgewas er niet staat en in plaats

daarvan er een groenbemester staat, zijn aangegeven met een "g". Voor die maanden worden vervolgens de gewaseigenschappen van de groenbemester toegepast. De TaTp_threshold is het minimale verschil tussen de cumulatieve potentiële transpiratie (Tp) en de werkelijke transpiratie (Ta) dat nodig is (trigger) om een beregeningsgift toe te passen.

De brondata die gebruikt is voor het bepalen van de gewaseigenschappen is weergegeven in Bijlage A.

Tabel 5 Eigenschappen van de verschillende gewassen/vegetatie zoals gebruikt in het model. De gewasfactoren (kc_1, kc_2, etc.) variëren per maand. De maanden in het jaar dat het hoofdgewas er niet staat en er een groenbemester staat, zijn aangegeven met een "g". Voor die maanden worden de gewaseigenschappen van de groenbemester toegepast.

Gewas/ vegetatie	h3_stress [kPa]	TaTp_threshold	rootdepth [cm]	p_throughfall [-]	ps [mm]	kc_1	kc_2	kc_3	kc_4	kc_5	kc_6	kc_7	kc_8	kc_9	kc_10	kc_11	kc_12
Graan	-500	20	72.5	0.34	0.6	g	g	g	0.7	1	1.2	1	0.6	g	g	g	g
Overig	-650	20	20	0.34	0.6	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9
Suikerbieten	-500	20	70	0.34	0.6	g	g	g	g	0.5	0.8	1.2	1.2	1.1	g	g	g
Snijmais	-450	20	60	0.34	0.8	g	g	g	g	0.5	0.9	1.3	1.2	1.2	g	g	g
Gras, tijdelijk	-650	20	20	0.34	0.6	g	g	g	1	1	1	1	1	0.9	g	g	g
Gras, blijvend	-650	20	20	0.34	0.6	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9
Natuur	-600		50	0.3	4	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9
Kale grond	-650		0	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Aardappel	-400	20	35	0.34	0.7	g	g	g	g	0.5	1	1.2	1.1	0.7	g	g	g
Boomteelt/ sierteelt	-600	20	75	0.34	2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Erwt/boon	-1375	20	55	0.34	0.6	g	g	g	0.4	0.8	1.2	1	g	g	g	g	g
Uien	-550	20	25	0.34	0.6	g	g	g	0.5	0.65	0.9	1	1	0.7	g	g	g
Groenbemester	-650		20	0.34	0.6	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9
Bloembollen	-500	20	20	0.34	0.6	g	g	g	g	0.5	0.7	1.2	1.2	1.2	g	g	g
(naald)bos	-600		100	0.2	6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Groenten	-500	20	35	0.34	0.6	g	g	g	g	0.5	0.6	0.75	0.85	1	g	g	g

3.6 Aannames

In deze studie zijn de volgende aannames gedaan:

- Beregening in het gebied vindt alleen plaats uit grondwater.
- Doordat gewassen roteren is het type gewas dat op een perceel verbouwd wordt in de praktijk door de tijd niet noodzakelijkerwijs voor ieder jaar hetzelfde. Echter, in deze studie is wel aangenomen dat voor de huidige situatie het landbouwgewas op elk perceel gedurende de modelsimulatieperiode constant is door de tijd. Dit is gedaan omdat we o.a. de effecten van gewijzigd landgebruik op de droge stofproductie en de hydrologie willen onderzoeken, waarvoor een modelsimulatie met 'referentie' landgebruik nodig is, ook wel aangeduid als de 'huidige situatie'.
- Constante gemiddelde worteldiepte.
- Doelrealisatie natuur is alleen afhankelijk van gesimuleerde grondwaterstanden en niet van andere standplaatsfactoren, zoals zuurgraad, voedselrijkdom en kwel.
- De beregeningsfrequentie is voor alle gewassen hetzelfde en is ingesteld op maximaal eens per zeven dagen. Een uitzondering hiervoor is het scenario waarin aardappels optimaal beregend worden. Daarvoor is de maximale beregeningsfrequentie eens per drie dagen.
- De trigger voor een beregeningsbeurt is het cumulatieve verschil tussen de potentiële transpiratie en werkelijke transpiratie en deze is voor alle gewassen hetzelfde en is ingesteld op 20 mm. Een uitzondering hiervoor is het scenario waarin aardappels optimaal beregend worden. Daarvoor is deze trigger 5 mm.
- De beregeningsgift per beurt is voor alle gewassen hetzelfde en is ingesteld op 25 mm.
- Beregening kan alleen plaatsvinden tijdens het irrigatieseizoen wat in deze studie gedefinieerd is van april t/m september.
- Op tijden dat het 'hoofdgewas' (op basis van de BRP 2018) er niet staat is aangenomen dat er een groenbemester staat.
- Het model houdt geen rekening met de effecten van kunstwerken (stuwen en duikers).
- De onderrand van het model bestaat uit een seizoenafhankelijke wegzijgingsflux (sinuscurve) die is gekalibreerd voor de huidige situatie. Deze wegzijgingsflux is vervolgens

ook aangenomen bij alle modelscenario's. Modelmatig betekent dit dat 'extra' grondwateraanvulling ten goede komt aan de afvoer. M.a.w., 'diepe' grondwateraanvulling als gevolg van de maatregelen wordt niet meegenomen.

- De gekozen modelconcepten zijn minder goed in staat om natschade accuraat te simuleren.
- Actuele transpiratie (T_a) is een maat voor de droge stofproductie.

4 Kalibratieresultaten hydrologisch model voor de huidige situatie

4.1 Waterbalans

De gesimuleerde waterbalans voor het stroomgebied Reusel voor de afzonderlijke jaren in de periode 2013-2020, alsmede het gemiddelde, is weergegeven in Tabel 6. De bergingsverandering (dS) is als volgt berekend:

$$dS = \text{precipitation} - \text{interception} - E_a - T_a + \text{seepage} - \text{streamflow}$$

Met daarin: Precipitation: neerslag
 Interception: interceptieverdamping
 E_a: werkelijke bodemverdamping
 T_a: werkelijke transpiratie (gewasverdamping)
 Seepage: kwel/wegzijing (negatief = wegzijing)
 Streamflow: afvoer

Zoals eerder beschreven is de berekening afkomstig uit de tweede modellaag. Omdat het dus een interne bron van water is wordt deze niet meegenomen in de vergelijking van de waterbalans.

Tabel 6 laat ook de potentiële bodemverdamping (E_p) en potentiële transpiratie (T_p) zien omdat de verdampingsreductie (T_p-T_a), in deze studie een belangrijke rol speelt: hoe groter deze reductie, des te meer stress ondervindt de vegetatie/het gewas (d.w.z. een lagere droge stofproductie).

Deze tabel laat goed zien dat de verdampingsreductie het grootste was in 2018 en 2020 (196 en 198 mm). Dit heeft ertoe geleid dat de totale irrigatiegift in deze jaren het hoogste is.

Tabel 6 Gesimuleerde waterbalans voor de jaren 2013-2020 van het gekalibreerde model voor het stroomgebied Reusel bovenstrooms van afvoerm Meetpunt 0072.

Flux	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Mean
Precipitation	757	734	722	858	752	638	764	696	740
Interception	102	108	106	112	100	81	104	94	101
E _a	9	10	11	11	10	10	10	9	10
T _a	378	406	365	402	387	394	379	357	383
Seepage	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
Streamflow	201	135	158	273	100	147	86	191	161
dS	-32	-23	-16	-38	56	-93	87	-54	-14
E _p	17	20	21	20	22	24	21	24	21
T _p	459	478	499	482	487	590	520	555	509
T _p -T _a	81	73	134	80	100	196	141	198	125
Irrigation	29	22	41	26	32	62	45	57	39

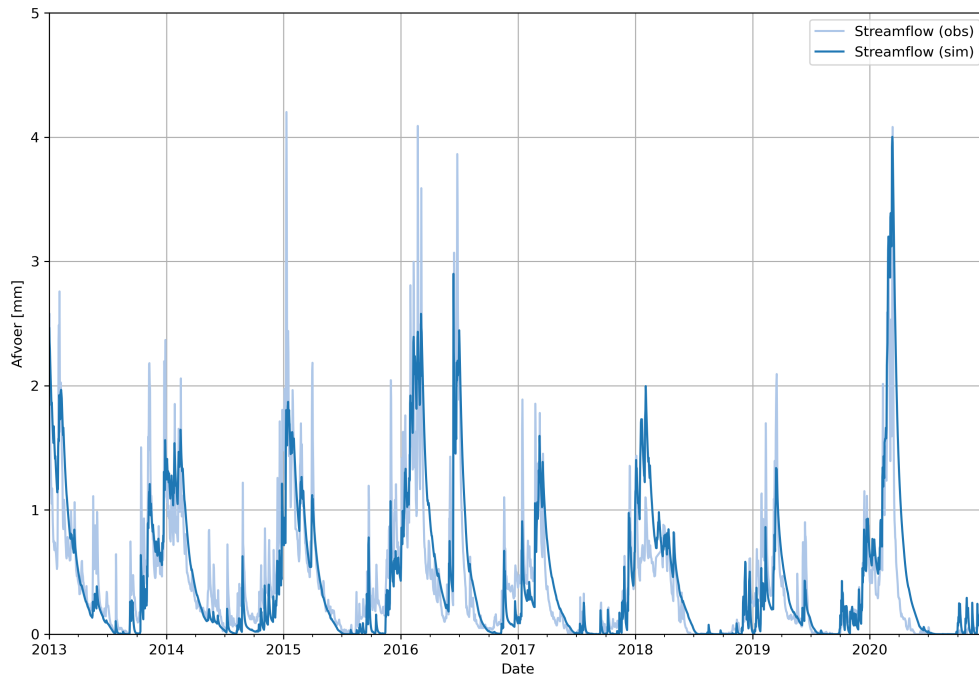
4.2 Afvoer

Figuur 28 laat de gemeten en gesimuleerde dagelijkse afvoer in mm zien voor meetpunt 0072 voor de periode 2013-2020. Desondanks dat het accuraat simuleren van de dagelijkse afvoer geen doel op zich is, lijkt het model aardig in staat om de dagelijkse afvoer te simuleren (Nash-Sutcliffe Efficiency is 0,64). De langdurige droogval van de beek in 2018 wordt ook goed gesimuleerd door het model (zie ook Figuur 32). De onderschatting van het aantal dagen droogval in 2020 kan mogelijk verklaard worden door i) een toename van het aantal beregende percelen sinds 2018 die niet in het model zitten, en/of ii) een fout (overschatting) in de gebiedsneerslag.

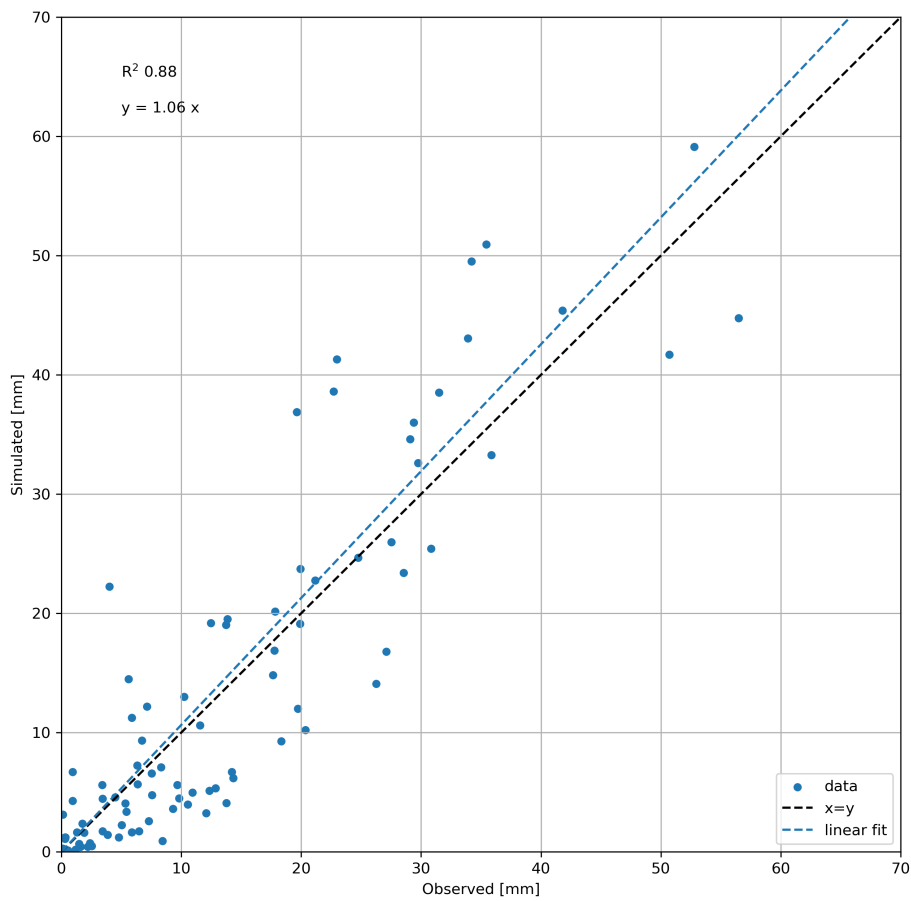
Figuur 29 laat de gemeten versus de gesimuleerde maandafvoer in mm zien voor meetpunt 0072 voor de jaren 2013 t/m 2020. De verschillen tussen de gemeten- en gesimuleerde maandafvoer zijn het grootst bij de hogere afvoeren. Met een R^2 van 0,88 en een lineaire regressie die nagenoeg op de $x=y$ lijn ligt, kunnen we concluderen dat het model redelijk goed in staat is om de maandelijkse afvoeren te simuleren. Figuur 30 laat de tijdreeks zien van de gemeten- en gesimuleerde maandafvoeren over dezelfde periode. Het is te zien dat er met name begin 2013 en begin 2014, eind 2017 en begin 2018 en in het voorjaar van 2020 een overschatting plaatsvindt van de maandafvoer.

Belangrijk voor deze studie is om te beseffen dat de mismatch met de hoge afvoeren met name optreedt in de wintermaanden en dat de focus van deze studie meer is op het irrigatieseizoen en dan met name op de lagere afvoeren, c.q. mogelijke droogval van de beek. Op basis van Figuur 29 en Figuur 30 kunnen we concluderen dat de lage maandafvoeren redelijk goed door het model gesimuleerd worden.

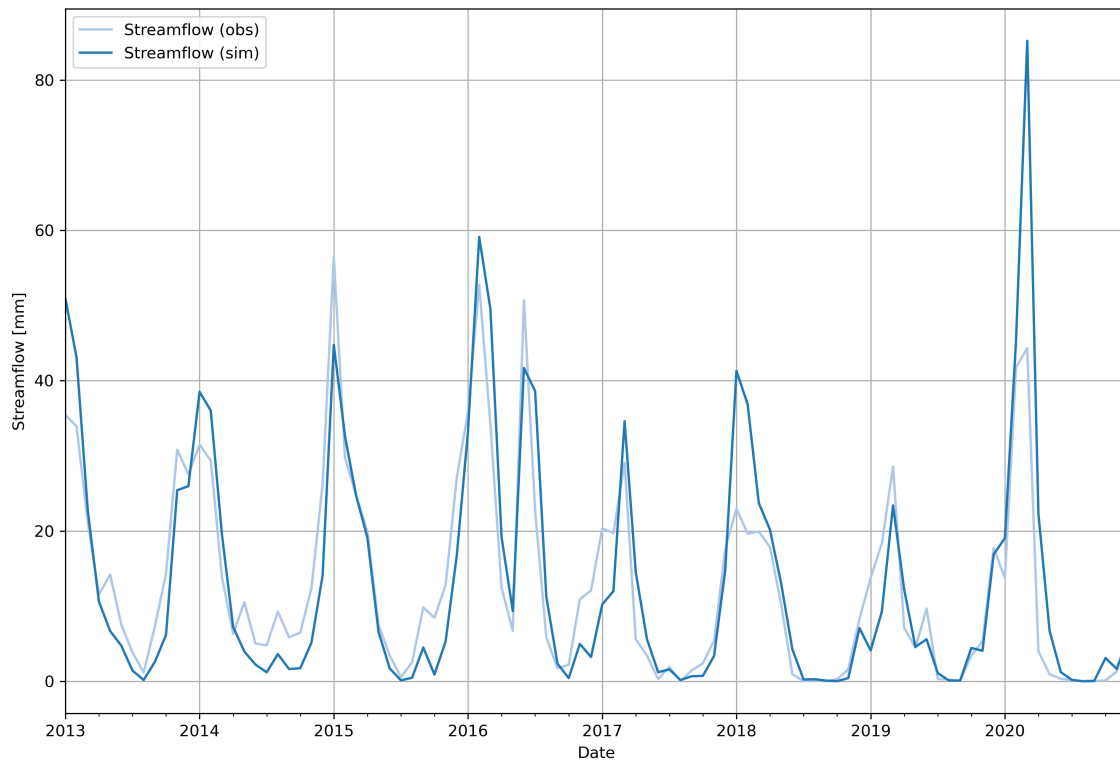
Zoals eerder aangegeven is de simulatie van de waterbudgetten belangrijk. Met andere woorden: er mag geen groot verschil ontstaan tussen de totaal gesimuleerde- en gemeten afvoer. Figuur 31 laat de cumulatieve gemeten en gesimuleerde afvoer zien voor de periode 2013-2020 voor het afvoerm Meetpunt 0072. We zien dat de cumulatieve gesimuleerde afvoer redelijk goed overeenkomt met de cumulatieve gemeten afvoer. Over een periode van 8 jaar is het verschil minder dan ca. 50 mm, wat neerkomt op een verschil van gemiddeld ca. 6 mm per jaar. T.o.v. de gemiddelde gemeten afvoer van 157 mm per jaar voor de periode 2013-2020 is dit een gemiddelde fout van 4%. Op basis hiervan kunnen we concluderen dat de gesimuleerde maandafvoer voor het doel in deze studie in voldoende mate gesimuleerd wordt.



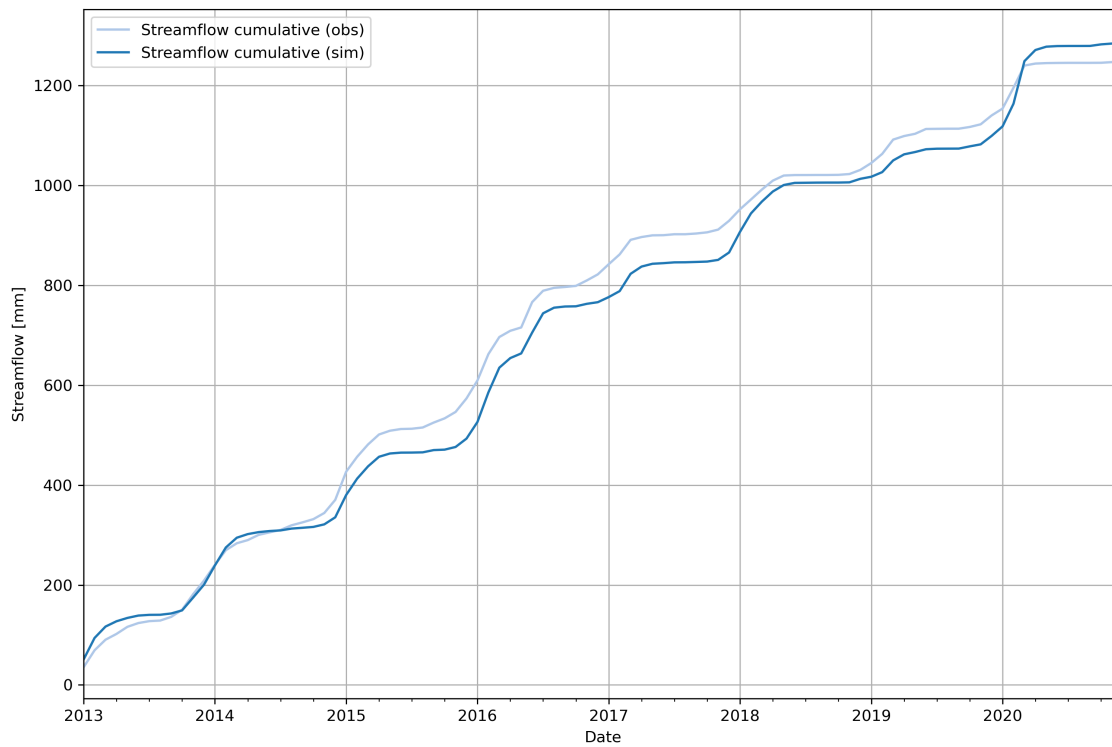
Figuur 28 Gemeten en gesimuleerde dag afvoer voor de periode 2013-2020 voor afvoerm Meetpunt 0072.



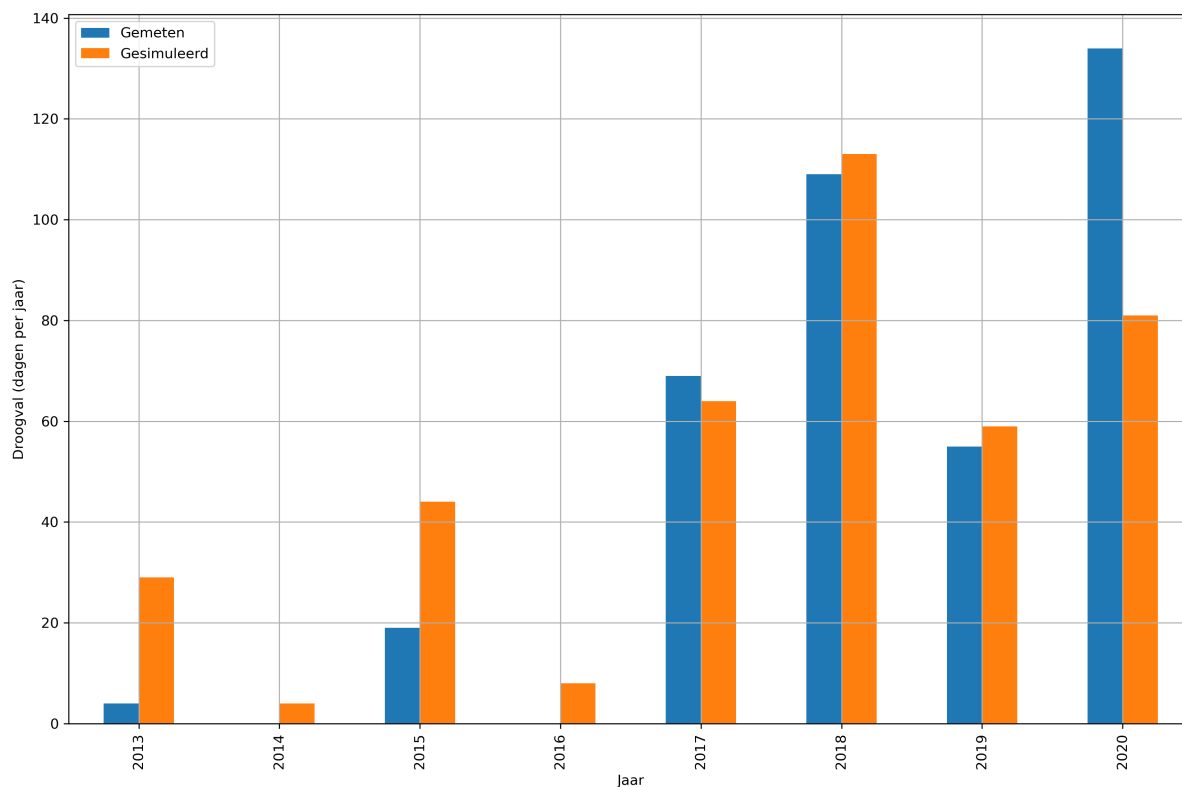
Figuur 29 Gemeten versus gesimuleerde maandelijkse afvoer voor afvoerm Meetpunt 0072 voor de periode 2013-2020.



Figuur 30 Gemeten (obs) en gesimuleerde (sim) maandelijkse afvoer voor de periode 2013-2020 voor afvoermeetpunt 0072.



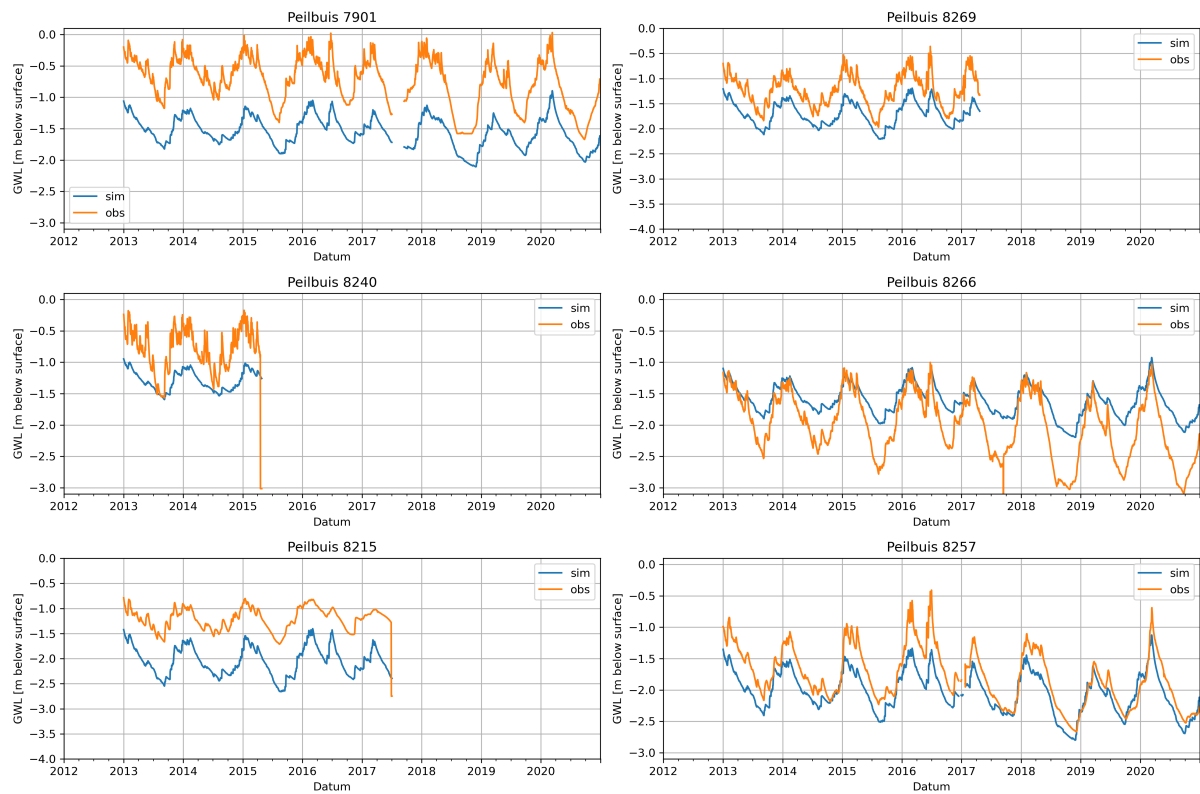
Figuur 31 Cumulatieve gemeten (obs) en gesimuleerde (sim) afvoer voor afvoermeetpunt 0072 voor de periode 2013-2020.



Figuur 32 Gemeten en gesimuleerde droogval van de beek bij afvoermeetpunt 0072.

4.3 Grondwaterstanden

De gemeten en gesimuleerde grondwaterstanden voor zes locaties zijn weergegeven in Figuur 33. Het model lijkt goed in staat om de dynamiek van het grondwaterstandsverloop te simuleren. Voor een aantal peilbuizen (met name 7901 en 8215) heeft het model moeite om de absolute waarden goed te simuleren. Dit is een resultaat wat we verwachten gezien het feit dat we geen complex 3D grondwatermodel gebruiken zoals bijvoorbeeld MODFLOW (Harbaugh et al., 2000; Langevin et al., 2017) en er geen actieve terugkoppeling bestaat vanuit het waterpeil in de beek naar de grondwaterstand. Voor deze studie is het echter relevanter om de verschillen in grondwaterstanden tussen de verschillende modelscenario's met elkaar te kunnen vergelijken. Met andere woorden: voor deze studie zijn de relatieve verschillen in grondwaterstand interessanter dan de absolute waarden hiervan. Op basis van de resultaten in Figuur 33 concluderen we dat het model hier geschikt voor is.



Figuur 33 Gemeten (obs) versus gesimuleerde (sim) grondwaterstanden op dag basis. Locaties zijn weergegeven in Figuur 18.

5 Resultaten

De effecten van alle maatregelen op de hydrologie, droge stofproductie en doelrealisatie van de natuur t.o.v. de huidige situatie zijn weergegeven in Bijlagen D, E en F. Sectie 5.1 beschrijft de hydrologie, droge stofproductie en doelrealisatie van de natuur voor de huidige situatie. Achtereenvolgend worden in Sectie 5.2, 5.3 en 5.4 de effecten van respectievelijk de teelt- en irrigatiemaatregelen, natuur- en herinrichtingmaatregelen en peilbeheermaatregelen beschreven.

5.1 Huidige situatie

5.1.1 Hydrologie

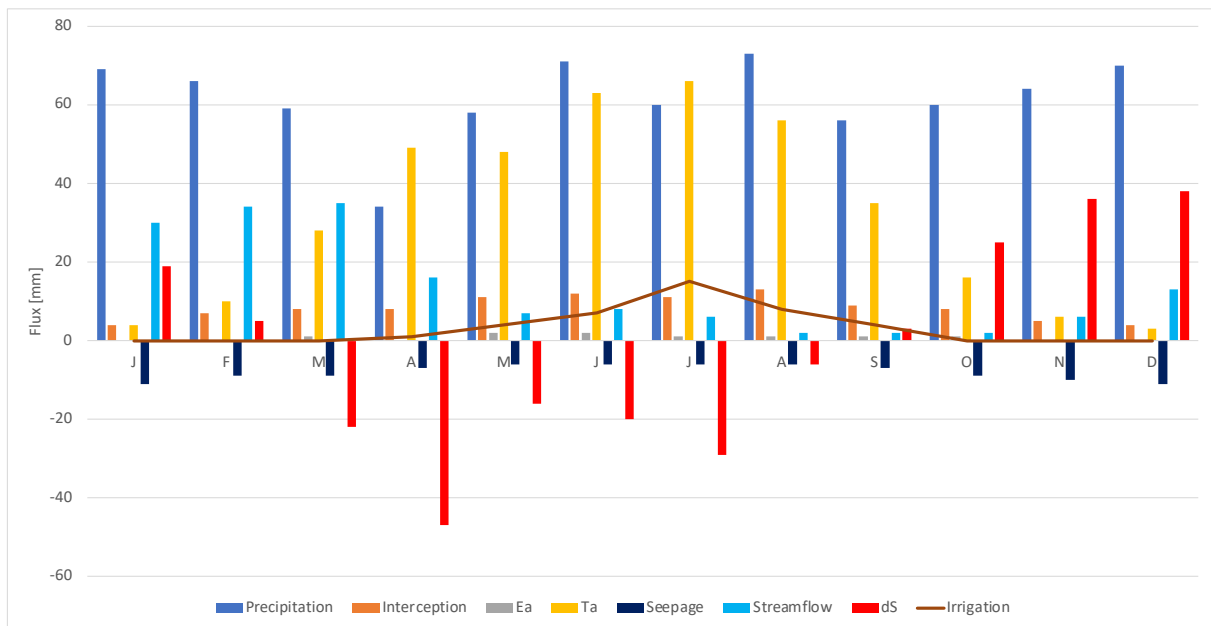
5.1.1.1 Jaarbasis

De hydrologie van de huidige situatie is al grotendeels beschreven in Sectie 4. Op jaarbasis valt er gemiddeld 740 mm aan neerslag waarvan 494 mm verdamppt (101 mm interceptie, 10 mm bodemverdamping en 383 mm transpiratie), 161 mm het gebied verlaat via afvoer en 99 mm het gebied verlaat via wegzijging. Dit resulteert gemiddeld in een bergingsverandering (dS) van -14 mm, wat betekent dat er netto meer water het gebied verlaat dan dat er inkomt. Deze negatieve balans kan worden bevestigd door de dalende trend van de grondwaterstanden (Figuur 33).

Het extreem droge jaar 2018 laat de grootste negatieve bergingsverandering zien (-93 mm). Dit wordt veroorzaakt doordat dit het jaar is met de laagste neerslagsom en de hoogste Makkink referentiegewasverdamping (Figuur 16). Door de hoge Makkink referentiegewasverdamping (die in combinatie met de gewasfactoren leidt tot een hogere potentiële verdamping) en het feit dat er beregend wordt (62 mm), blijft de transpiratie (T_a) voor dit jaar met 394 mm hoog. De berekening lijkt met 62 mm aan de lage kant, maar dat komt omdat het een stroomgebiedsgemiddelde betreft en 54% van het gebied is niet beregend (Tabel 1).

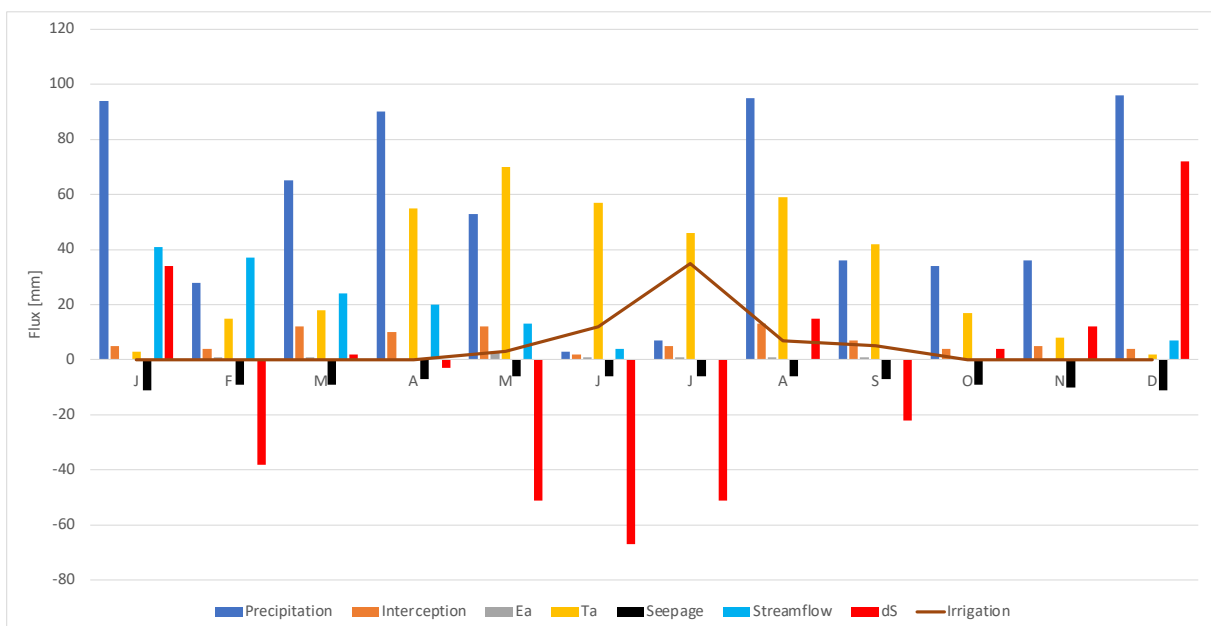
5.1.1.2 Maandbasis

Figuur 34 laat de gesimuleerde waterbalans per maand zien gemiddeld over de periode 2013-2020, terwijl Figuur 35 de gesimuleerde waterbalans per maand voor het jaar 2018 laat zien. Door de toename van de Makkink referentiegewasverdamping neemt het potentieel neerslagtekort over de zomermaanden toe voor de gemiddelde situatie (2013-2020). Dit resulteert in een toename van met name de transpiratie en deels de interceptieverdamping over deze periode. Gemiddeld gezien (Figuur 34) betekent dit dat er vanaf maart een tekort ontstaat (bergingsverandering is negatief, d.w.z. berging neemt af): het totaal aan verdamping, afvoer en wegzijging is groter dan de neerslag. Gemiddeld duurt dit tekort tot en met augustus. Dit is een situatie die kenmerkend is voor het klimaat in Nederland.



Figuur 34 Gesimuleerde gebiedswaterbalans per maand, gemiddeld over de periode 2013-2020.

Het beeld voor 2018 is extremer: voor dit jaar is er gedurende de maanden juni en juli nauwelijks neerslag in tegenstelling tot de gemiddelde situatie. De transpiratie blijft dankzij berekening niet achter op de gemiddelde situatie waardoor de beekafvoer (streamflow) gereduceerd wordt tot nul (droogval). Het model simuleert in totaal 113 dagen aan beek droogval (tegenover 109 dagen gemeten droogval, Figuur 32). Gedurende de maanden zonder neerslag zien we dat de tekorten flink toenemen: in juni is de bergingsverandering ca. -65 mm.

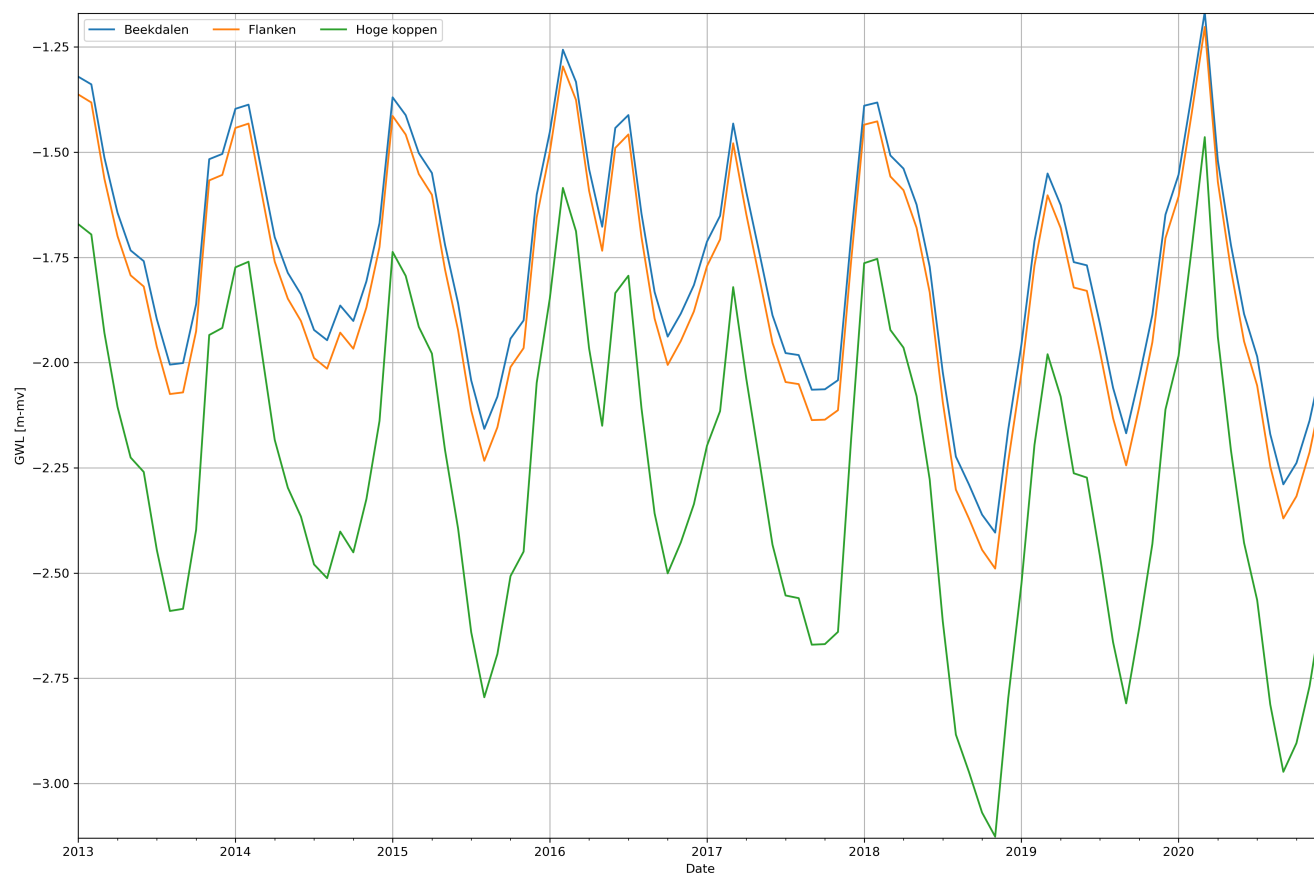


Figuur 35 Gesimuleerde gebiedswaterbalans per maand voor 2018.

5.1.1.3 Grondwaterstanden

De gemiddelde gesimuleerde grondwaterstand per gebiedstype en per maand en jaar is weergegeven in Figuur 36. Kenmerkend hierin zijn de grondwaterstanden op de hoge koppen die ten opzichte van maaiveld een stuk lager zijn dan in de beekdalen en op de flanken. Het extreem droge jaar 2018 is hierin goed zichtbaar met een grondwaterstand die flink uitzakt en minder goed herstelt in het voorjaar van het daaropvolgende jaar 2019. In 2018 is er meer dan een meter verschil

tussen de grondwaterstand in het beekdal en de grondwaterstand op de hoge koppen. De natte juni maand van 2016 is goed zichtbaar als een piek in de grondwaterstand voor die maand.



Figuur 36 Gesimuleerde grondwaterstanden per maand en jaar, gemiddeld over de gebiedstypen beekdalen, flanken en hoge koppen.

5.1.2 Droge stofproductie en berekening

Tabel 33 in Bijlage B laat voor de huidige situatie per gebiedstype, gewas en een gemiddeld, droog (2018) en nat jaar (2016) de hoeveelheid berekening en droge stofproductie zien, waarbij aangenomen is dat de werkelijke transpiratie (T_a) een maat is voor de droge stofproductie. Om de effecten van zowel de scenario's als de droge en natte jaren op de droge stofproductie te kwantificeren, is er per gewas gekeken hoe de T_a zich verhoudt tot de gemiddelde T_a van dat gewas (Tabel 7) voor de huidige situatie over het hele stroomgebied en alle jaren. Al hoewel Tabel 33 alle beregende gewassen bevat, richten we ons met de beschrijving met name op de beregende gewassen die het grootste areaal innemen, te weten aardappel, grasland en snijmaïs.

Tabel 7 Gemiddelde transpiratie (T_a) in mm van de beregende gewassen voor de huidige situatie over het gehele gebied over de jaren 2013-2020. Transpiratie is in deze studie aangenomen als proxy voor de drogestofproductie.

Gewas	Gemiddelde T_a [mm]
Aardappel	286
Gras, blijvend	450
Gras, tijdelijk	371
Groenten	226
Snijmaïs	329
Suikerbieten	332

5.1.2.1 Aardappel

De aardappel heeft in de huidige situatie de hoogste droge stofproductie in de beekdalen en een mindere productie op de flanken en hoge koppen. Opgemerkt moet worden dat dit een resultaat is waarbij de effecten van natschade niet zijn onderzocht omdat het model moeite heeft dit goed te simuleren. Over het gemiddelde van de jaren is de droge stofproductie van aardappel lager dan voor het natte jaar 2016 en het droge jaar 2018. Voor 2018 komt dit door de hogere Tp en hogere beregeningsgift en voor 2016 komt dit door minder droogtestress als gevolg van de hogere neerslagsom voor dat jaar. In de praktijk verwachtten we echter dat de aardappel in de zomer van 2016 natschade heeft ondervonden, een proces dat (nog) niet goed door HydroGap gesimuleerd kan worden. We zien dat de beregening op de flanken en hoge koppen ongeveer 1 beurt meer is dan in de beekdalen. Dit geldt voor het gemiddelde, 2016 en 2018. Een belangrijke conclusie is dat ondanks 2018 extreem droog is, met beregening de agrariër in staat is om toch een bovengemiddelde droge stofproductie te realiseren, ook op de hoge koppen.

5.1.2.2 Gras, blijvend

Evenals bij aardappels is de droge stofproductie voor blijvend grasland in de huidige situatie het hoogst in de beekdalen, gevolgd door een lagere productie op de flanken en de hoge koppen. Ook hier geldt dat door de hogere Tp en hogere beregeningsgift de droge stofproductie in 2018 hoger is dan gemiddeld. De productie op de flanken en hoge koppen is vrijwel aan elkaar gelijk. Op de flanken en hoge koppen worden voor een gemiddeld en een extreem droog jaar ongeveer 1,5-2,0 meer beregeningsgiften gegeven t.o.v. de beekdalen. Uit de modelresultaten volgt dat ook voor blijvend grasland geldt dat bij een extreem droog jaar zoals 2018 een bovengemiddelde droge stofproductie te behalen valt, wat dan 1,5 tot 2 extra beregeningsbeurten kost t.o.v. een gemiddeld jaar.

Van de drie beschreven gewassen vraagt gras het meeste aan beregening. Op de flanken en hoge koppen is dit voor het jaar 2018 grofweg 0,5-1,0 extra beregeningsbeurten t.o.v. aardappels en 1 extra beregeningsbeurt t.o.v. snijmaïs.

5.1.2.3 Snijmaïs

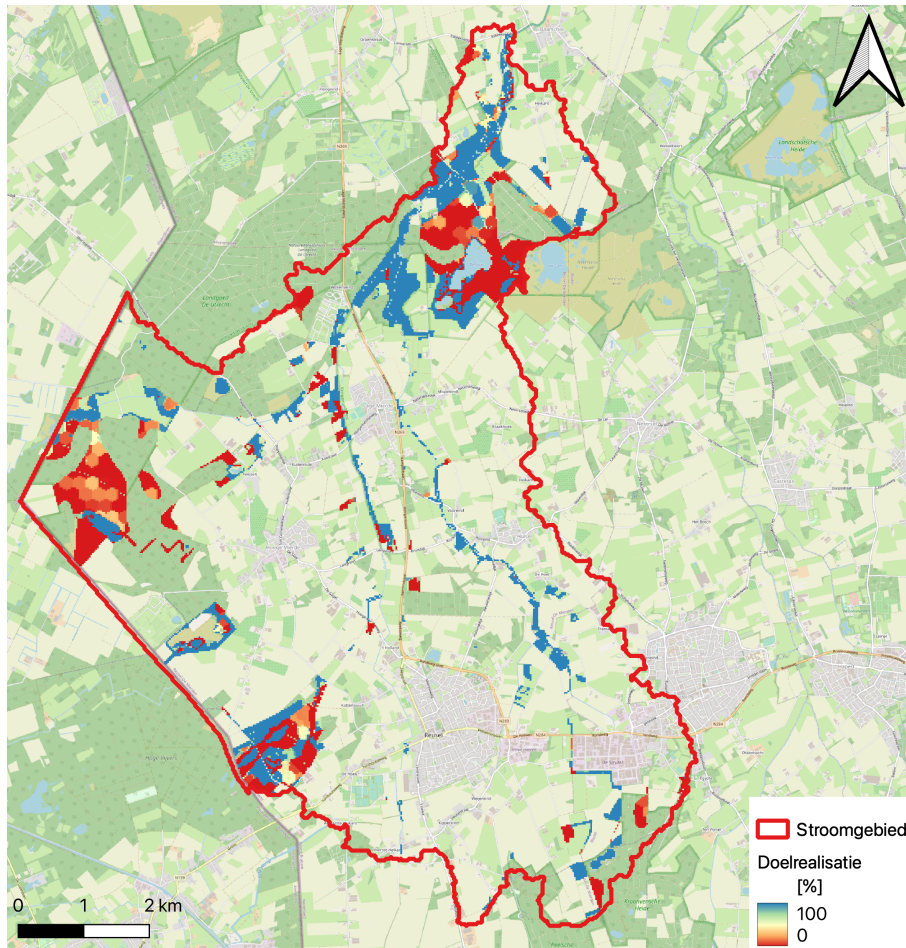
Snijmaïs laat over het algemeen hetzelfde patroon zien als aardappels en blijvend grasland. Snijmaïs lijkt op de hoge koppen een lichte achteruitgang in de droge stofproductie te vertonen t.o.v. de flanken. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de worteldiepte van snijmaïs, die met 60 cm meer dan twee keer zoveel is als bij aardappels en gras: de worteldiepte van gras en aardappels reikt niet ver genoeg om van de ondiepere grondwaterstand op de flanken te profiteren, waardoor er voor deze gewassen nauwelijks verschillen zijn tussen de productie op de flanken en hoge koppen. De snijmaïs kan hier beter van profiteren, maar de wortels reiken onvoldoende ver om eenzelfde productie op de hoge koppen te behalen door de diepere grondwaterstand daar. Volgens de modelresultaten kan ook voor snijmaïs geconcludeerd worden dat met extra beregening in een droog jaar zoals 2018 een bovengemiddelde droge stofproductie behaald kan worden.

5.1.3 Doelrealisatie natuur

Figuur 10 en Figuur 11 laten zien dat het overgrote deel van Reusel Bovenstroom uit natuurbeheertypen bestaat dat geen of lage eisen stelt aan de grondwaterstand. Op basis van de door het model gesimuleerde grondwaterstand en de daaruit afgeleide GHG, GVG, GLG en GG is de doelrealisatie van de grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie bepaald (Figuur 37). Gebieden waar geen doelrealisatie berekend is zijn gebieden zonder natuur of natuurgebieden die grondwateronafhankelijk zijn (waar de doelrealisatie dus 100% is) of gebieden met watervegetatie.

Op basis van Figuur 37 zien we dat voor het overgrote deel de doelrealisatie 100% is en dan met name in de beekdalen. Op de flanken in het noorden, westen en zuidwesten is voor een aantal natuurbeheertypen de doelrealisatie 0%. Het gaat hier om de natuurbeheertypen vochtig bos met

productie (N16.04), vochtige heide (No6.04), vochtig hooiland (N10.02), kruiden- en faunarijck grasland (N12.02) en nat schraalland (N10.01). Tabel 8 laat gemiddeld per gebiedstype en natuurwaarde de doelrealisatie zien. Deze tabel laat zien dat de natuur met lage natuurwaarden het in de beekdalen goed doet. Voor de hoge natuurwaarden (4 en 5) is de doelrealisatie 0% of laag. De doelrealisatie voor natuurbeheertypen met een natuurwaarde van 4 is overal 0% en die van natuurbeheertypen met natuurwaarde 5 is 11% in de beekdalen en 45% op de flanken. Op de hoge koppen komt deze natuurwaarde niet voor. De doelrealisatie van natuurbeheertypen met natuurwaarden 1 en 2 is op de hoge koppen met respectievelijk 34 en 37% lager dan op de flanken met respectievelijk 45 en 63%.

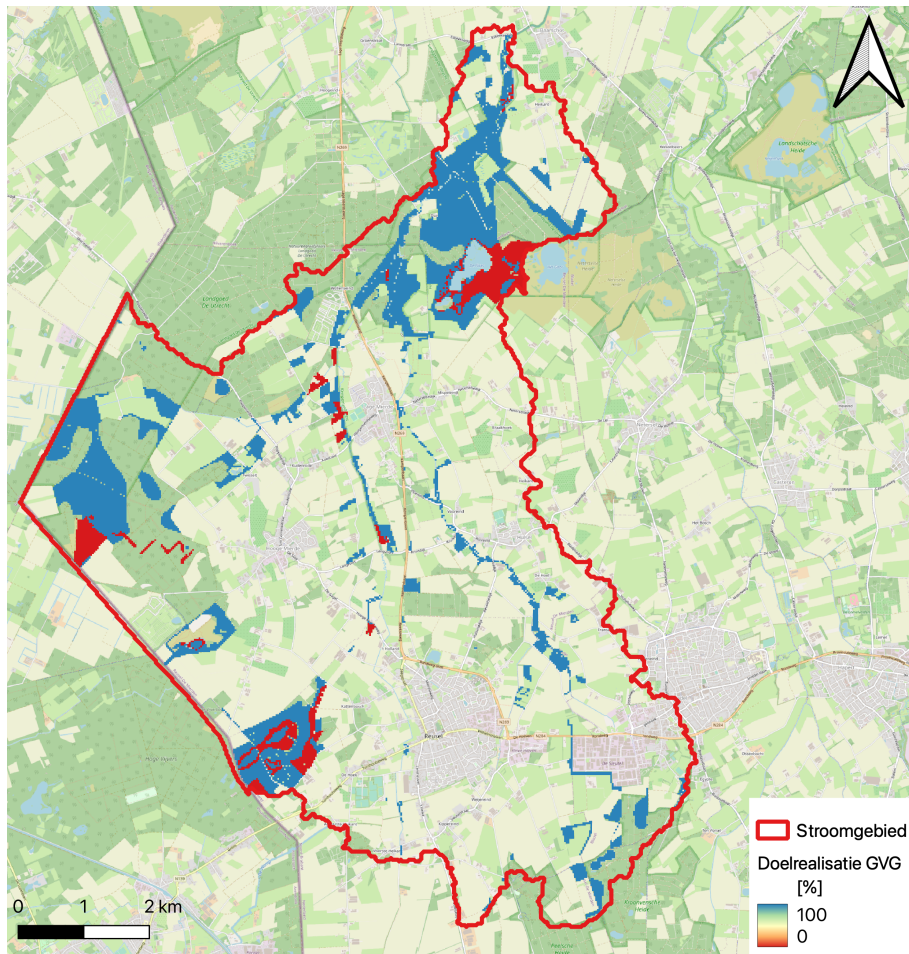


Figuur 37 Totale doelrealisatie [%] grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie (waterhuishouding).

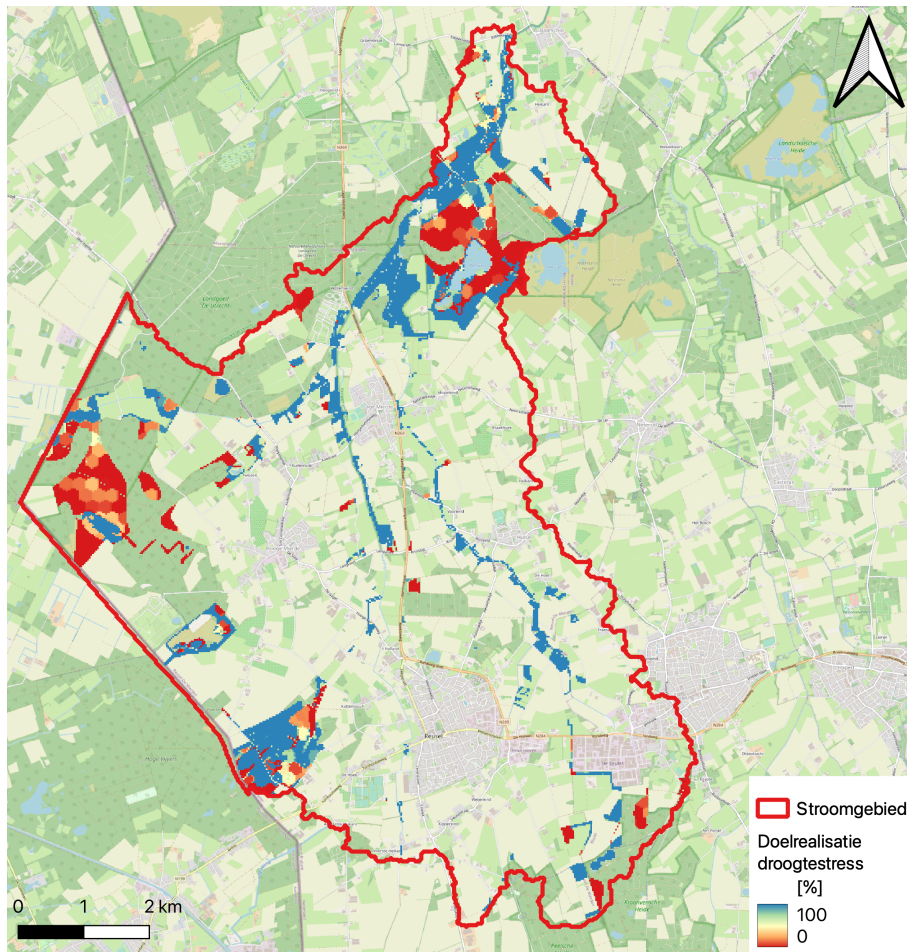
Tabel 8 Totale doelrealisatie [%] van grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie, gemiddeld per gebiedstype en natuurwaarde (Tabel 2).

Type	Natuurwaarde	Doelrealisatie
Beekdalen	1	88
Beekdalen	2	93
Beekdalen	3	95
Beekdalen	4	0
Beekdalen	5	11
Flanken	1	45
Flanken	2	63
Flanken	3	84
Flanken	4	0
Flanken	5	45
Hoge koppen	1	34
Hoge koppen	2	37
Hoge koppen	3	100
Hoge koppen	4	0

Waarom de doelrealisatie van 100% op bepaalde locaties niet gehaald wordt is weergegeven in Figuur 38 en Figuur 39. De doelrealisatie op basis van de GLG is nagenoeg overal 100% en is daarom niet weergegeven. Op basis van onderstaande twee figuren kunnen we concluderen dat een te lage GVG en droogtestress de oorzaak is van de lage doelrealisatie op bepaalde plekken. Droogtestress is hier gedefinieerd als het aantal dagen per jaar dat een zuigspanning van -12000 cm in de wortelzone wordt onderschreden (Witte et al., 2018). Figuur 41 en Figuur 42 in Bijlage C laten het doelgat GVG en doelgat droogtestress zien. Hieruit blijkt dat de GVG op sommige plekken 1,0-1,6 m omhoog moet om de 100% doelrealisatie te halen en dat de droogtestress met 10-20 dagen verminderd moet worden om de 100% doelrealisatie hiervoor te halen.



Figuur 38 Doelrealisatie [%] op basis van GVG voor grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie.



Figuur 39 Doelrealisatie [%] op basis van droogtestress voor grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie.

5.2 Teelt- en irrigatiemaatregelen

5.2.1 Hydrologie

Om de effecten op de hydrologie te kwantificeren is gekeken naar de effecten van de maatregelen op de gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar, gebaseerd op het gemiddelde van maart en april⁹ en de laagste grondwaterstand gedurende de maanden april-september. De effecten op de afvoer zijn gekwantificeerd op basis van de totale jaarafvoer, de afvoer gedurende het beregeningsseizoen april-september en het aantal dagen droogval per jaar. Dezelfde aanpak is gedaan voor de andere maatregelen beschreven in Secties 5.3 en 5.4.

Tabel 9 laat per gebiedstype en voor een gemiddeld-, droog- (2018) en nat jaar (2016) het effect van de teelt- en irrigatiemaatregelen zien op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april en de laagste grondwaterstand gedurende april-september. De eerste conclusie die we hieruit kunnen trekken is dat de doorgerekende teelt- en irrigatiemaatregelen geen of nauwelijks effect hebben op de voorjaarsgrondwaterstand.

⁹ Deze berekening is anders dan bij de aangenomen berekening van de GVG voor de WWN-simulaties.

Tabel 9 Effect van verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april en de laagste grondwaterstand gedurende april-september. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Eenheden huidige zijn in m-mv en verschillen zijn weergegeven in m. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect.

Scenario	Type	Jaar	Huidig, mrt-apr	Vershil, mrt-apr	Huidig, apr-sep	Vershil, apr-sep
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	-0.03	-2.09	-0.14
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0	-2.09	-0.04
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0	-2.09	-0.02
Huidig, geen berekening	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.02	-2.09	0.15
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gemiddeld	-1.57	-0.03	-2.17	-0.15
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0	-2.17	-0.04
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0	-2.17	-0.02
Huidig, geen berekening	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.02	-2.17	0.16
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	-0.04	-2.71	-0.19
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0	-2.71	-0.05
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0	-2.71	-0.02
Huidig, geen berekening	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.02	-2.71	0.21
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2018	-1.52	-0.01	-2.29	-0.22
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2018	-1.52	0	-2.29	-0.1
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2018	-1.52	0	-2.29	-0.03
Huidig, geen berekening	Beekdalen	2018	-1.52	0.01	-2.29	0.28
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2018	-1.57	-0.01	-2.37	-0.23
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2018	-1.57	0	-2.37	-0.1
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2018	-1.57	0	-2.37	-0.03
Huidig, geen berekening	Flanken	2018	-1.57	0.01	-2.37	0.29
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2018	-1.94	-0.02	-2.97	-0.3
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2018	-1.94	0	-2.97	-0.13
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2018	-1.94	0.01	-2.97	-0.04
Huidig, geen berekening	Hoge koppen	2018	-1.94	0.01	-2.97	0.37
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2016	-1.44	-0.01	-1.83	-0.05
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2016	-1.44	0	-1.83	-0.01
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2016	-1.44	0	-1.83	0.01
Huidig, geen berekening	Beekdalen	2016	-1.44	0.01	-1.83	0.07
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2016	-1.48	-0.01	-1.9	-0.05
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2016	-1.48	0	-1.9	-0.01
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2016	-1.48	0	-1.9	0.01
Huidig, geen berekening	Flanken	2016	-1.48	0.01	-1.9	0.07
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2016	-1.83	-0.01	-2.36	-0.06
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2016	-1.83	0	-2.36	-0.01
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2016	-1.83	0	-2.36	0.02
Huidig, geen berekening	Hoge koppen	2016	-1.83	0.01	-2.36	0.09

De enige maatregel die tot een verhoging van de laagste grondwaterstand gedurende april-september leidt is geen berekening. Dit effect is zichtbaar voor alle jaren en gebiedstypen en is groter op de hoge koppen dan in de beekdalen en groter in een extreem droog jaar (2018) dan in een nat jaar (2016). Deze maatregel kan in een extreem droog jaar zoals 2018 gedurende april-september leiden tot een verhoging van de laagste grondwaterstand van 0,37 m op de hoge koppen. De effecten van deze maatregel zijn gering (enkele centimeters) gedurende een nat jaar zoals 2016.

De maatregel met 1/6 rotatieteelten voor de veehouder met het diep wortelende gewas Luzerne zorgt voor de grootste verlaging van de laagste grondwaterstand gedurende april-september. Omdat al deze gewassen beregend worden en dit ook het geval is bij de 1/6 rotatieteelten voor de akkerbouwer waar de grondwaterstandsvaling beperkter is, is deze grotere grondwaterstandsvaling niet te wijten aan de uitbreiding van het beregende areaal, maar aan het waterverbruik van Luzerne. Dit gewas kan met zijn diep wortelstelsel (150 cm) veel water opnemen en transpireren (688 mm per jaar t.o.v. 401 mm per jaar voor tijdelijk grasland (zie Sectie 5.2.2.5 en Tabel 16)). In het extreem droge jaar 2018 leidt dit tot een verlaging van 0,30 m op de hoge koppen en 0,22 m in de beekdalen. Voor een gemiddeld jaar zijn deze effecten kleiner en voor het natte jaar 2016 beperkt.

De maatregelen waarbij 25% van het gebied bestaat uit aardappels die optimaal worden beregend (intensivering aardappelteelt) en 25% van het gebied bestaat uit niet-beregend graan, leidt niet of nauwelijks tot een verlaging van de laagste grondwaterstand. Het areaal aardappels is hierbij gebiedsbreed (alleen BRP-percelen) vergroot van 15 naar 25% en het areaal graan is vergroot van 3

naar 25%. Hieruit kunnen we concluderen dat een groot areaal niet-beregend graan in de teeltplannen moet worden opgenomen om aardappelteelt te kunnen intensiveren, zonder significante daling van de laagste grondwaterstand als gevolg.

De 1/6 rotatieteelten voor de akkerbouwer leidt met name gedurende het extreem droge jaar 2018 tot een verlaging van de laagste grondwaterstand (ca. 10 cm) gedurende april-september. Dit heeft te maken met het feit dat deze gewassen bij deze 1/6 rotatieteelt-maatregel allemaal beregend worden terwijl dit in de huidige situatie niet het geval was: het totale beregende areaal neemt toe van 2678 ha naar 3980 ha (49% toename).

Tabel 10 Afvoerstatistieken van de verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen. Eenheden van afvoer zijn mm. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Afvoer totaal is de totale afvoer op jaarbasis, terwijl afvoer apr-sep de totale afvoer is gedurende april t/m september.

Scenario	Jaar	Afvoer totaal	Afvoer apr-sep	Dagen droogval	Totaal verschil	Apr-sep verschil	Dagen droogval verschil
3xgras_aard_maïs_luzerne	Gemiddeld	140	34	75	-22	-6	25
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Gemiddeld	161	42	58	0	2	8
Aardappel en graan 25%, optimaal	Gemiddeld	165	39	54	4	0	4
Huidig, beregening	Gemiddeld	161	40	50	0	0	0
Huidig, geen beregening	Gemiddeld	184	45	18	23	5	-32
3xgras_aard_maïs_luzerne	2018	130	34	123	-18	-4	10
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	2018	151	42	116	4	4	3
Aardappel en graan 25%, optimaal	2018	153	39	114	5	1	1
Huidig, beregening	2018	147	38	113	0	0	0
Huidig, geen beregening	2018	164	42	73	16	4	-40
3xgras_aard_maïs_luzerne	2016	245	112	31	-28	-11	23
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	2016	277	128	12	4	6	4
Aardappel en graan 25%, optimaal	2016	273	119	0	0	-4	-8
Huidig, beregening	2016	273	122	8	0	0	0
Huidig, geen beregening	2016	296	128	0	23	6	-8

Tabel 10 laat de effecten van de teelt- en irrigatiemaatregelen zien op een aantal afvoerstatistieken voor het benedenstroomse meetpunt 0072. Deze resultaten zijn sterk gecorreleerd aan de effecten op de laagste grondwaterstand gedurende april-september die hiervoor werden beschreven: geen beregening heeft het meest positieve effect op de afvoer en de 1/6 rotatieteelt voor de veehouder met luzerne heeft het meest negatieve effect op de afvoer. Geen beregening leidt tot 40 dagen minder droogval t.o.v. de huidige situatie in het extreem droge jaar 2018. Voor een gemiddeld en nat jaar is dit respectievelijk 32 en 8 dagen minder droogval. De 1/6 rotatieteelt voor de veehouder met luzerne zorgt voor 25, 10 en 23 dagen meer droogval voor respectievelijk een gemiddeld, droog en nat jaar. Dat dit effect in het extreem droge jaar 2018 kleiner is dan in een gemiddeld jaar komt doordat de beek in de huidige situatie van 2018 al 113 dagen droogvalt, waardoor er weinig ruimte is om dit nog 'erger' te maken, m.a.w. er valt weinig nog meer te verliezen.

5.2.2 Droge stofproductie en beregening

5.2.2.1 Aardappel

Tabel 11 laat het effect van de verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van aardappel. Omdat de verschillen in droge stofproductie bepaald zijn t.o.v. het langjarige gemiddelde van aardappels over het gehele gebied voor de huidige situatie is het van belang om te kijken naar de verschillen voor de huidige situatie t.o.v. dit langjarige gemiddelde.

Tabel 11 Effect van verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen op de beregening en droge stofproductie van aardappel.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	60	5%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gemiddeld	0	-9%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gemiddeld	96	16%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gemiddeld	64	4%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gemiddeld	64	4%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	85	-3%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gemiddeld	0	-24%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gemiddeld	135	12%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gemiddeld	81	-2%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gemiddeld	83	-2%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	78	-2%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	0	-22%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gemiddeld	131	13%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gemiddeld	78	-2%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gemiddeld	76	-1%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	118	13%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2018	0	-17%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2018	180	34%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2018	123	11%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2018	122	12%
Huidig, beregening	Flanken	2018	145	5%
Huidig, geen beregening	Flanken	2018	0	-35%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2018	219	30%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2018	141	6%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2018	143	6%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	137	6%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2018	0	-33%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2018	213	31%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2018	138	6%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2018	133	7%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	24	12%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2016	0	6%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2016	46	17%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2016	28	10%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2016	26	11%
Huidig, beregening	Flanken	2016	46	3%
Huidig, geen beregening	Flanken	2016	0	-9%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2016	86	12%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2016	42	5%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2016	43	4%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	39	5%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2016	0	-4%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2016	77	14%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2016	40	5%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2016	39	6%

Op basis van bovenstaande tabel kunnen we concluderen dat beide 1/6 rotatieteelt maatregelen niet of nauwelijks een effect hebben op de droge stofproductie van aardappel in vergelijking met de huidige situatie. De maatregel waarbij aardappels optimaal beregend worden zorgt voor een verhoogde droge stofproductie. Dit effect is het grootst gedurende het extreem droge jaar 2018 en op de hoge koppen: een toename van ca. 25% (31% min 6%). Ook in de beekdalen wordt in 2018 de droge stofproductie met deze maatregel verhoogd met ca. 20% t.o.v. de huidige situatie. De maatregel geen beregening heeft een negatief effect op de droge stofproductie van aardappelen, waarbij dit effect het meest negatief is in 2018 en erger is op de flanken en hoge koppen dan in de beekdalen. T.o.v. de huidige situatie zien we in 2018 een afname in droge stofproductie van ca. 40% op de flanken en hoge koppen en een afname van 30% in de beekdalen. Voor een gemiddeld jaar is deze afname ca. 20% op de flanken en hoge koppen tegenover 15% in de beekdalen.

De enige maatregel die voor flink meer beregening zorgt is de maatregel waarin de aardappel optimaal beregend wordt. In de meest extreme variant gaat de totale beregeningsgift in 2018 op de hoge koppen omhoog van 137 naar 213 mm, wat neerkomt op ca. 3 extra beregeningsbeurten. De extra giften zijn minder voor een gemiddeld en nat jaar, alsmede de beekdalen.

5.2.2.2 Gras

Tabel 12 en Tabel 13 laten het effect van de verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van respectievelijk blijvend- en tijdelijk grasland zien. De effecten op tijdelijk grasland zijn meegenomen omdat blijvend grasland niet voorkomt bij de twee 1/6 rotatieteelt maatregelen. Evenals bij aardappel zien we dat de twee 1/6 rotatieteelten niet of nauwelijks een effect hebben op de droge stofproductie van tijdelijk grasland t.o.v. de huidige situatie. Ook de maatregel waarbij de aardappel optimaal wordt beregend heeft niet of nauwelijks een effect op de droge stofproductie van blijvend grasland.

Tabel 12 Effect van verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen op de beregening en droge stofproductie van blijvend grasland.

Scenario	Type	Gewas	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	71	5%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	0	-4%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	73	5%
Huidig, beregening	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	115	-3%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	0	-21%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	116	-3%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	111	-2%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	0	-21%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	109	-2%
Huidig, beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	118	12%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	0	-7%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	120	12%
Huidig, beregening	Flanken	Gras, blijvend	2018	160	4%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, blijvend	2018	0	-26%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gras, blijvend	2018	160	4%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	156	5%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	0	-26%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	153	5%
Huidig, beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	40	6%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	0	2%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	39	6%
Huidig, beregening	Flanken	Gras, blijvend	2016	77	-1%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, blijvend	2016	0	-11%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gras, blijvend	2016	78	-2%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	69	-1%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	0	-11%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	66	-1%

De enige teelt- en irrigatiemaatregel die de droge stofproductie van blijvend grasland doet afnemen is geen beregening. Voor 2018 zien we op de hoge koppen en de flanken een forse afname van ca. 30% t.o.v. de huidige situatie, terwijl dit ca. 20% is in de beekdalen. Voor een gemiddeld jaar is deze afname ca. 20% voor de hoge koppen en flanken tegenover 10% voor de beekdalen. Voor het natte jaar 2016 is de afname in droge stofproductie beperkter met ca. 10% voor de hoge koppen en de flanken tegenover ca. 5% in de beekdalen.

De maatregel waarbij de aardappel optimaal beregend wordt heeft geen invloed op de beregening van grasland. Over het algemeen lijken de twee 1/6 rotatieteelten in de beekdalen en de flanken tot een lagere beregeningsgift te leiden.

Tabel 13 Effect van verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen op de beregening en droge stofproductie van tijdelijk grasland.

Scenario	Type	Gewas	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	98	3%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	77	7%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	87	5%
Huidig, beregening	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	129	-5%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	116	-2%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	117	-2%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	99	2%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	104	1%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	109	0%
Huidig, beregening	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	143	12%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	124	15%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	134	13%
Huidig, beregening	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	174	5%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	161	7%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	161	7%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	154	9%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	151	9%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	155	8%
Huidig, beregening	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	71	4%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	43	10%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	49	8%
Huidig, beregening	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	97	-2%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	80	1%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	79	1%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	50	7%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	61	5%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	65	3%

5.2.2.3 Snijmaïs

Tabel 14 laat het effect van de verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van snijmaïs. Met uitzondering van de maatregel geen beregening heeft geen van de teelt- en irrigatiemaatregelen een negatief effect op de droge stofproductie van snijmaïs t.o.v. de huidige situatie. M.a.w., er ontstaat geen concurrentie om het beschikbare water dat nodig is voor droge stofproductie. Geen beregening in het gebied leidt tot een forse vermindering van de droge stofproductie voor snijmaïs. Dit effect is evenals bij de andere gewassen het grootste op de hoge koppen en de flanken en het extreem droge jaar 2018. In 2018 zien we een afname in droge stofproductie van ca. 35% op de hoge koppen en de flanken tegenover ca. 26% in de beekdalen. Voor een gemiddeld jaar is deze afname ca. 20% op de hoge koppen en de flanken tegenover ca. 12% in de beekdalen. Voor het natte jaar 2016 is deze afname ca. 15% op de hoge koppen en de flanken tegenover ca. 9% in de beekdalen.

Met uitzondering van de geen beregening maatregel lijkt geen van de teelt- en irrigatiemaatregelen significant voor meer- of minder beregening bij snijmaïs te leiden.

Tabel 14 Effect van verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen op de beregening en droge stofproductie van snijmais.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	62	4%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gemiddeld	0	-8%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gemiddeld	59	5%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gemiddeld	66	3%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gemiddeld	64	4%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	81	-1%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gemiddeld	0	-19%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gemiddeld	80	-1%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gemiddeld	81	-1%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gemiddeld	81	-1%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	88	-3%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	0	-23%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gemiddeld	89	-3%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gemiddeld	89	-3%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gemiddeld	92	-4%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	113	14%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2018	0	-12%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2018	111	14%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2018	118	12%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2018	118	12%
Huidig, beregening	Flanken	2018	132	8%
Huidig, geen beregening	Flanken	2018	0	-25%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2018	131	8%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2018	130	8%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2018	132	8%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	144	5%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2018	0	-31%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2018	146	5%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2018	145	5%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2018	147	5%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	44	8%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2016	0	-1%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2016	39	10%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2016	48	7%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2016	42	9%
Huidig, beregening	Flanken	2016	69	1%
Huidig, geen beregening	Flanken	2016	0	-13%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2016	66	2%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2016	69	1%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2016	66	2%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	69	1%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2016	0	-15%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2016	69	0%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2016	71	0%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2016	75	-1%

5.2.2.4 Graan

Graan is in de huidige situatie en in geen van de maatregelen beregend. Tabel 15 laat het effect van de verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen zien de droge stofproductie van graan. Graan komt niet voor in de twee 1/6 rotatieteelt maatregelen en is daarom alleen weergegeven voor de huidige situatie, de maatregel geen beregening en de maatregel aardappel en graan 25% met aardappels optimaal beregend.

De droge stofproductie van graan wordt niet of nauwelijks beïnvloed indien er in het gebied gestopt wordt met beregening. Graan heeft dus geen profijt van de verhoogde grondwaterstand als gevolg van geen beregening in het gebied. Met uitzondering van de flanken in 2018 ondervindt graan ook geen gevolgen van de maatregel waarbij aardappel en graan 25% van het areaal beslaan en waarbij de aardappel optimaal beregend wordt. Op de flanken neemt de droge stofproductie voor graan in 2018 met ca. 7% af ten gevolge van deze laatste maatregel.

Tabel 15 Effect van verschillende teelt- en irrigatiemaatregelen op de beregening en droge stofproductie van graan.

Scenario	Type	Jaar	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	8%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gemiddeld	8%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gemiddeld	7%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	3%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gemiddeld	3%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gemiddeld	-1%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	-10%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	-10%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gemiddeld	-9%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	3%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2018	5%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2018	3%
Huidig, beregening	Flanken	2018	-2%
Huidig, geen beregening	Flanken	2018	-2%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2018	-9%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	-23%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2018	-23%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2018	-21%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	13%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2016	13%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2016	13%
Huidig, beregening	Flanken	2016	12%
Huidig, geen beregening	Flanken	2016	12%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2016	12%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	12%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2016	12%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2016	12%

5.2.2.5 Luzerne

Luzerne komt niet voor in de huidige situatie waardoor we hiervoor geen verschil in droge stofproductie kunnen bepalen. Door het diepe wortelstelsel en de hoge droogbestendigheid (Tabel 5) ondervindt luzerne geen droogtestress, hoeft het niet berekend te worden en is daardoor de werkelijke transpiratie gelijk aan de potentiële transpiratie voor elk jaar en gebiedstype. Zonder beregening behaalt luzerne dus de maximale droge stofproductie voor elk jaar en gebiedstype.

Tabel 16 Verschillen in beregening en transpiratie tussen luzerne en tijdelijk grasland voor de 1/6 rotatieteelten maatregel met luzerne als eiwitrijk voedergewas.

Type	Gewas	Jaar	Beregening [mm]	Transpiratie [mm]
Beekdalen	Luzerne	Gemiddeld	0	606
Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	87	390
Flanken	Luzerne	Gemiddeld	0	606
Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	117	364
Hoge koppen	Luzerne	Gemiddeld	0	606
Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	109	370
Beekdalen	Luzerne	2018	0	688
Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	134	419
Flanken	Luzerne	2018	0	688
Flanken	Gras, tijdelijk	2018	161	397
Hoge koppen	Luzerne	2018	1	688
Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	155	401
Beekdalen	Luzerne	2016	0	578
Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	49	401
Flanken	Luzerne	2016	0	578
Flanken	Gras, tijdelijk	2016	79	375
Hoge koppen	Luzerne	2016	0	578
Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	65	383

Tabel 16 laat voor de 1/6 rotatieteelten maatregel zien hoeveel meer water luzerne gebruikt t.o.v. tijdelijk grasland. In 2018 verbruikt luzerne op de hoge koppen bijvoorbeeld 688 mm water

tegenover 401 mm door tijdelijk grasland, een verschil van 287 mm. Dit verklaart waarom als gevolg van deze maatregel de grondwaterstand gedurende april-september lager is en de beek vaker droogvalt dan in de huidige situatie.

5.2.3 Doelrealisatie natuur

De effecten van de vier teelt- en irrigatiemaatregelen op de grondwaterafhankelijke natuur is als gebiedsgewogen gemiddelde en per natuurwaarde weergegeven in Tabel 17. De doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur met een natuurwaarde van 4 of 5 die in de huidige situatie al een doelrealisatie heeft van 0% of laag, wordt door geen van de teelt- en irrigatiemaatregelen positief of negatief beïnvloed. Dit is gerelateerd aan het feit dat geen van de maatregelen leidt tot een verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand (Tabel 9) met 1,0-1,6 m, wat het GVG doelgat van de huidige situatie is voor deze natuurwaarden (zie Sectie 5.1.3 en Bijlage C).

Geen berekening is een maatregel die zorgt voor een verhoging van de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur. Deze maatregel heeft echter alleen een positief effect (verhoging doelrealisatie) op de grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarden 1 en 2. In de beekdalen is het effect van deze maatregel nihil, terwijl deze maatregel op de flanken zorgt voor een verhoging van de doelrealisatie met ca. 20%. Op de hoge koppen wordt de doelrealisatie als gevolg van geen berekening verhoogd met 9 en 38% voor respectievelijk natuurwaarde 1 en 2.

Waar de maatregel geen berekening zorgt voor een verhoging van de doelrealisatie, zorgen beide 1/6 rotatieteelt maatregelen juist voor een verlaging van de doelrealisatie. Deze negatieve effecten zijn het grootst voor de 1/6 rotatieteelt met luzerne als eiwitrijk voedergewas en op de flanken: de doelrealisatie voor natuurwaarde 1 neemt af met 10% en die voor natuurwaarde 2 neemt af met 22%. Op de hoge koppen is deze reductie 2 en 8% voor respectievelijk natuurwaarde 1 en 2 en in de beekdalen is deze reductie met 3 en 1% voor respectievelijk natuurwaarde 1 en 2 nog kleiner.

Tabel 17 Effecten van teelt- en irrigatiemaatregelen op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur. Percentages doelrealisatie zijn berekend als gebiedsgewogen gemiddelde per natuurwaarde. Alle eenheden zijn in procenten.

Type	Natuurwaarde	Doelrealisatie Huidig	Verschil doelrealisatie t.o.v. huidig			
			Huidig_geen_berekening	Aardappel_graan_25proc_gebied_optimaal	1_6_aard_suik_erwt_mais_gras_ui	1_6_gras_gras_gras_aard_mais_luzerne
Beekdalen	1	88	3	0	-1	-3
Beekdalen	2	93	-3	0	0	-1
Beekdalen	3	95	1	0	0	0
Beekdalen	4	0	0	0	0	0
Beekdalen	5	11	0	0	0	0
Flanken	1	45	20	-1	-3	-10
Flanken	2	63	22	-2	-5	-22
Flanken	3	84	0	0	0	0
Flanken	4	0	0	0	0	0
Flanken	5	45	0	0	0	0
Hoge koppen	1	34	9	0	0	-2
Hoge koppen	2	37	38	-3	-6	-8
Hoge koppen	3	100	0	0	0	0
Hoge koppen	4	0	0	0	0	0

5.3 Natuur omvormen alsmede een combinatie van natuur omvormen en reductie landbouwareaal

5.3.1 Hydrologie

Tabel 18 laat per gebiedstype en voor een gemiddeld, droog (2018) en nat jaar (2016) het effect van de twee maatregelen zien op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april en de laagste grondwaterstand gedurende april-september.

In tegenstelling tot de teelt- en irrigatiemaatregelen leidt de gecombineerde maatregel natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen wel tot een redelijke stijging (ca.

0,10+ m) van de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april. Wordt alleen de natuur omgevormd, dan is deze stijging beperkter met enkele centimeters. Het effect van de maatregel natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen is het grootst in 2018 op de hoge koppen, waar een gemiddelde grondwaterstandstijging behaald wordt van ca. 0,14 m.

Het effect van deze gecombineerde maatregel is het grootst op de laagste grondwaterstand gedurende april-september: voor 2018 op de hoge koppen zien we bijvoorbeeld dat de laagste grondwaterstand stijgt met 0,66 m. Natuur omvormen alleen resulteert hier in een stijging van 0,06 m. Hieruit kunnen we concluderen dat het omzetten van landbouwgrond in kale grond op de flanken en op de hoge koppen een aanzienlijk groter effect heeft op de laagste grondwaterstand gedurende april-september dan de maatregel natuur omvormen alleen. Het is goed om te beseffen dat met deze maatregel het BRP-landbouwareaal afneemt met ca. 65% en daarom is het de vraag of dit praktisch haalbaar en wenselijk is. Het laat in ieder geval zien wat een forse afname in landbouwareaal kan doen met de grondwaterstand.

Tabel 18 Effect van de maatregelen natuur omvormen en natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april en de laagste grondwaterstand gedurende april-september. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Eenheden huidig zijn in m-mv en verschillen zijn weergegeven in m. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect.

Scenario	Type	Jaar	Huidig, mrt-apr	Vershil, mrt-apr	Huidig, apr-sep	Vershil, apr-sep
Natuur omvormen	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.03	-2.09	0.07
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.1	-2.09	0.39
Natuur omvormen	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.03	-2.17	0.07
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.1	-2.17	0.4
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.04	-2.71	0.1
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.13	-2.71	0.52
Natuur omvormen	Beekdalen	2018	-1.52	0.04	-2.29	0.05
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2018	-1.52	0.11	-2.29	0.49
Natuur omvormen	Flanken	2018	-1.57	0.04	-2.37	0.05
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Flanken	2018	-1.57	0.11	-2.37	0.51
Natuur omvormen	Hoge koppen	2018	-1.94	0.06	-2.97	0.06
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Hoge koppen	2018	-1.94	0.14	-2.97	0.66
Natuur omvormen	Beekdalen	2016	-1.44	0.03	-1.83	0.04
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2016	-1.44	0.08	-1.83	0.22
Natuur omvormen	Flanken	2016	-1.48	0.03	-1.9	0.04
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Flanken	2016	-1.48	0.09	-1.9	0.22
Natuur omvormen	Hoge koppen	2016	-1.83	0.04	-2.36	0.05
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Hoge koppen	2016	-1.83	0.11	-2.36	0.29

Tabel 19 laat de effecten van de twee maatregelen zien op een aantal afvoerstatistieken voor het benedenstroomse meetpunt 0072. Beide maatregelen zorgen voor een verhoging van de totale jaarafvoer en de totale afvoer gedurende april-september, alsmede minder dagen droogval van de beek t.o.v. de huidige situatie. Vanwege de sterke correlatie tussen de grondwaterstand en de afvoer zien we ook hier dat de gecombineerde maatregel zorgt voor de hoogste afvoeren en het minste (geen) droogval van de beek. Voor het extreem droge jaar 2018 zien we dat deze gecombineerde maatregel het aantal dagen droogval reduceert van 113 naar 0 dagen. Van alle maatregelen die geanalyseerd zijn in deze studie is deze gecombineerde maatregel de enige maatregel die ervoor zorgt dat de beek niet meer droogvalt in een extreem droog jaar zoals 2018. Door alleen natuur om te vormen valt de beek in 2018 24 dagen minder droog, wat onvoldoende is om de droogval volledig te voorkomen.

Tabel 19 Afvoerstatistieken van de maatregelen natuur omvormen en natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen. Eenheden van afvoer zijn mm. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Afvoer totaal is de totale afvoer op jaarbasis, terwijl afvoer apr-sep de totale afvoer is gedurende april t/m september.

Scenario	Jaar	Afvoer totaal	Afvoer apr-sep	Dagen droogval	Totaal verschil	Apr-sep verschil	Dagen droogval verschil
Huidig, beregening	Gemiddeld	161	40	50	0	0	0
Natuur omvormen	Gemiddeld	207	54	30	46	14	-20
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Gemiddeld	370	125	0	209	86	-50
Huidig, beregening	2018	147	38	113	0	0	0
Natuur omvormen	2018	188	50	89	40	12	-24
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	2018	304	99	0	156	61	-113
Huidig, beregening	2016	273	122	8	0	0	0
Natuur omvormen	2016	334	160	0	61	37	-8
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	2016	501	261	0	228	138	-8

5.3.2 Droge stofproductie

5.3.2.1 Aardappel

Tabel 20 laat het effect van de twee maatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van aardappel. Het effect van de gecombineerde maatregel op de droge stofproductie van aardappel (alsmede de andere gewassen) kan alleen worden weergegeven in de beekdalen omdat met deze maatregel aardappel niet meer voorkomt op de flanken en de hoge koppen.

Ten opzichte van de huidige situatie zien we dat beide maatregelen een verwaarloosbaar effect hebben op de droge stofproductie van aardappelen: in de beekdalen in 2018 is de toename in droge stofproductie 4% en 1% voor respectievelijk de gecombineerde maatregel en de maatregel natuur omvormen alleen. Door beide maatregelen verdampt er minder water en zijn de beekdalen natter dan in de huidige situatie, waardoor de beregeningsbehoefte in de beekdalen afneemt. Dit effect is het grootste bij de gecombineerde maatregel, waarbij in de beekdalen in een gemiddeld en in een droog jaar ca. een halve tot één beregeningsbeurt minder nodig is.

Tabel 20 Effect van de maatregelen "natuur omvormen" en "natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen" op de beregening en droge stofproductie van aardappel.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Verschiede droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	60	5%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gemiddeld	58	6%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gemiddeld	49	9%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	85	-3%
Natuur omvormen	Flanken	Gemiddeld	84	-3%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	78	-2%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gemiddeld	78	-1%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	118	13%
Natuur omvormen	Beekdalen	2018	114	14%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2018	102	17%
Huidig, beregening	Flanken	2018	145	5%
Natuur omvormen	Flanken	2018	144	5%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	137	6%
Natuur omvormen	Hoge koppen	2018	137	7%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	24	12%
Natuur omvormen	Beekdalen	2016	22	12%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2016	17	15%
Huidig, beregening	Flanken	2016	46	3%
Natuur omvormen	Flanken	2016	45	4%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	39	5%
Natuur omvormen	Hoge koppen	2016	37	6%

5.3.2.2 Gras, blijvend

Tabel 21 laat het effect van de twee maatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van blijvend grasland. Hiervoor gelden dezelfde conclusies als voor aardappelen: een verwaarloosbare kleine toename in droge stofproductie als gevolg van deze maatregelen en een natter beekdal waardoor een halve tot één beregeningsbeurt minder nodig is ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 21 Effect van de twee maatregelen op de beregening en droge stofproductie van blijvend grasland.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	71	5%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gemiddeld	69	6%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gemiddeld	57	9%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	115	-3%
Natuur omvormen	Flanken	Gemiddeld	114	-3%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	111	-2%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gemiddeld	109	-2%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	118	12%
Natuur omvormen	Beekdalen	2018	115	13%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2018	99	16%
Huidig, beregening	Flanken	2018	160	4%
Natuur omvormen	Flanken	2018	159	4%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	156	5%
Natuur omvormen	Hoge koppen	2018	154	5%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	40	6%
Natuur omvormen	Beekdalen	2016	37	7%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2016	30	8%
Huidig, beregening	Flanken	2016	77	-1%
Natuur omvormen	Flanken	2016	74	-1%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	69	-1%
Natuur omvormen	Hoge koppen	2016	68	-1%

5.3.2.3 Snijmaïs

Tabel 22 laat het effect van de twee maatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van snijmaïs. Hiervoor geldt m.b.t. de droge stofproductie dezelfde conclusie als voor aardappelen en blijvend grasland: een verwaarloosbare kleine toename in droge stofproductie als gevolg van deze maatregelen. De nattere beekdalen leiden voor snijmaïs tot ca. een halve beregeningsbeurt minder t.o.v. de huidige situatie.

Tabel 22 Effect van de twee maatregelen op de beregening en droge stofproductie van snijmaïs.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	62	4%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gemiddeld	61	5%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gemiddeld	53	7%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	81	-1%
Natuur omvormen	Flanken	Gemiddeld	80	-1%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	88	-3%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gemiddeld	87	-3%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	113	14%
Natuur omvormen	Beekdalen	2018	111	14%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2018	102	17%
Huidig, beregening	Flanken	2018	132	8%
Natuur omvormen	Flanken	2018	131	8%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	144	5%
Natuur omvormen	Hoge koppen	2018	143	6%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	44	8%
Natuur omvormen	Beekdalen	2016	42	9%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2016	33	11%
Huidig, beregening	Flanken	2016	69	1%
Natuur omvormen	Flanken	2016	65	2%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	69	1%
Natuur omvormen	Hoge koppen	2016	65	1%

5.3.3 Doelrealisatie natuur

De effecten van de twee maatregelen op de grondwaterafhankelijke natuur is als gebiedsgewogen gemiddelde en per natuurwaarde weergegeven in Tabel 23. De doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur met een natuurwaarde van 4 of 5 die in de huidige situatie al een

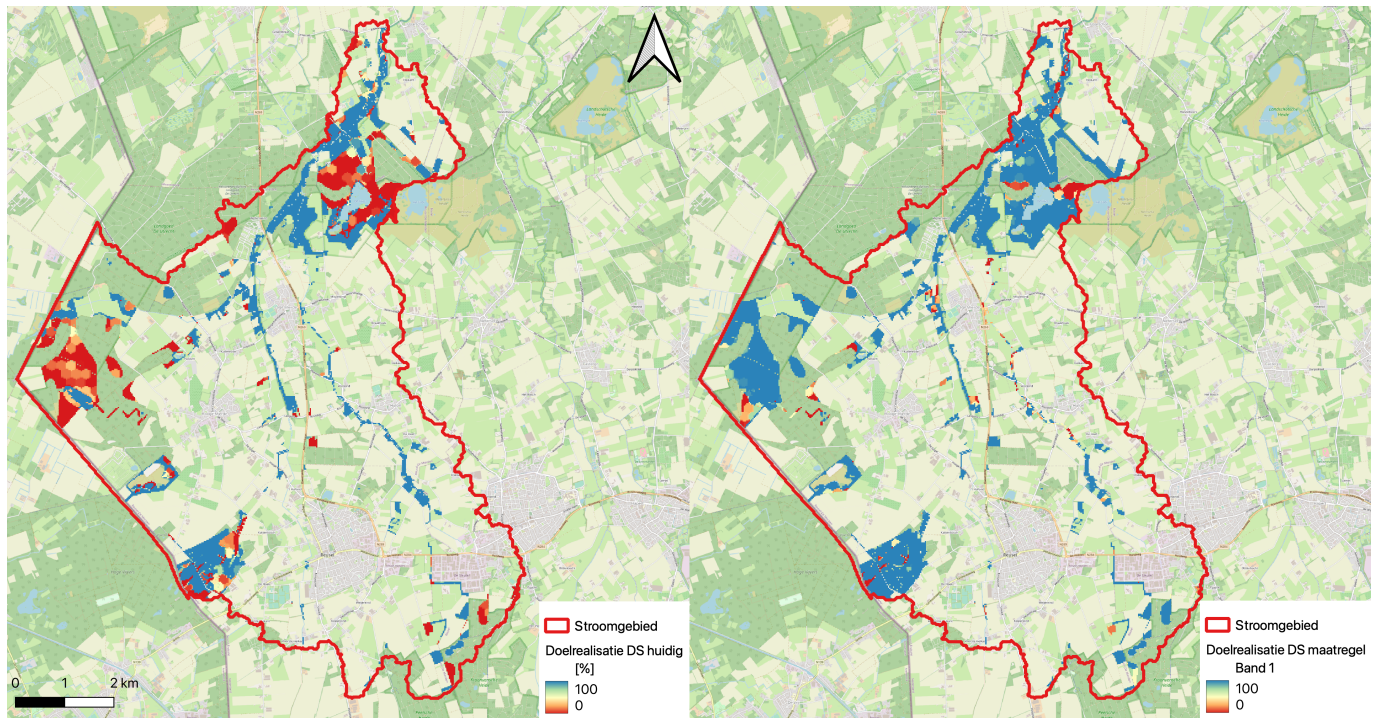
doelrealisatie heeft van 0% of laag, wordt door geen van beide maatregelen positief of negatief beïnvloed. Dit is gerelateerd aan het feit dat geen van de maatregelen leidt tot een verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand (Tabel 9) met 1,0-1,6 m, wat het GVG doelgat van de huidige situatie is voor deze natuurwaarden (zie Sectie 5.1.3 en Bijlage C).

Tabel 23 Effecten van de twee maatregelen op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur. Percentages doelrealisatie zijn berekend als gebiedsgewogen gemiddelde per natuurwaarde. Alle eenheden zijn in procenten.

Type	Natuurwaarde	Doelrealisatie		Verschil doelrealisatie t.o.v. huidig	
		Huidig	Natuur_omvormen	Natuur_omvormen	geen_landbouw_flanken_hoge_koppen
Beekdalen	1	88	2		4
Beekdalen	2	93	0		-27
Beekdalen	3	95	1		2
Beekdalen	4	0	0		0
Beekdalen	5	11	0		0
Flanken	1	45	9		50
Flanken	2	63	12		31
Flanken	3	84	0		0
Flanken	4	0	0		0
Flanken	5	45	0		0
Hoge koppen	1	34	3		46
Hoge koppen	2	37	16		63
Hoge koppen	3	100	0		0
Hoge koppen	4	0	0		0

Beide maatregelen vergroten de doelrealisatie voor de grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarden 1 en 2, behalve voor natuur met natuurwaarde 2 in de beekdalen. De effecten op de doelrealisatie zijn het grootste bij de gecombineerde maatregel: op de hoge koppen behaalt natuurwaarde 1 nu een doelrealisatie van 80% en natuurwaarde 2 een doelrealisatie van 100%. Op de flanken is de nieuwe doelrealisatie door deze gecombineerde maatregel 95% voor natuurwaarde 1 en 94% voor natuurwaarde 2. Het positieve effect van deze gecombineerde maatregel op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur op de flanken en de hoge koppen is dus aanzienlijk groter dan die bij de maatregel 'geen beregening'.

In de beekdalen neemt de doelrealisatie voor de grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarde 2 als gevolg van deze gecombineerde maatregel af met 27%. Deze afname wordt alleen veroorzaakt door de doelrealisatie droogtestress (DS) die in de beekdalen nu op veel plaatsen naar 0% gaat (Figuur 40). Analyse van het doelgat DS toont aan dat het in de beekdalen te nat (negatief doelgat DS) wordt voor de grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarde 2 als gevolg van deze gecombineerde maatregel. Deze gecombineerde maatregel is dus te extreem voor terrestrische natuur, maar niet voor de watervoerendheid van de beek.



Figuur 40 Doelrealisatie droogtestress (DS) voor de huidige situatie (links) en bij de maatregel natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen (rechts).

5.4 Maatregelen peilbeheer en reductie ontwatering

5.4.1 Hydrologie

Tabel 24 laat per gebiedstype en voor een gemiddeld-, droog- (2018) en nat jaar (2016) het effect van twee peilbeheermaatregelen zien op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april en de laagste grondwaterstand gedurende april-september. De eerste conclusie die we hieruit kunnen trekken is dat de twee peilbeheermaatregelen als enige zorgen voor een forse verhoging van de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april in vergelijking met de andere maatregelen. Dit zijn dan ook de enige maatregelen die ook buiten het groeiseizoen een substantieel effect hebben. Beide maatregelen zorgen voor een vergelijkbare verhoging van de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april t.o.v. de huidige situatie: ca. 50-60 cm verhoging op de hoge koppen tegenover ca. 40-45 cm verhoging in de beekdalen en op de flanken. Er lijken weinig verschillen te ontstaan tussen een gemiddeld-, droog- en nat jaar.

Tabel 24 Effect van de peilbeheermaatregelen op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april en de laagste grondwaterstand gedurende april-september. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Eenheden huidig zijn in m-mv en verschillen zijn weergegeven in m. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect.

Scenario	Type	Jaar	Huidig, mrt-apr	Vershil, mrt-apr	Huidig, apr-sep	Vershil, apr-sep
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.37	-2.09	0.29
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.39	-2.09	0.41
Peilopzet 50cm	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.39	-2.17	0.3
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.41	-2.17	0.43
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.5	-2.71	0.39
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.53	-2.71	0.55
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2018	-1.52	0.4	-2.29	0.3
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2018	-1.52	0.41	-2.29	0.51
Peilopzet 50cm	Flanken	2018	-1.57	0.41	-2.37	0.31
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2018	-1.57	0.43	-2.37	0.53
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2018	-1.94	0.53	-2.97	0.4
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2018	-1.94	0.55	-2.97	0.69
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2016	-1.44	0.42	-1.83	0.31
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2016	-1.44	0.44	-1.83	0.34
Peilopzet 50cm	Flanken	2016	-1.48	0.44	-1.9	0.32
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2016	-1.48	0.45	-1.9	0.36
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2016	-1.83	0.57	-2.36	0.41
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2016	-1.83	0.59	-2.36	0.46

De laagste grondwaterstand gedurende april-september wordt voor een groot deel bepaald door de berekening (zie ook Tabel 9). Dit verklaart waarom de gecombineerde maatregel, waarin naast peilverhoging de mate van berekening gestuurd wordt op basis van de grondwaterstand, zorgt voor een hogere laagste grondwaterstand gedurende april-september dan peilverhoging alleen. De verschillen tussen beide maatregelen zijn het kleinst bij een nat jaar zoals 2016 en het grootst bij een extreem droog jaar zoals 2018. Beide maatregelen zorgen voor een grotere verhoging van de laagste grondwaterstand gedurende april-september op de hoge koppen dan in de beekdalen en de flanken: de gecombineerde maatregel zorgt in 2018 voor een verhoging van de laagste grondwaterstand van 0,69 m op de hoge koppen tegenover een verhoging van ca. 0,52 m in de beekdalen en op de flanken. De peilverhoging maatregel alleen zorgt in 2018 voor een verhoging van ca. 0,4 m op de hoge koppen tegenover ca. 0,3 m in de beekdalen en op de flanken. De mate van verhoging van de laagste grondwaterstand als gevolg van de gecombineerde peilbeheermaatregel is vergelijkbaar met die van de gecombineerde maatregel "natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen".

Tabel 25 Afvoerstatistieken van de peilbeheermaatregelen. Eenheden van afvoer zijn mm. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Afvoer totaal is de totale afvoer op jaarbasis, terwijl afvoer apr-sep de totale afvoer is gedurende april t/m september.

Scenario	Jaar	Afvoer totaal	Afvoer apr-sep	Dagen droogval	Totaal verschil	Apr-sep verschil	Dagen droogval verschil
Huidig, berekening	Gemiddeld	161	40	50	0	0	0
Peilopzet 50cm	Gemiddeld	139	37	22	-22	-2	-28
Peilopzet 50cm sturing gwl	Gemiddeld	155	40	6	-7	1	-45
Huidig, berekening	2018	147	38	113	0	0	0
Peilopzet 50cm	2018	127	38	86	-21	0	-27
Peilopzet 50cm sturing gwl	2018	139	41	33	-8	3	-80
Huidig, berekening	2016	273	122	8	0	0	0
Peilopzet 50cm	2016	241	113	0	-32	-9	-8
Peilopzet 50cm sturing gwl	2016	257	116	0	-16	-7	-8

Tabel 25 laat de effecten van de twee peilbeheermaatregelen zien op een aantal afvoerstatistieken voor het benedenstroomse meetpunt 0072. Beide maatregelen zorgen op jaarbasis in totaal voor minder afvoer dan in de huidige situatie. Gedurende april-september is de totale afvoer als gevolg van beide maatregelen min of meer gelijk aan die van de huidige situatie, maar wordt het aantal dagen droogval wel gereduceerd. Dit betekent dat gedurende de wintermaanden het water langer wordt vastgehouden en daardoor langer beschikbaar blijft gedurende april-september. Dit is goed terug te zien in het onderste paneel van Figuur 44 in Bijlage E: de afvoer gedurende de

wintermaanden als gevolg van de peilbeheermaatregelen is lager dan voor de huidige situatie, maar blijft langer hoger gedurende april-september dan voor de huidige situatie.

Voor een gemiddeld en nat jaar is het effect van beide peilbeheermaatregelen op droogval vergelijkbaar met die van de maatregelen "natuur omvormen" en "natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen". Voor een extreem droog jaar zoals 2018 resulteert de maatregel "peilopzet 50 cm" in 27 dagen minder droogval van de beek, een vergelijkbaar resultaat met de maatregel "natuur omvormen". De combinatie van peilopzet 50 cm en een grondwaterafhankelijke beregeningsstop resulteert in 2018 in 80 dagen minder droogval van de beek. Dit is een forse reductie, maar is onvoldoende om droogval van de beek volledig te voorkomen, hetgeen wel het geval is bij de maatregel "natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen".

5.4.2 Droge stofproductie

5.4.2.1 Aardappel

Tabel 26 laat het effect van de twee peilbeheermaatregelen zien op de berekening en droge stofproductie van aardappel. T.o.v. de huidige situatie heeft van beide peilbeheermaatregelen alleen de maatregel "peilopzet 50 cm" een positief effect op droge stofproductie van aardappelen gedurende een gemiddeld en een extreem droog jaar. Voor een nat jaar heeft de gecombineerde peilbeheermaatregel ook een positief effect op de droge stofproductie van aardappelen, maar is dit beperkter dan de maatregel "peilopzet 50 cm" alleen. Voor een gemiddeld en extreem droog jaar is de droge stofproductie in de beekdalen en op de flanken en hoge koppen als gevolg van de maatregel "peilopzet 50 cm" ca. 5% hoger dan in de huidige situatie. In een nat jaar lijkt deze winst iets hoger te zijn. De droge stofproductie wordt voor een gemiddeld en extreem droog jaar als gevolg van de gecombineerde peilbeheermaatregel flink gereduceerd, met name op de flanken en de hoge koppen: in 2018 zien we bijvoorbeeld een reductie van 15% in de beekdalen, 33% op de flanken en 30% op de hoge koppen.

De reductie in droge stofproductie is te wijten aan de beregeningsstop waardoor er niet of nauwelijks meer beregend wordt bij de gecombineerde maatregel. In de praktijk dient daarom waarschijnlijk een andere waarde gekozen te worden voor de "kritische" grondwaterstand (nu is deze 140 cm-mv) waarbij de beregeningsstop ingaat. Een diepere "kritische" grondwaterstand zal resulteren in een hogere droge stofproductie, maar zal tegelijk ten koste gaan van de afvoer (d.w.z. meer droogval).

Tabel 26 Effect van de peilbeheermaatregelen op de beregening en droge stofproductie van aardappel.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	60	5%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gemiddeld	43	11%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gemiddeld	0	2%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	85	-3%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gemiddeld	72	1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gemiddeld	0	-17%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	78	-2%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gemiddeld	67	3%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gemiddeld	1	-13%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	118	13%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2018	92	20%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2018	0	-2%
Huidig, beregening	Flanken	2018	145	5%
Peilopzet 50cm	Flanken	2018	126	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2018	0	-28%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	137	6%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2018	126	10%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2018	0	-24%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	24	12%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2016	9	18%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2016	2	16%
Huidig, beregening	Flanken	2016	46	3%
Peilopzet 50cm	Flanken	2016	22	12%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2016	2	9%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	39	5%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2016	25	12%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2016	7	9%

5.4.2.2 Gras, blijvend

Tabel 27 laat het effect van de twee peilbeheermaatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van blijvend grasland. Voor blijvend grasland heeft van beide peilbeheermaatregelen alleen de maatregel "peilopzet 50 cm" een positief effect op de droge stofproductie t.o.v. de huidige situatie. Evenals bij aardappelen is de winst met ca. 5% als gevolg van deze maatregel gering. Voor een gemiddeld en een extreem droog jaar wordt de droge stofproductie van blijvend grasland als gevolg van de gecombineerde peilbeheermaatregel flink gereduceerd: in 2018 zien we een reductie van 6% in de beekdalen, 18% op de flanken en 21% op de hoge koppen. Deze reducties zijn kleiner dan voor aardappel, wat te wijten valt aan de hogere stresstolerantie van gras dan voor aardappelen (Tabel 5).

De maatregel "peilopzet 50 cm" resulteert in ongeveer één beregeningsbeurt minder voor blijvend grasland t.o.v. de huidige situatie. Door de beregeningsstop bij de gecombineerde maatregel wordt blijvend grasland nauwelijks beregend wat de reductie in droge stofproductie verklaart.

Tabel 27 Effect van de peilbeheermaatregelen op de beregening en droge stofproductie van blijvend grasland.

Scenario	Type	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, beregening	Beekdalen	Gemiddeld	71	5%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gemiddeld	48	10%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gemiddeld	2	4%
Huidig, beregening	Flanken	Gemiddeld	115	-3%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gemiddeld	88	2%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gemiddeld	3	-11%
Huidig, beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	111	-2%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gemiddeld	93	1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gemiddeld	8	-12%
Huidig, beregening	Beekdalen	2018	118	12%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2018	86	18%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2018	3	6%
Huidig, beregening	Flanken	2018	160	4%
Peilopzet 50cm	Flanken	2018	132	8%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2018	6	-14%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2018	156	5%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2018	141	8%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2018	13	-16%
Huidig, beregening	Beekdalen	2016	40	6%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2016	19	10%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2016	5	8%
Huidig, beregening	Flanken	2016	77	-1%
Peilopzet 50cm	Flanken	2016	40	5%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2016	10	1%
Huidig, beregening	Hoge koppen	2016	69	-1%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2016	47	4%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2016	21	-1%

5.4.2.3 Snijmaïs

Tabel 28 laat het effect van de twee peilbeheermaatregelen zien op de beregening en droge stofproductie van snijmaïs. T.o.v. de huidige situatie heeft van beide peilbeheermaatregelen alleen de maatregel "peilopzet 50 cm" een positief effect op droge stofproductie van snijmaïs gedurende een gemiddeld en een extreem droog jaar. Voor een nat jaar heeft de gecombineerde peilbeheermaatregel ook een positief effect op de droge stofproductie van snijmaïs, maar dit is zeer beperkt. De toename in droge stofproductie als gevolg van de maatregel "peilopzet 50 cm" is het grootst in het natte jaar 2016, waar de toename ca. 7% is. In een extreem droog- en gemiddeld jaar is deze toename met ca. 4-5% kleiner. De droge stofproductie wordt voor een gemiddeld en extreem droog jaar als gevolg van de gecombineerde peilbeheermaatregel flink gereduceerd, met name op de flanken en de hoge koppen: in 2018 zien we bijvoorbeeld een reductie van 15% in de beekdalen, 26% op de flanken en 27% op de hoge koppen.

Met de maatregel "peilopzet 50 cm" is in een gemiddeld en extreem droog jaar ongeveer een halve beregeningsbeurt minder nodig t.o.v. de huidige situatie. Bij de gecombineerde maatregel wordt er door de beregeningsstop nauwelijks meer beregend, wat tevens de gereduceerde droge stofproductie verklaart als gevolg van deze gecombineerde maatregel.

Tabel 28 Effect van de peilbeheermaatregelen op de berekening en droge stofproductie van snijmais.

Scenario	Type	Jaar	Berekening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Huidig, berekening	Beekdalen	Gemiddeld	62	4%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gemiddeld	48	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gemiddeld	0	0%
Huidig, berekening	Flanken	Gemiddeld	81	-1%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gemiddeld	69	2%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gemiddeld	1	-12%
Huidig, berekening	Hoge koppen	Gemiddeld	88	-3%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gemiddeld	74	1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gemiddeld	1	-14%
Huidig, berekening	Beekdalen	2018	113	14%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2018	95	19%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2018	0	-1%
Huidig, berekening	Flanken	2018	132	8%
Peilopzet 50cm	Flanken	2018	121	11%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2018	0	-18%
Huidig, berekening	Hoge koppen	2018	144	5%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2018	131	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2018	0	-22%
Huidig, berekening	Beekdalen	2016	44	8%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2016	21	15%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2016	2	12%
Huidig, berekening	Flanken	2016	69	1%
Peilopzet 50cm	Flanken	2016	39	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2016	5	3%
Huidig, berekening	Hoge koppen	2016	69	1%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2016	44	8%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2016	9	2%

5.4.3 Doelrealisatie natuur

De effecten van de twee peilbeheermaatregelen op de grondwaterafhankelijke natuur is als gebiedsgewogen gemiddelde en per natuurwaarde weergegeven in Tabel 29. De doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur met een natuurwaarde van 4 of 5 die in de huidige situatie al een doelrealisatie heeft van 0% of laag, wordt door geen van beide peilbeheermaatregelen positief of negatief beïnvloed. Dit is gerelateerd aan het feit dat geen van de maatregelen leidt tot een verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand (Tabel 9) met 1,0-1,6 m, wat het GVG doelgat van de huidige situatie is voor deze natuurwaarden (zie Sectie 5.1.3 en Bijlage C).

Tabel 29 Effecten van de peilbeheermaatregelen op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur. Percentages doelrealisatie zijn berekend als gebiedsgewogen gemiddelde per natuurwaarde. Alle eenheden zijn in procenten.

Type	Natuurwaarde	Doelrealisatie		
		Huidig	Vershil doelrealisatie t.o.v. huidig	
			Peilopzet 50cm	Peilopzet 50cm sturing gwl
Beekdalen	1	88	5	4
Beekdalen	2	93	-13	-28
Beekdalen	3	95	2	2
Beekdalen	4	0	0	0
Beekdalen	5	11	0	0
Flanken	1	45	41	50
Flanken	2	63	30	31
Flanken	3	84	0	0
Flanken	4	0	0	0
Flanken	5	45	0	0
Hoge koppen	1	34	28	47
Hoge koppen	2	37	58	63
Hoge koppen	3	100	0	0
Hoge koppen	4	0	0	0

Beide maatregelen vergroten de doelrealisatie voor de grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarden 1 en 2, behalve voor natuur met natuurwaarde 2 in de beekdalen. De effecten op de doelrealisatie zijn het grootste bij de gecombineerde maatregel: op de hoge koppen behaalt natuurwaarde 1 nu een doelrealisatie van 81% en natuurwaarde 2 een doelrealisatie van 100%. Op de flanken is de nieuwe doelrealisatie door deze gecombineerde maatregel 95% voor natuurwaarde

1 en 94% voor natuurwaarde 2. Deze positieve effecten zijn nagenoeg hetzelfde als voor de gecombineerde maatregel "natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen" en dus aanzienlijk groter dan bij de maatregel geen beregening.

Evenals bij de gecombineerde maatregel "natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen" neemt als gevolg van de gecombineerde peilbeheermaatregel de doelrealisatie voor grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarde 2 in de beekdalen af met 28%. Ook hier geldt dat dit wordt veroorzaakt door de doelrealisatie droogtestress, die in de beekdalen op veel plaatsen 0% wordt: het wordt in de beekdalen te nat (negatief doelgat DS) voor de grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarde 2. Dit resultaat is vergelijkbaar met Figuur 40 en is daarom niet apart weergegeven.

6 Discussie

In deze studie is onderzocht in welke mate verschillende stroomgebiedsmaatregelen een positieve dan wel negatieve invloed hebben op de droge stofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van natuur en de hydrologie (grondwaterstanden en beekafvoer) van het stroomgebied als geheel. Voor deze casestudie is gebruik gemaakt van een nieuw ruimtelijk gedistribueerd hydrologisch model, dat speciaal voor deze studie is ontwikkeld (Terink et al., 2023). Omdat als gevolg van klimaatverandering (KNMI, 2023) perioden van langdurige droogte vaker voor zullen komen, zijn de effecten van de verschillende maatregelen onderzocht voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom, een droogtegevoelig stroomgebied gelegen op de Hoge Zandgronden in de Kempen in provincie Noord-Brabant. Omdat de gepresenteerde resultaten in absolute zin nauw samenhangen met de kenmerken van dit stroomgebied, alsmede de klimatologie voor 2013-2020, aannames en gekozen modelstructuur, is het goed om te beseffen dat de resultaten in absolute zin niet 1-op-1 gekopieerd kunnen worden naar een ander stroomgebied. Wel verwachten we dat de maatregelen relatief gezien vergelijkbare effecten zullen vertonen in andere gebieden. Om dit te verifiëren bevelen we aan om deze modelexercitie toe te passen op andere droogtegevoelige stroomgebieden.

Omdat we i) voor deze studie snel een breed pakket aan gebiedsbrede maatregelen moeten kunnen doorrekenen en kunnen bediscussiëren met de betrokken partijen, ii) de maatregelen-effecten-analyse niet vereist is op het niveau van pixels/percelen/standplaatsen maar op gebiedstypeniveau (beekdalen, flanken, hoge koppen), iii) de presentatie van de resultaten op maand- en jaarbasis voldoende is, waardoor het accuraat simuleren van de afvoer en grondwaterstand op dagbasis op specifieke locaties binnen het stroomgebied geen doel op zich is, is er voor gekozen om het model HydroGap (Terink et al., 2023) voor deze studie te ontwikkelen.

HydroGap is een ruimtelijk gedistribueerd (agro)hydrologisch model dat snel rekent en is daarmee geschikt om veel maatregelen door te rekenen en te bediscussiëren met stakeholders. Alhoewel de (agro)hydrologische processen relatief 'vereenvoudigd' zijn geconceptualiseerd, zijn ze meer dan voldoende geconceptualiseerd voor het doel van deze studie. Het model maakt namelijk ruimtelijk onderscheid tussen bodemtypes en de watervraag van verschillende gewassen, beschikt over een beregeningsmodule die onder bepaalde condities aan- of uitgeschakeld kan worden, maakt onderscheid tussen de verschillende verdampingstermen transpiratie, bodemverdamping en interceptieverdamping, is in staat om de grondwaterstand per gebiedstype goed te simuleren en kan de beekafvoer redelijk goed simuleren, met name de lage afvoeren. Kortom, met HydroGap zijn we in staat om snel de ordegrootte te kwantificeren waarmee de i) grondwaterstanden en beekafvoer (droogval) veranderen, ii) de drogestofproductie toe- of afneemt en iii) de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur toe- of afneemt. HydroGap is daarmee een geschikt integraal model voor hydrologen bij gebiedsinrichting en het analyseren van doelen voor hydrologie, zoals o.a. vastgelegd in de KaderRichtlijn Water (KRW) 2021-2027 (Altenburg et al., 2018). Resultaten van modelberekeningen inzake landgebruik en landinrichting kunnen beleidsmakers op dit vlak ondersteunen.

Al hoewel de gesimuleerde grondwaterstand absoluut gezien kan afwijken van de gemeten grondwaterstand, wordt de grondwaterdynamiek ruimtelijk door het model goed gesimuleerd. Dit laatste is voor het doel van deze studie dan ook belangrijk: relatieve verschillen in de grondwaterstand zijn inzichtelijk bij het kwantificeren van de effecten van de verschillende maatregelen. We moeten ons daarnaast realiseren dat het 'exact' simuleren van de gemeten grondwaterstand niet realistisch is met de gekozen modelconcepten. Voor een dergelijk doel zal gebruik gemaakt moeten worden van een 3D-grondwatermodel zoals bijvoorbeeld MODFLOW (Harbaugh et al., 2000; Langevin et al., 2017). Een kanttekening die hierbij gemaakt moet worden zijn de gepresenteerde effecten van de maatregelen op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur. Deze doelrealisatie is namelijk afhankelijk van de grondwaterstand uitgedrukt in de GVG en GLG. Doordat het model deze niet exact kan simuleren zijn de

gepresenteerde absolute percentages voor doelrealisatie niet helemaal correct. Wel kunnen we aan de hand van de relatieve verschillen vertellen of een maatregel een positief dan wel negatief effect heeft op de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur.

De kalibratieresultaten laten zien dat het model met een Nash-Sutcliffe Efficiency van 0,64 minder goed in staat is om piekafvoeren gedurende de winterperiode te simuleren. Hier zijn in elk geval twee mogelijke verklaringen voor. Ten eerste maakt het model gebruik van een relatief eenvoudige routingvergelijking (afvoervergelijking) waarbij alle cel-specifieke afvoer bovenstrooms van het uitstroompunt, inclusief het uitstroompunt zelf, geaccumuleerd wordt. Dit kan al dan niet vertraagd worden met een routing coëfficiënt. Omdat het model op dagbasis rekent kan de geaccumuleerde afvoer minimaal geaggregeerd worden over een dag. Hierdoor kan de afvoerpiek onderschat worden indien de reistijd (stroomgebiedseigenschap) korter is dan 1 dag. Dit zou verbeterd kunnen worden door te rekenen op tijdschalen korter dan een dag of door het toepassen van een geavanceerdere routingvergelijking, bijvoorbeeld de convectie-diffusie vergelijking. De tweede verklaring is dat effect van drainagemiddelen geen onderdeel is van de modelconcepten. Het is daarom goed om te beseffen dat het hydrologische model dat gebruikt is in deze studie met name is ontwikkeld om droge omstandigheden goed te kunnen simuleren. Dit is gedaan omdat men verwacht dat extreem droge jaren zoals 2018 in de toekomst vaker zullen voorkomen. Met het oog op de landbouw en grondwaterafhankelijke natuur is het daarom belangrijker dat het model de 'droge kant' beter kan simuleren dan de 'natte kant'. Met droog doelen we op droogtestress voor landbouwgewassen, te lage grondwaterstanden voor grondwaterafhankelijke natuur en droogval van de beek. Ondanks dat het model de 'natte kant' minder goed kan simuleren, laat het model zien dat het in staat is om de 'droge kant' goed te simuleren: de gemeten droogval van de beek in 2018 wordt goed door het model benaderd, een ook de dalende trend in de gemeten grondwaterstanden (verdroging gebied) wordt door het model gesimuleerd.

Doordat het model de 'droge kant' goed kan simuleren is het in staat om een reductie in droge stofproductie (afname van transpiratie) als gevolg van droogtestress te simuleren. Echter, de droge stofproductie kan ook afnemen als gevolg van 'te natte' condities door zuurstoftekort (Bartholomeus et al., 2008). De gekozen modelconcepten hebben laten zien dat het model geen reductie in droge stofproductie simuleert tijdens het extreem natte jaar 2016, terwijl dit in de praktijk wel is waargenomen. Het verbeteren van de simulatie van natstress is dan ook een verbeterpunt voor het model.

Op basis van literatuur en praktijkkennis van de betrokken agrariërs (Tabel 4), lijken de gesimuleerde waarden voor de berekening en werkelijke transpiratie realistisch. Echter, de in deze studie aangenomen werkelijke transpiratie (T_a in mm) als maat voor de droge stofproductie (in kg/ha) zal in de praktijk niet helemaal sporen met de daadwerkelijke droge stofproductie. Door wederom gebruik te maken van relatieve verschillen in de werkelijke transpiratie als gevolg van de maatregelen, zijn we echter wel in staat om te kwantificeren of een maatregel gunstig uitpakt voor de droge stofproductie of niet en in welke mate.

In deze studie is voor de gehele simulatieperiode 2013-2020 aangenomen dat het landgebruik constant is, waarbij gebruik is gemaakt van de BRP 2018. Dit is gedaan omdat we o.a. de effecten van veranderend landgebruik (andere teelten) willen onderzoeken, waarvoor een modelsimulatie met 'referentie' landgebruik nodig is. Door gewassen te roteren in de tijd, iets wat in de praktijk wel gebeurt, wordt het lastiger om expliciet de effecten van de maatregelen te kwantificeren. M.a.w., deze studie betreft een gevoeligheidsanalyse voor het gehele gebied en heeft niet als doel de werkelijke situatie voor specifieke percelen te reproduceren, waardoor het logisch is dat de gewassen modelmatig niet geroteerd zijn. Doordat is aangetoond dat andere teeltkeuzes, mits het berekend areaal gelijk blijft en geen gebruik gemaakt wordt van een diep wortelend gewas met een hoge stresstolerantie, niet of nauwelijks de hydrologie van het stroomgebied beïnvloed, verwachten

we dat de aanname van constant landgebruik gedurende de simulatieperiode geen invloed heeft op de conclusies van deze studie.

De 1/6 rotatieteelt met luzerne, een eiwitrijk voedergewas, resulteert in aanzienlijk meer waterverbruik. Dit heeft als gevolg dat de grondwaterstanden dalen en de beek vaker droog komt te staan. Deze situatie wordt veroorzaakt door het diepe wortelsysteem van luzerne (150 cm) en de hoge stresstolerantie van het gewas (-1.500 kPa). Door deze eigenschappen simuleert het model voor luzerne een werkelijke transpiratie die vrijwel gelijk is aan de potentiële transpiratie, waardoor het aannemelijk is dat de werkelijke transpiratie voor luzerne overschat wordt en het waterverbruik in de praktijk mogelijk lager uitpakt. Desalniettemin benadrukt dit wel dat het telen van diep-wortelende gewassen met een hoge stresstolerantie kan leiden tot diepere grondwaterstanden en een lagere beekafvoer.

De enige maatregel die in staat is om droogval van de beek te voorkomen, is de gecombineerde maatregel waarbij, naast natuur om te vormen, alle landbouwgrond op de hoge koppen en de flanken omgezet wordt in kale grond. Alhoewel deze maatregel uiterst effectief is, is dit vanuit agrarisch belang waarschijnlijk onwenselijk en daardoor in de praktijk niet haalbaar. Als alternatief zou er daarom naar minder 'extreme' varianten van deze maatregel gekeken kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is het omzetten van intensief naar extensief grasland.

In deze studie zijn alleen de effecten van gebiedsbrede maatregelen op de waterkwantiteit en hydrologie onderzocht. Voor het ontwikkelen van een gebiedsvisie en bij besluitvormingsprocessen dient echter ook gekeken te worden naar de effecten op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de nitraatuitspoeling naar het grondwater bij diverse teelten en de afspoeling van stoffen van percelen nabij watergangen.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Het doel van deze studie is om voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom, een droogtegevoelig stroomgebied op de Hoge Zandgronden in Noord-Brabant, te onderzoeken wat de effecten van gebiedsbrede maatregelen zijn op de droge stofproductie van de landbouw, de doelrealisatie van natuur en de hydrologie van het stroomgebied als geheel. De gebiedsbrede maatregelen betreffen o.a. het watersysteem, teeltkeuzes, ruimtelijke positionering van teelten en landgebruik en berekening.

Voor de studie is gebruik gemaakt van HydroGap (Terink et al., 2023), een nieuw ruimtelijk gedistribueerd model dat speciaal voor deze studie is ontwikkeld, alsmede de Waterwijzer Natuur.

Het is belangrijk om te beseffen dat de conclusies die in deze sectie getrokken worden gebaseerd zijn op modelresultaten. Dit betekent dat de absolute waarden van de modeluitkomsten die hieronder besproken worden een zekere mate van onzekerheid hebben. Hierop is al deels ingegaan in het voorgaande hoofdstuk. De simulatie van de absolute diepte van de grondwaterstand lijkt de grootste onzekerheid te hebben. Desalniettemin geven de conclusies aan welke maatregelen relatief gezien het grootste effect hebben.

Voor de huidige situatie concluderen we het volgende:

- De gemiddelde jaarlijkse beekafvoer benedenstrooms is ca. 160 mm.
- Over het algemeen staat de beek zo'n 15% van de tijd droog. Voor het extreem droge jaar 2018 was dit 30% van het jaar (109 dagen).
- De dalende trend in freatische grondwaterstanden (2013 t/m 2020) laat zien dat het gebied met de tijd verdroogt.
- Als hogere grondwaterstanden en minder droogval van de beek gewenst zijn, dan moet eerst de dalende trend in grondwaterstanden worden gestopt. Daarna moet de watervoorraad in het gebied (grondwater) verder opgebouwd worden: structureel hogere grondwaterstanden realiseren. Dit betekent minder water uit het stroomgebied via verdamping in de zomer en minder water afvoeren in de winter.
- Aardappel en gras laten de hoogste droge stofproductie zien in de beekdalen.
- Berekening maakt het mogelijk om voor aardappel, gras en snijmaïs een bovengemiddelde droge stofproductie te realiseren tijdens het extreem droge jaar 2018. Dit vergt wel 1 à 2 extra beregeningsbeurten.
- Van deze drie gewassen vergt gras de meeste berekening.
- De natuur in het overgrote deel van het gebied bestaat uit grondwateronafhankelijke natuur. Voor de grondwaterafhankelijke natuur is de doelrealisatie veelal 100%, met name in de beekdalen. Een te lage GVG en te veel droogtestress zijn de oorzaken waarom de doelrealisatie van 100% op een aantal plekken niet gehaald wordt.
- Teelt van groenbemesters en vanggewassen leiden tot een hogere verdamping dan kale grond.

Met betrekking tot de effecten van de verschillende maatregelen kunnen we op basis van de modelsimulaties het volgende concluderen:

Berekening landbouw:

- Door niet te beregenen gaat de laagste grondwaterstand tijdens 2018 gedurende het zomerseizoen in de beekdalen en op de flanken met ongeveer 30 cm omhoog; deze

verhoging is iets meer op de hoge koppen. Droogval van de beek wordt hierdoor gereduceerd met 40 dagen per jaar.

- Niet beregenen is de enige maatregel die zorgt voor een forse reductie in droge stofproductie. Voor aardappel wordt dit in 2018 gereduceerd met 30% in de beekdalen en 40% op de flanken en de hoge koppen. Voor gras neemt dit af met 20% in de beekdalen en 30% op de flanken en de hoge koppen.
- Graan dat niet wordt beregend heeft geen profijt van de grondwaterstandsverhoging als gevolg van geen beregening bij andere gewassen.
- Geen beregening in de landbouw verhoogt alleen de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur op de flanken en de hoge koppen met de natuurwaarden 1 en 2.

Teeltkeuzes landbouw:

- Bij een gelijkblijvend beregend areaal en zonder het toepassen van een diep wortelend gewas met een hoge stresstolerantie (luzerne), heeft de teeltkeuze nauwelijks invloed op de hydrologie van het stroomgebied. De lage grondwaterstanden en de droogval van de beek blijven zoals ze zijn.
- Mits de gewassen beregend worden hebben de teeltkeuzes geen invloed op elkaanders droge stofproductie.
- Een groot areaal (25%) niet-beregend graan moet in de teeltplannen worden opgenomen om aardappelteelt te kunnen intensiveren (van 10% naar 25% areaal en frequentere beregening), zonder significante daling van de laagste grondwaterstand en zonder meer dagen droogval van de beek als gevolg. De hydrologie van het stroomgebied verandert dan dus niet en verbetert dus ook niet. De intensivering van aardappelteelt verhoogt in 2018 de droge stofproductie van aardappel met 20% in de beekdalen en 25% op de flanken en de hoge koppen en kost op de flanken en de hoge koppen ongeveer 3 beregeningsbeurten extra. Het positieve effect van deze maatregel op de droge stofproductie van aardappel is in mindere mate aanwezig in een gemiddeld en nat jaar.
- De toename van het beregend areaal met 49% bij de 1/6 rotatieteelt voor de akkerbouwer zorgt in 2018 voor een verlaging van de laagste grondwaterstand met ca. 10 cm en enkele dagen per jaar meer droogval van de beek.
- Het gebruik van het diep wortelende gewas luzerne, dat een hoge stresstolerantie heeft, zorgt bij de 1/6 rotatieteelt voor de veehouder voor een forse daling van de laagste grondwaterstand (30 cm op de hoge koppen in 2018). Daarnaast zorgt dit voor 25, 10 en 23 dagen per jaar meer droogval voor respectievelijk een gemiddeld, droog en nat jaar.
- Omdat teeltkeuzemaatregelen plaatsvinden tijdens het groeiseizoen, zorgen deze niet voor het vasthouden van water in de winter en het voorjaar. Hierdoor blijft de GVG bij deze maatregelen onveranderd en gaat de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur met de natuurwaarden 4 en 5 niet omhoog.
- Beide 1/6 rotatieteelten zorgen voor een verlaging van de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur met de natuurwaarden 1 en 2, met name op de flanken en de hoge koppen.

Natuur omvormen en reductie landbouwareaal:

- Door alleen natuur om te vormen teneinde minder verdamping van de vegetatie te realiseren, reduceren we het aantal dagen droogval in 2018 met 24 dagen.
- Deze maatregelen hebben geen invloed op de droge stofproductie van de landbouwgewassen.
- Door bovenop 'natuur omvormen' het landbouwareaal te reduceren, door alleen landbouw toe te laten in de beekdalen, wordt de grootste stijging van de laagste grondwaterstand bereikt en wordt droogval van de beek in 2018 volledig voorkomen. In dit geval bekent reductie van landbouwareaal het omzetten hiervan naar kale grond.

- Deze gecombineerde maatregel zorgt voor een forse stijging van de doelrealisatie van grondwaterafhankelijke natuur met de natuurwaarden 1 en 2 op de flanken en de hoge koppen. Echter, dit zorgt wel voor een lagere doelrealisatie voor grondwaterafhankelijke natuur met natuurwaarde 2 in de beekdalen omdat de beekdalen 'te nat' worden.

Peilverhoging en dempen watergangen (reductie ontwatering):

- Een peilopzet van 50 cm zorgt als enige maatregel voor een aanzienlijke verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand. Dit is de enige maatregel die voor zowel de hydrologie als voor de landbouw een positief effect heeft: de laagste grondwaterstand wordt in 2018 met ongeveer 30-40 cm verhoogd, de beek valt 27 dagen minder droog en de droge stofproductie neemt toe met ongeveer 5%.
- Deze effecten worden versterkt wanneer er naast de peilopzet van 50 cm een beregeningsstop wordt ingevoerd zodra de grondwaterstand een kritische waarde bereikt. Met de arbitrair gekozen kritische grondwaterstand resulteert dit in 2018 in 80 dagen minder beek droogval. Deze gecombineerde maatregel resulteert echter in een forse reductie van de droge stofproductie, waardoor de gekozen kritische grondwaterstand in de praktijk geoptimaliseerd moet worden.
- De effecten van de gekozen peilbeheermaatregelen op grondwaterafhankelijke natuur zijn vergelijkbaar met die van de maatregel natuur omvormen + reductie landbouwareaal (omzetten naar kale grond).

Onze algehele conclusie is dat hydrologisch systeemherstel voor de Reusel Bovenloop alleen gerealiseerd kan worden door een combinatie van maatregelen:

- ter reductie van ontwatering en ter bevordering van water vasthouden als grondwater in tijden van neerslagoverschot, én
- ter reductie van watergebruik in het groeiseizoen door verdamping, al dan niet ondersteund door beregenings-activiteiten.

Met klimaatveranderingen in het vooruitzicht richting 2050 en 2100 (van Dorland et al., 2023) wordt deze combinatie alleen maar duidelijker en belangrijker. De winters worden natter, er is dus meer water beschikbaar om vast te houden. De groeiseizoenen worden droger door minder neerslag en meer potentiële verdamping, er zal een groter potentieel neerslagtekort op gaan treden. De watervraag neemt dan toe.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van onze bevindingen doen we de volgende aanbevelingen:

1. Voor de doelrealisatie van natuur is in deze studie aangenomen dat deze alleen afhangt van de GVG, GLG en droogtestress (DS), het WATERNOOD (Runhaar and Hennekens, 2015) gedeelte van de WaterWijzer Natuur (Witte et al., 2018). Voor een vervolgonderzoek bevelen we aan om gebruik te maken van het PROBE-gedeelte van de WaterWijzer Natuur zodat ook rekening gehouden wordt met andere standplaatsfactoren zoals zuurgraad en voedselrijkdom. Daarnaast biedt PROBE de mogelijkheid om te onderzoeken welke natuurdoeltypen onder de huidige omstandigheden of als gevolg van bepaalde maatregelen te realiseren zijn.
2. Deze studie maakt gebruik van een nieuw hydrologisch model. Om de toepasbaarheid van dit model in andere gebieden te onderzoeken is het aan te bevelen om het model te testen in meerdere stroomgebieden in Nederland, die verschillen in bodemopbouw, landgebruik en hydrologie.
3. Voor een vervolgstudie bevelen we aan om ook het waterkwaliteitsaspect van de verschillende teeltkeuzes te onderzoeken. Een voorbeeld hiervan is de nitraatuitspoeling

naar grondwater bij aardappels op zandgrond en de mogelijke afspoeling van meststoffen onder natte omstandigheden naar de waterlopen. Waterkwaliteit wordt daarmee een onderdeel van de keuze-criteria inzake ruimtelijke positionering van teelten in een stroomgebied.

4. De effecten van klimaatverandering te onderzoeken door modelsimulaties te draaien gebaseerd op de nieuwe KNMI '23 scenario's (van Dorland et al., 2023).
5. We bevelen aan om de volgende modelconcepten voor een verbeterslag te prioriteren:
 - a. Het simuleren van natstress als gevolg van zuurstoftekort.
 - b. Routing van afvoer.
 - c. Een worteldiepte die variabel kan zijn gedurende het groeiseizoen.
 - d. Berekening vanuit oppervlaktewater: dit vereist een koppeling tussen de afvoer en de onttrekking hieruit.
 - e. Het gebruiken van de Leaf-Area-Index (LAI) als proxy voor de bodembedekking i.p.v. de gewasfactor. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van gewasinformatie uit satellietbeelden.

8 Bibliografie

- Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J.G., van den Berg, M.S., van den Broek, T., Buskens, R., Bijkerk, R., Coops, H.C., van Dam, H., van Ee, G., Evers, C.H.M., Franken, R., Higler, B., Ietswaart, T., Jaarsma, N., de Jong, D.J., Joosten, A.M.T., Klinge, M., Knoben, R.A.E., Kranenburg, J., van Loon, W.M.G.M., Noordhuis, R., Pot, R., Twisk, F., Verdonshot, P.F.M., Vlek, H., Wolfstein, K., 2018. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. Amersfoort.
- Bartholomeus, R., 2021. Programma Lumbricus. Integrale benadering van een klimaatrobuuste inrichting en beheer van stroomgebieden. Een overzicht. Amersfoort.
- Bartholomeus, R.P., Witte, J.-P.M., van Bodegom, P.M., van Dam, J.C., Aerts, R., 2008. Critical soil conditions for oxygen stress to plant roots: Substituting the Feddes-function by a process-based model. *J Hydrol (Amst)* 360, 147–165. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.07.029>
- de Niet, J., van der Toorn, L., Beije, E., Heijkers, J., Hoekstra, J., 2021. Hydrologische effectenstudie van het vervangen van naaldbos op de Utrechtse Heuvelrug door loofbos. *H₂O* 1–9.
- de Wit, J., van Huijgevoort, M., van Deijl, D., van den Eertwegh, G., Bartholomeus, R., 2021a. Regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuwen - Veldproeven en modelanalyses in het zandgebied van Nederland voor een meer robuuste waterhuishouding op lokale en regionale schaal. Nieuwegein.
- de Wit, J., van Huijgevoort, M., van den Eertwegh, G., van Deijl, D., Bartholomeus, R., 2021b. Technische rapportage veldproeven met watermaatregelen Stegeren. Ontwerp en monitoring van vijf veldproeven met (automatisch gestuurde) regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuw in Stegeren (2017-2020). Nieuwegein.
- Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., McDonald, M.G., 2000. MODFLOW-2000, the U.S. Geological survey modular ground-water model - user guide to modularization concepts and the ground-water flow process. Reston, Virginia.
- Harbers, M., Heijnen, V.L.W.A., 2022. Water en Bodem sturend. Tweede kamerbrief.
- Houska, T., Kraft, P., Chamorro-Chavez, A., Breuer, L., 2015. SPOTting Model Parameters Using a Ready-Made Python Package. *PLoS One* 10, e0145180. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145180>
- Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., van den Hurk, B., Lenderink, G., 2014. KNMI'14. Klimaatscenario's voor Nederland. Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie. De Bilt.
- Krikken, A., 2018. Herkomst nutriënten beekdal Reusel en Raamsloop. Nijmegen.
- KRW factsheets, 2023. Factsheet KRW - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027. Versie 6.
- Langevin, C.D., Hughes, J.D., Banta, E.R., Niswonger, R.G., Panday, S., Provost, A.M., 2017. Documentation for the MODFLOW 6 Groundwater Flow Model, in: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, Book 6. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey, Reston, VA.
- Overeem, A., Buishand, T.A., Holleman, I., 2009. Extreme rainfall analysis and estimation of depth-duration-frequency curves using weather radar. *Water Resour Res* 45. <https://doi.org/10.1029/2009WR007869>
- Overeem, A., Holleman, I., Buishand, A., 2009. Derivation of a 10-Year Radar-Based Climatology of Rainfall. *J Appl Meteorol Climatol* 48, 1448–1463. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC1954.1>
- Overeem, A., Leijnse, H., Uijlenhoet, R., 2011. Measuring urban rainfall using microwave links from commercial cellular communication networks. *Water Resour Res* 47. <https://doi.org/10.1029/2010WR010350>
- Rakovec, O., Samaniego, L., Hari, V., Markonis, Y., Moravec, V., Thober, S., Hanel, M., Kumar, R., 2022. The 2018–2020 Multi-Year Drought Sets a New Benchmark in Europe. *Earths Future* 10. <https://doi.org/10.1029/2021EF002394>

- Ritzema, H.P., Nijland, H.J., Croon, F.W., 2006. Subsurface drainage practices: From manual installation to large-scale implementation. *Agric Water Manag* 86, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.06.026>
- Runhaar, H., Hennekens, S., 2015. Hydrologische Randvoorwaarden Natuur. Gebruikershandleiding (Waternoodapplicatie Versie 3). Amersfoort.
- Sanders, M.E., Prins, A.H., 2001. Provinciaal natuurbeleid: kwaliteitsdoelen voor de Ecologische Hoofdstructuur. Werkdocument 2001/04. Wageningen.
- Sluijter, R., Plieger, M., van Oldenborgh, G.J., Beersma, J., de Vries, H., 2018. De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort. De Bilt.
- Terink, W., Deijl, D. van, van den Eertwegh, G., 2022. Watervraag en watervoorziening in aanvoergebied Stegeren. Berg en Dal.
- Terink, W., van Deijl, D., van Eertwegh, G.A.P., 2023. HydroGap - A semi-spatially-distributed hydrological model for evaluating evapotranspiration and flow processes at the catchment-scale. Nijmegen.
- van Deijl, D., Eertwegh, G., 2021. Actualisatie kaart potentieel beregende percelen in het LHM. Nijmegen.
- van den Eertwegh, G., De Louw, P., Witte, J.P.M., van Huijgevoort, M., Bartholomeus, R., van Deijl, D., van Dam, J., Hunink, J., America, I., Pouwels, J., Hoefsloot, P., de Wit, J., 2021. Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland. Het verhaal: analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen. Eindrapport Projectteam Droogte Zandgronden Nederland.
- van Dorland, R., Beersma, J., Bessembinder, J., Bloemendaal, N., van den Brink, H., Brotons Blanes, M., Drijfhout, S., Groenland, R., Haarsma, R., Homan, C., Keizer, I., Krikken, F., Le Bars, D., Lenderink, G., van Meijgaard, E., Meirink, J.F., Overbeek, B., Reerink, T., Selten, F., Severijns, C., Siegmund, P., Sterl, A., de Valk, C., van Velthoven, P., de Vries, H., van Weele, M., Wichers Schreur, B., van der Wiel, K., 2023. KNMI National Climate Scenarios 2023 for the Netherlands. De Bilt.
- van Hussen, K., van de Velde, I., Läkamp, R., van der Kooij, S., 2019. Economische schade door droogte in 2018. Rotterdam.
- Waterschap Aa en Maas, Waterschap Brabantse Delta, Waterschap De Dommel, ZLTO, Brabants Landschap, Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Brabantse Milieufederatie, Brabant Water, Provincie Noord-Brabant, Evides Waterbedrijf, Vereniging Industrie Water, BPG Vereniging Landelijke Brabant, 2021. Grondwater convenant 2021-2027. Samen werken aan herstel en bewaking van de grondwaterbalans in Brabant.
- Waterschap De Dommel, 2021. WKC jaaroverzicht 2021. Boxtel.
- Wesselink, M., Fuchs, L., Sprangers, T., de Jonge, I., van Haperen, A., van Dee, M., de Wolf, P., 2022. Projectplan Boerderij van de Toekomst zuidoostelijk zand. Wageningen.
- Witte, J.P.M., Runhaar, J., Bartholomeus, R.P., Fujita, Y., Hoefsloot, P., Kros, J., Mol, J., de Vries, W., 2018. De Waterwijzer Natuur. Instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op terrestrische natuur. Amersfoort.

Bijlage A – Brondata gewassen

Tabel 30 Bronnen gebruikt voor bepaling van gewasfactor kc voor verschillende gewassen/vegetatie.

Gewas	Kc
Graan	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf
Overig	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf → kc van gras aangenomen
Suikerbieten	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf
Snijmais	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf
Gras	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf
Natuur	Aangenomen kc van 1.2
Kale grond	Kc van 0.5 op basis van email Jos v. Dam (25 aug 2022, 1:00 AM)
Aardappel	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf
Boomteelt/ sierteelt	Aangenomen kc van 1.2
Erwt/boon	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf → kc van peulvruchten
Uien	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf → gemiddelde van plant- en zaaiui genomen
Groenbester	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf → kc van gras aangenomen
Bloembollen	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf → kc van bol/knolgewassen
Bos	Aangenomen kc van 1.2
Groenten	van_penman_naar_makkink_een_nieuwe_berekeningswij-hydrotheek_(stowa)_182292.pdf → gemiddelde kc van knolselderij/prei aangenomen.....

Tabel 31 Bronnen gebruikt voor bepaling van H3 voor verschillende gewassen/vegetatie.

Gewas	H3
Graan	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van corn vegetative period
Overig	Hetzelfde aangenomen als voor gras
Suikerbieten	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van sugarbeets
Snijmais	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL
Gras	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van gras
Natuur	luse_svat.csv table van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes zijn gebruikt in SIMGRO
Kale grond	luse_svat.csv table van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes zijn gebruikt in SIMGRO
Aardappel	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van potatoes
Boomteelt/ sierteelt	luse_svat.csv table van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes zijn gebruikt in SIMGRO
Erwt/boon	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van beans
Uien	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van early growth onions
Groenbemester	Hetzelfde aangenomen als voor gras

Bloembollen	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van tulp en lelie gebruikt.
Bos	luse_svat.csv table van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes zijn gebruikt in SIMGRO. Loofbos en naalbos gebruikt. Deze zijn beide -600.
Groenten	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van prei gebruikt.
Luzerne = Alfalfa	SWAP manual version 4.0, Appendix 8: gemiddelde h3 van alfalfa.

Tabel 32 Bronnen gebruikt voor bepaling van rootdepth voor verschillende gewassen/vegetatie.

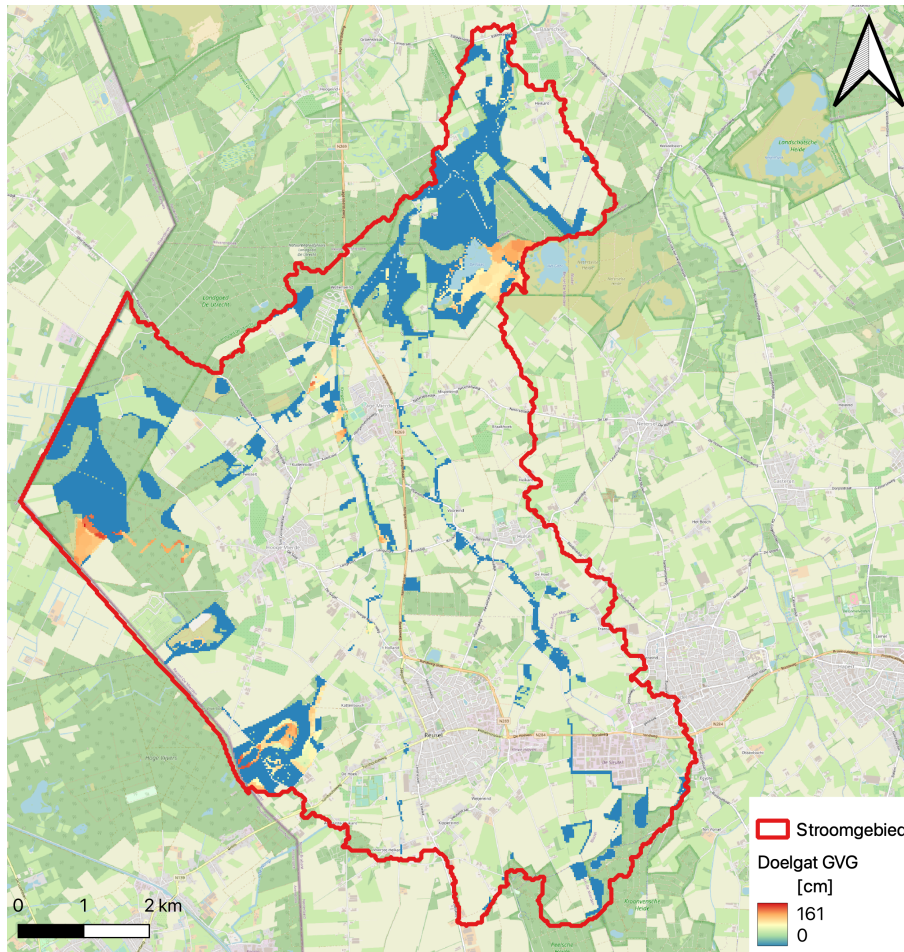
Gewas	Rootdepth
Graan	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van wintertarve en zomergerst gebruikt. Beide zijn 125 cm. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Overig	Hetzelfde aangenomen als voor gras.
Suikerbieten	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Snijmais	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Gras	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Natuur	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. RDmax aangenomen van laanbomen
Kale grond	o
Aardappel	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Boomteelt/sierteelt	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde RDmax en RDmin aangenomen van laanbomen/appelbomen.
Erwt/boon	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Uien	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde van RDmax en RDmin
Groenbemester	Hetzelfde aangenomen als gras
Bloembollen	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde RDmax en RDmin aangenomen van tulp/lelie.
Bos	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. RDmax aangenomen van laanbomen
Groenten	Cropinfo.xlsx van Marius Heinen (email 22 sep 2022). Waardes komen uit WWL. Gemiddelde RDmax en RDmin aangenomen van prei.
Luzerne = alfalfa	https://kennisakker.nl/archief-publicaties/teelthandleiding-luzerne-gewaseigenschappen2869

Bijlage B – Berekening en transpiratie (proxy voor droge stofproductie) van beregende gewassen voor de huidige situatie voor een gemiddeld, droog (2018) en nat jaar (2016)

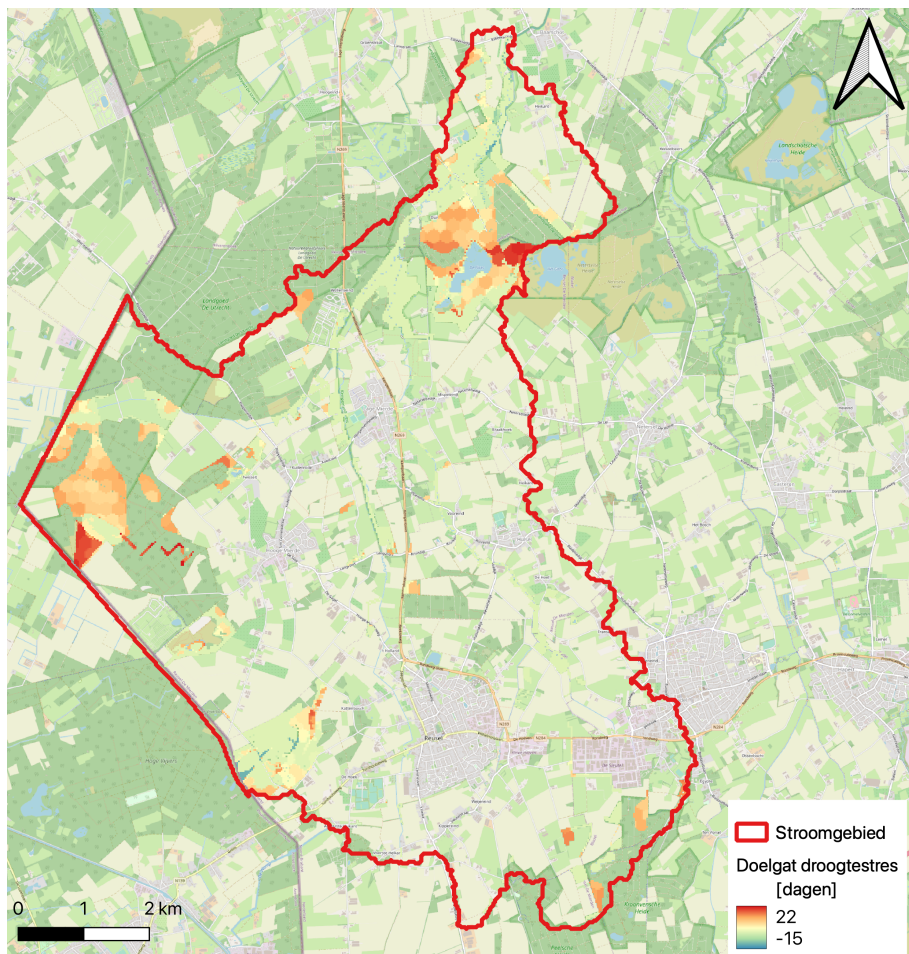
Tabel 33 Berekening en droge stofproductie per gebiedstype en jaar voor de huidige situatie voor de beregende gewassen. De werkelijke transpiratie is aangenomen voor de droge stofproductie. Verschil in droge stofproductie is verschil in T_a t.o.v. gemiddelde T_a van dat beregende gewas over gehele gebied (Tabel 7).

Type	Gewas	Jaar	Berekening [mm]	Ta [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	60	299	5%
Beekdalen	Aardappel	2018	118	322	13%
Beekdalen	Aardappel	2016	24	319	12%
Flanken	Aardappel	Gemiddeld	85	277	-3%
Flanken	Aardappel	2018	145	300	5%
Flanken	Aardappel	2016	46	294	3%
Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	78	280	-2%
Hoge koppen	Aardappel	2018	137	303	6%
Hoge koppen	Aardappel	2016	39	301	5%
Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	71	474	5%
Beekdalen	Gras, blijvend	2018	118	505	12%
Beekdalen	Gras, blijvend	2016	40	478	6%
Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	115	436	-3%
Flanken	Gras, blijvend	2018	160	468	4%
Flanken	Gras, blijvend	2016	77	443	-1%
Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	111	439	-2%
Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	156	470	5%
Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	69	444	-1%
Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	98	380	3%
Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	143	414	12%
Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	71	385	4%
Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	129	353	-5%
Flanken	Gras, tijdelijk	2018	174	388	5%
Flanken	Gras, tijdelijk	2016	97	362	-2%
Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	99	378	2%
Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	154	405	9%
Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	50	398	7%
Flanken	Groenten	Gemiddeld	25	228	1%
Flanken	Groenten	2018	62	252	11%
Flanken	Groenten	2016	20	236	5%
Hoge koppen	Groenten	Gemiddeld	26	224	-1%
Hoge koppen	Groenten	2018	50	249	10%
Hoge koppen	Groenten	2016	25	236	4%
Beekdalen	Snijmais	Gemiddeld	62	343	4%
Beekdalen	Snijmais	2018	113	374	14%
Beekdalen	Snijmais	2016	44	356	8%
Flanken	Snijmais	Gemiddeld	81	325	-1%
Flanken	Snijmais	2018	132	355	8%
Flanken	Snijmais	2016	69	334	1%
Hoge koppen	Snijmais	Gemiddeld	88	320	-3%
Hoge koppen	Snijmais	2018	144	347	5%
Hoge koppen	Snijmais	2016	69	332	1%
Beekdalen	Suikerbieten	Gemiddeld	35	348	5%
Beekdalen	Suikerbieten	2018	76	386	16%
Beekdalen	Suikerbieten	2016	22	355	7%
Flanken	Suikerbieten	Gemiddeld	51	334	1%
Flanken	Suikerbieten	2018	94	365	10%
Flanken	Suikerbieten	2016	36	346	4%
Hoge koppen	Suikerbieten	Gemiddeld	71	314	-5%
Hoge koppen	Suikerbieten	2018	115	343	3%
Hoge koppen	Suikerbieten	2016	67	314	-5%
Flanken	Uien	Gemiddeld	66	296	0%
Flanken	Uien	2018	119	314	6%
Flanken	Uien	2016	42	299	1%
Hoge koppen	Uien	Gemiddeld	72	297	0%
Hoge koppen	Uien	2018	125	312	5%
Hoge koppen	Uien	2016	50	297	0%

Bijlage C – Doelgat GVG en doelgat droogtestress voor grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie

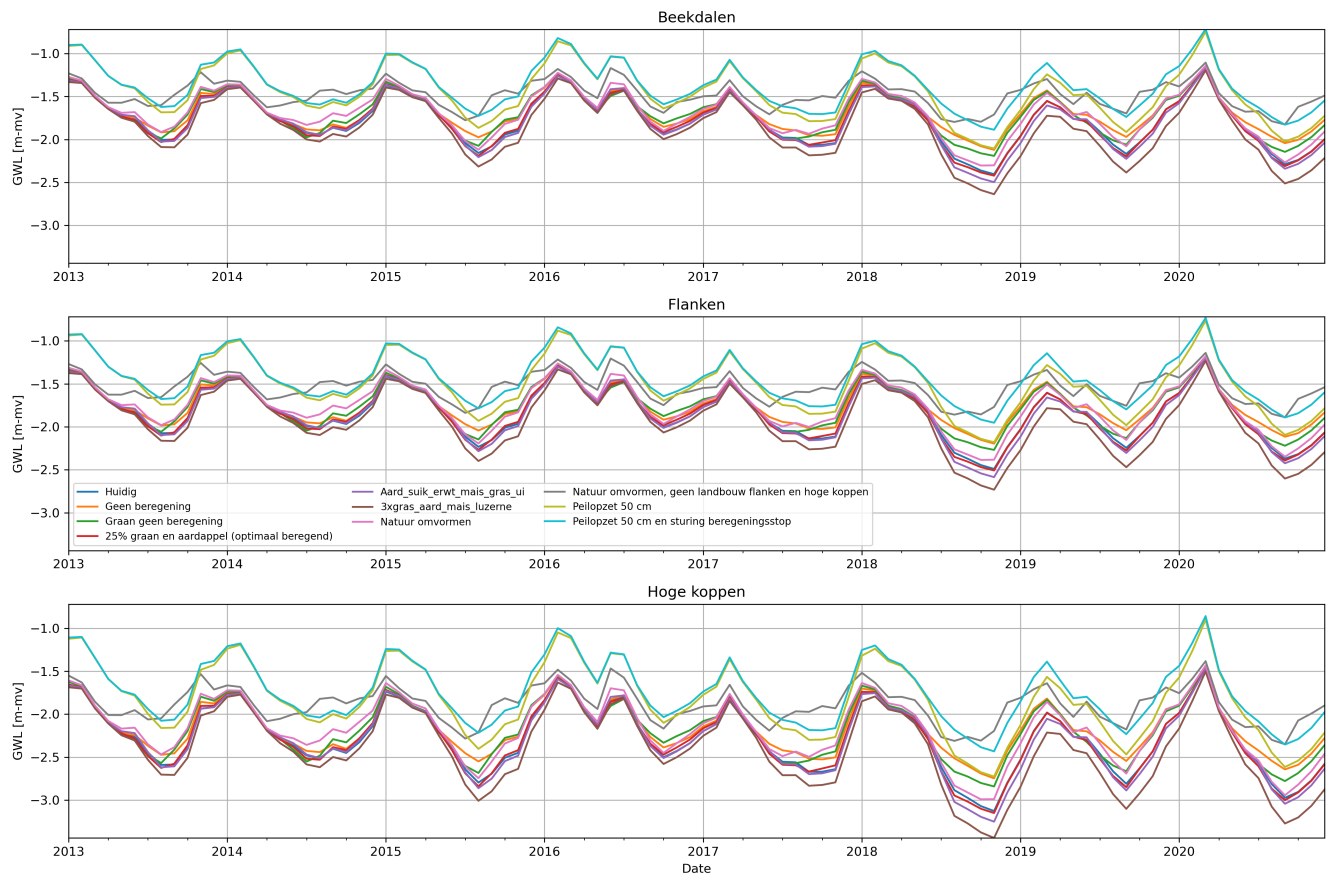


Figuur 4.1 Doelgat voor GVG voor grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie. Doelgat is hier gedefinieerd als het aantal cm dat de GVG omhoog moet om een doelrealisatie van 100% voor de GVG te bereiken.



Figuur 42 Doelgat voor droogtestress voor grondwaterafhankelijke natuur voor de huidige situatie. Hierin is het doelgat gedefinieerd als het aantal dagen dat de droogtestress moet worden verhoogd of verlaagd.

Bijlage D – Effecten op grondwaterstanden



Figuur 43 Gesimuleerde grondwaterstanden gemiddeld per jaar, maand en gebiedstype voor de huidige situatie en de verschillende maatregelen.

Tabel 34 Effecten van maatregelen op gemiddelde grondwaterstand maart-april en laagste grondwaterstand april-september voor een gemiddeld jaar per gebiedstype. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Eenheden huidig zijn in m-mv en verschillen zijn weergegeven in m. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect.

Scenario	Type	Jaar	Huidig, mrt-apr	Vershil, mrt-apr	Huidig, apr-sep	Vershil, apr-sep
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	-0.03	-2.09	-0.14
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0	-2.09	-0.04
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0	-2.09	-0.02
Graan, geen beregening	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.02	-2.09	0.09
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.02	-2.09	0.15
Natuur omvormen	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.03	-2.09	0.07
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.1	-2.09	0.39
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.37	-2.09	0.29
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gemiddeld	-1.52	0.39	-2.09	0.41
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gemiddeld	-1.57	-0.03	-2.17	-0.15
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0	-2.17	-0.04
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0	-2.17	-0.02
Graan, geen beregening	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.02	-2.17	0.09
Huidig, geen beregening	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.02	-2.17	0.16
Natuur omvormen	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.03	-2.17	0.07
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.1	-2.17	0.4
Peilopzet 50cm	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.39	-2.17	0.3
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gemiddeld	-1.57	0.41	-2.17	0.43
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	-0.04	-2.71	-0.19
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0	-2.71	-0.05
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0	-2.71	-0.02
Graan, geen beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.03	-2.71	0.12
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.02	-2.71	0.21
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.04	-2.71	0.1
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.13	-2.71	0.52
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.5	-2.71	0.39
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gemiddeld	-1.93	0.53	-2.71	0.55

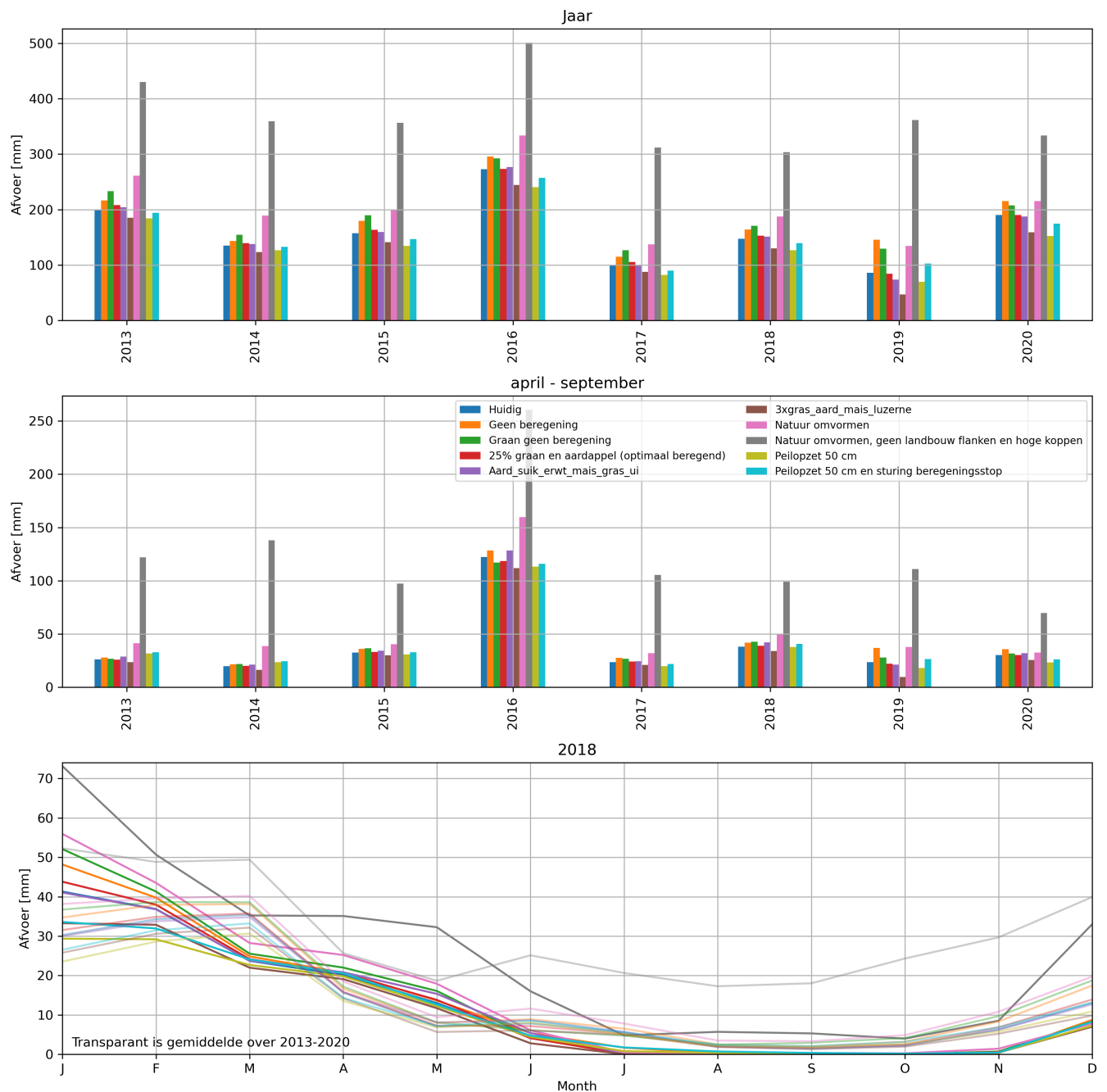
Tabel 35 Effecten van maatregelen op gemiddelde grondwaterstand maart-april en laagste grondwaterstand april-september voor het droge jaar 2018 per gebiedstype. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Eenheden huidig zijn in m-mv en verschillen zijn weergegeven in m. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect.

Scenario	Type	Jaar	Huidig, mrt-apr	Vershil, mrt-apr	Huidig, apr-sep	Vershil, apr-sep
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2018	-1.52	-0.01	-2.29	-0.22
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2018	-1.52	0	-2.29	-0.1
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2018	-1.52	0	-2.29	-0.03
Graan, geen beregening	Beekdalen	2018	-1.52	0.02	-2.29	0.18
Huidig, geen beregening	Beekdalen	2018	-1.52	0.01	-2.29	0.28
Natuur omvormen	Beekdalen	2018	-1.52	0.04	-2.29	0.05
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2018	-1.52	0.11	-2.29	0.49
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2018	-1.52	0.4	-2.29	0.3
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	2018	-1.52	0.41	-2.29	0.51
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2018	-1.57	-0.01	-2.37	-0.23
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2018	-1.57	0	-2.37	-0.1
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2018	-1.57	0	-2.37	-0.03
Graan, geen beregening	Flanken	2018	-1.57	0.02	-2.37	0.19
Huidig, geen beregening	Flanken	2018	-1.57	0.01	-2.37	0.29
Natuur omvormen	Flanken	2018	-1.57	0.04	-2.37	0.05
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Flanken	2018	-1.57	0.11	-2.37	0.51
Peilopzet 50cm	Flanken	2018	-1.57	0.41	-2.37	0.31
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	2018	-1.57	0.43	-2.37	0.53
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2018	-1.94	-0.02	-2.97	-0.3
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2018	-1.94	0	-2.97	-0.13
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2018	-1.94	0.01	-2.97	-0.04
Graan, geen beregening	Hoge koppen	2018	-1.94	0.02	-2.97	0.25
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	2018	-1.94	0.01	-2.97	0.37
Natuur omvormen	Hoge koppen	2018	-1.94	0.06	-2.97	0.06
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Hoge koppen	2018	-1.94	0.14	-2.97	0.66
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2018	-1.94	0.53	-2.97	0.4
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	2018	-1.94	0.55	-2.97	0.69

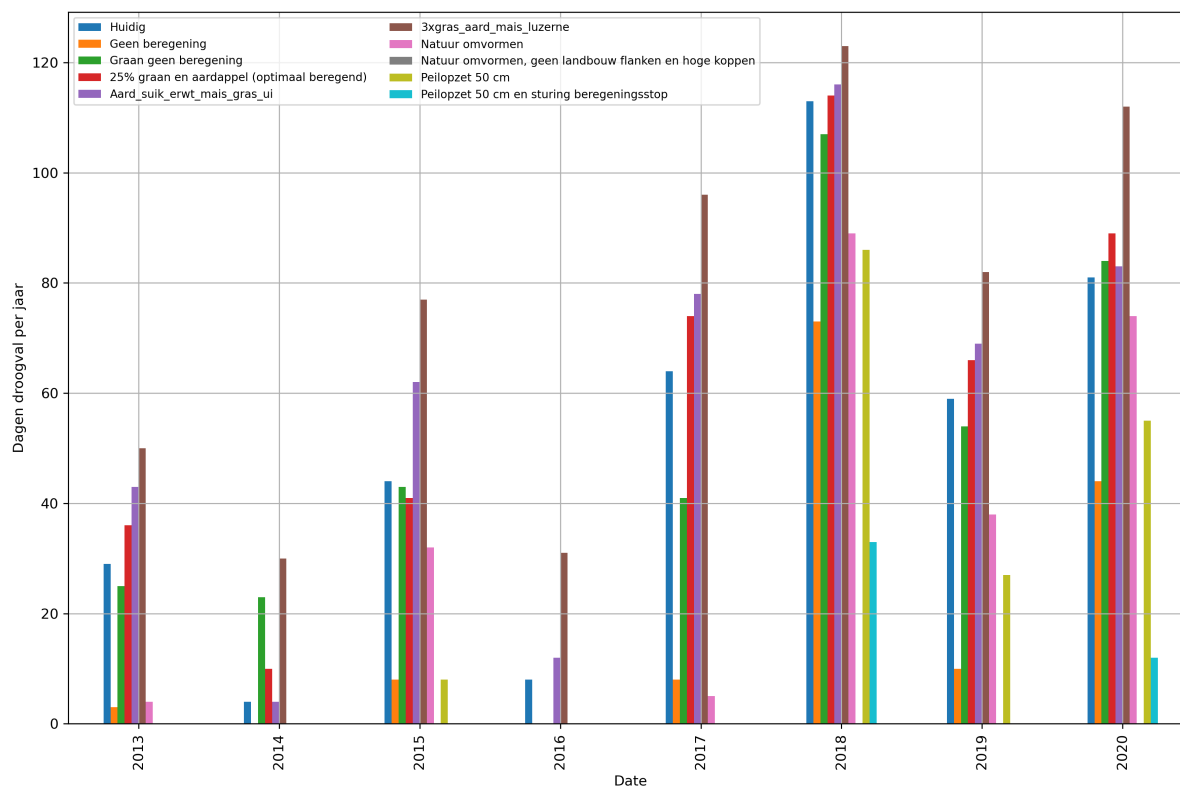
Tabel 36 Effecten van maatregelen op gemiddelde grondwaterstand maart-april en laagste grondwaterstand april-september voor het natte jaar 2016 per gebiedstype. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Eenheden huidige zijn in m-mv en verschillen zijn weergegeven in m. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect.

Scenario	Type	Jaar	Huidig, mrt-apr	Vershil, mrt-apr	Huidig, apr-sep	Vershil, apr-sep
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	2016	-1.44	-0.01	-1.83	-0.05
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	2016	-1.44	0	-1.83	-0.01
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	2016	-1.44	0	-1.83	0.01
Graan, geen berekening	Beekdalen	2016	-1.44	0.01	-1.83	0.1
Huidig, geen berekening	Beekdalen	2016	-1.44	0.01	-1.83	0.07
Natuur omvormen	Beekdalen	2016	-1.44	0.03	-1.83	0.04
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	2016	-1.44	0.08	-1.83	0.22
Peilopzet 50cm	Beekdalen	2016	-1.44	0.42	-1.83	0.31
Peilopzet 50cm sturing gwI	Beekdalen	2016	-1.44	0.44	-1.83	0.34
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	2016	-1.48	-0.01	-1.9	-0.05
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	2016	-1.48	0	-1.9	-0.01
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	2016	-1.48	0	-1.9	0.01
Graan, geen berekening	Flanken	2016	-1.48	0.01	-1.9	0.11
Huidig, geen berekening	Flanken	2016	-1.48	0.01	-1.9	0.07
Natuur omvormen	Flanken	2016	-1.48	0.03	-1.9	0.04
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Flanken	2016	-1.48	0.09	-1.9	0.22
Peilopzet 50cm	Flanken	2016	-1.48	0.44	-1.9	0.32
Peilopzet 50cm sturing gwI	Flanken	2016	-1.48	0.45	-1.9	0.36
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	2016	-1.83	-0.01	-2.36	-0.06
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	2016	-1.83	0	-2.36	-0.01
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	2016	-1.83	0	-2.36	0.02
Graan, geen berekening	Hoge koppen	2016	-1.83	0.01	-2.36	0.14
Huidig, geen berekening	Hoge koppen	2016	-1.83	0.01	-2.36	0.09
Natuur omvormen	Hoge koppen	2016	-1.83	0.04	-2.36	0.05
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Hoge koppen	2016	-1.83	0.11	-2.36	0.29
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	2016	-1.83	0.57	-2.36	0.41
Peilopzet 50cm sturing gwI	Hoge koppen	2016	-1.83	0.59	-2.36	0.46

Bijlage E – Effecten op afvoer en dagen droogval van de beek



Figuur 44 Gesimuleerde gebiedsafvoer op jaarbasis, seizoensbasis en voor 2018 voor de huidige situatie en de verschillende maatregelen.



Figuur 45 Gesimuleerde aantal dagen per jaar dat de beek droogvalt.

Tabel 37 Samenvatting van afvoerstatistieken van de verschillende maatregelen. Eenheden van afvoer zijn mm. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. Blauw betekent positief effect en rood betekent negatief effect. Afvoer totaal is de totale afvoer op jaarbasis, terwijl afvoer apr-sep de totale afvoer is gedurende april t/m september.

Scenario	Jaar	Afvoer totaal	Afvoer apr-sep	Dagen droogval	Totaal verschil	Apr-sep verschil	Dagen droogval verschil
3xgras_aard_mais_luzerne	Gemiddeld	140	34	75	-22	-6	25
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Gemiddeld	161	42	58	0	2	8
Aardappel en graan 25%, optimaal	Gemiddeld	165	39	54	4	0	4
Graan, geen beregening	Gemiddeld	188	42	47	27	2	-3
Huidig, beregening	Gemiddeld	161	40	50	0	0	0
Huidig, geen beregening	Gemiddeld	184	45	18	23	5	-32
Natuur omvormen	Gemiddeld	207	54	30	46	14	-20
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Gemiddeld	370	125	0	209	86	-50
Peilopzet 50cm	Gemiddeld	139	37	22	-22	-2	-28
Peilopzet 50cm sturing gwl	Gemiddeld	155	40	6	-7	1	-45
3xgras_aard_mais_luzerne	2018	130	34	123	-18	-4	10
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	2018	151	42	116	4	4	3
Aardappel en graan 25%, optimaal	2018	153	39	114	5	1	1
Graan, geen beregening	2018	171	43	107	23	5	-6
Huidig, beregening	2018	147	38	113	0	0	0
Huidig, geen beregening	2018	164	42	73	16	4	-40
Natuur omvormen	2018	188	50	89	40	12	-24
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	2018	304	99	0	156	61	-113
Peilopzet 50cm	2018	127	38	86	-21	0	-27
Peilopzet 50cm sturing gwl	2018	139	41	33	-8	3	-80
3xgras_aard_mais_luzerne	2016	245	112	31	-28	-11	23
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	2016	277	128	12	4	6	4
Aardappel en graan 25%, optimaal	2016	273	119	0	0	-4	-8
Graan, geen beregening	2016	292	117	0	19	-5	-8
Huidig, beregening	2016	273	122	8	0	0	0
Huidig, geen beregening	2016	296	128	0	23	6	-8
Natuur omvormen	2016	334	160	0	61	37	-8
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	2016	501	261	0	228	138	-8
Peilopzet 50cm	2016	241	113	0	-32	-9	-8
Peilopzet 50cm sturing gwl	2016	257	116	0	-16	-7	-8

Bijlage F – Effecten op beregening en droge stofproductie

Tabel 38 Effect van maatregelen op beregening en droge stofproductie aardappel.

Scenario	Type	Gewas	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	64	4%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	64	4%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	96	16%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Aardappel</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>60</i>	<i>5%</i>
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	0	-9%
Natuur omvormen	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	58	6%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	49	9%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	43	11%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Aardappel	Gemiddeld	0	2%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	83	-2%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	81	-2%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	135	12%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Aardappel</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>85</i>	<i>-3%</i>
Huidig, geen beregening	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	0	-24%
Natuur omvormen	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	84	-3%
Peilopzet 50cm	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	72	1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Aardappel	Gemiddeld	0	-17%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	76	-1%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	78	-2%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	131	13%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Aardappel</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>78</i>	<i>-2%</i>
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	0	-22%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	78	-1%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	67	3%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Aardappel	Gemiddeld	1	-13%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Aardappel	2018	122	12%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Aardappel	2018	123	11%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Aardappel	2018	180	34%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Aardappel</i>	<i>2018</i>	<i>118</i>	<i>13%</i>
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Aardappel	2018	0	-17%
Natuur omvormen	Beekdalen	Aardappel	2018	114	14%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Aardappel	2018	102	17%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Aardappel	2018	92	20%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Aardappel	2018	0	-2%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Aardappel	2018	143	6%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Aardappel	2018	141	6%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Aardappel	2018	219	30%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Aardappel</i>	<i>2018</i>	<i>145</i>	<i>5%</i>
Huidig, geen beregening	Flanken	Aardappel	2018	0	-35%
Natuur omvormen	Flanken	Aardappel	2018	144	5%
Peilopzet 50cm	Flanken	Aardappel	2018	126	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Aardappel	2018	0	-28%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Aardappel	2018	133	7%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Aardappel	2018	138	6%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Aardappel	2018	213	31%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Aardappel</i>	<i>2018</i>	<i>137</i>	<i>6%</i>
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Aardappel	2018	0	-33%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Aardappel	2018	137	7%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Aardappel	2018	126	10%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Aardappel	2018	0	-24%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Aardappel	2016	26	11%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Aardappel	2016	28	10%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Aardappel	2016	46	17%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Aardappel</i>	<i>2016</i>	<i>24</i>	<i>12%</i>
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Aardappel	2016	0	6%
Natuur omvormen	Beekdalen	Aardappel	2016	22	12%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Aardappel	2016	17	15%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Aardappel	2016	9	18%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Aardappel	2016	2	16%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Aardappel	2016	43	4%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Aardappel	2016	42	5%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Aardappel	2016	86	12%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Aardappel</i>	<i>2016</i>	<i>46</i>	<i>3%</i>
Huidig, geen beregening	Flanken	Aardappel	2016	0	-9%
Natuur omvormen	Flanken	Aardappel	2016	45	4%
Peilopzet 50cm	Flanken	Aardappel	2016	22	12%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Aardappel	2016	2	9%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Aardappel	2016	39	6%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Aardappel	2016	40	5%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Aardappel	2016	77	14%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Aardappel</i>	<i>2016</i>	<i>39</i>	<i>5%</i>
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Aardappel	2016	0	-4%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Aardappel	2016	37	6%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Aardappel	2016	25	12%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Aardappel	2016	7	9%

Tabel 39 Effect van maatregelen op beregening en droge stofproductie tijdelijk grasland.

Scenario	Type	Gewas	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	87	5%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	77	7%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>98</i>	<i>3%</i>
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	0	-15%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	97	3%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	90	5%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	81	7%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	6	-7%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	117	-2%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	116	-2%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>129</i>	<i>-5%</i>
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	0	-29%
Natuur omvormen	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	129	-5%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	111	-1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	7	-19%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	109	0%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	104	1%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>99</i>	<i>2%</i>
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	0	-17%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	96	3%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	70	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	Gemiddeld	6	0%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	134	13%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	124	15%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>2018</i>	<i>143</i>	<i>12%</i>
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	0	-18%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	142	12%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	131	14%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	119	16%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2018	10	-6%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	161	7%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	161	7%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>2018</i>	<i>174</i>	<i>5%</i>
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	0	-33%
Natuur omvormen	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	174	5%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	153	7%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gras, tijdelijk	2018	11	-23%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	155	8%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	151	9%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>2018</i>	<i>154</i>	<i>9%</i>
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	0	-25%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	145	10%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	121	16%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2018	8	-3%
3xgras_aard_mais_luzerne	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	49	8%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	43	10%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>2016</i>	<i>71</i>	<i>4%</i>
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	0	-5%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	69	4%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	63	6%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	45	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gras, tijdelijk	2016	17	5%
3xgras_aard_mais_luzerne	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	79	1%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	80	1%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>2016</i>	<i>97</i>	<i>-2%</i>
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	0	-15%
Natuur omvormen	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	96	-2%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	63	5%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gras, tijdelijk	2016	23	-1%
3xgras_aard_mais_luzerne	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	65	3%
Aard_suik_erwt_mais_gras_ui	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	61	5%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Gras, tijdelijk</i>	<i>2016</i>	<i>50</i>	<i>7%</i>
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	0	1%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	49	8%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	31	13%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gras, tijdelijk	2016	16	11%

Tabel 4o Effect van maatregelen op beregening en droge stofproductie blijvend grasland.

Scenario	Type	Gewas	Jaar	Beregening [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	73	5%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>Gemiddeld</i>	71	5%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	0	-4%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	69	6%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	57	9%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	48	10%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gras, blijvend	Gemiddeld	2	4%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	116	-3%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>Gemiddeld</i>	115	-3%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	0	-21%
Natuur omvormen	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	114	-3%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	88	2%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gras, blijvend	Gemiddeld	3	-11%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	109	-2%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>Gemiddeld</i>	111	-2%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	0	-21%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	109	-2%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	93	1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gras, blijvend	Gemiddeld	8	-12%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	120	12%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>2018</i>	118	12%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	0	-7%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	115	13%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	99	16%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	86	18%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gras, blijvend	2018	3	6%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gras, blijvend	2018	160	4%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>2018</i>	160	4%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, blijvend	2018	0	-26%
Natuur omvormen	Flanken	Gras, blijvend	2018	159	4%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gras, blijvend	2018	132	8%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gras, blijvend	2018	6	-14%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	153	5%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>2018</i>	156	5%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	0	-26%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	154	5%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	141	8%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gras, blijvend	2018	13	-16%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	39	6%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Beekdalen</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>2016</i>	40	6%
Huidig, geen beregening	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	0	2%
Natuur omvormen	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	37	7%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	30	8%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	19	10%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Gras, blijvend	2016	5	8%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Gras, blijvend	2016	78	-2%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Flanken</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>2016</i>	77	-1%
Huidig, geen beregening	Flanken	Gras, blijvend	2016	0	-11%
Natuur omvormen	Flanken	Gras, blijvend	2016	74	-1%
Peilopzet 50cm	Flanken	Gras, blijvend	2016	40	5%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Gras, blijvend	2016	10	1%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	66	-1%
<i>Huidig, beregening</i>	<i>Hoge koppen</i>	<i>Gras, blijvend</i>	<i>2016</i>	69	-1%
Huidig, geen beregening	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	0	-11%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	68	-1%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	47	4%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Gras, blijvend	2016	21	-1%

Tabel 41 Effect van maatregelen op beregning en droge stofproductie snijmaïs.

Scenario	Type	Gewas	Jaar	Beregning [mm]	Vershil droge stofproductie [%]
3xgras_aard_maïs_luzerne	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	64	4%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	66	3%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	59	5%
Huidig, beregning	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	62	4%
Huidig, geen beregning	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	0	-8%
Natuur omvormen	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	61	5%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	53	7%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	48	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Snijmaïs	Gemiddeld	0	0%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	81	-1%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	81	-1%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	80	-1%
Huidig, beregning	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	81	-1%
Huidig, geen beregning	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	0	-19%
Natuur omvormen	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	80	-1%
Peilopzet 50cm	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	69	2%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Snijmaïs	Gemiddeld	1	-12%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	92	-4%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	89	-3%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	89	-3%
Huidig, beregning	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	88	-3%
Huidig, geen beregning	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	0	-23%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	87	-3%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	74	1%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Snijmaïs	Gemiddeld	1	-14%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Beekdalen	Snijmaïs	2018	118	12%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Beekdalen	Snijmaïs	2018	118	12%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Snijmaïs	2018	111	14%
Huidig, beregning	Beekdalen	Snijmaïs	2018	113	14%
Huidig, geen beregning	Beekdalen	Snijmaïs	2018	0	-12%
Natuur omvormen	Beekdalen	Snijmaïs	2018	111	14%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Snijmaïs	2018	102	17%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Snijmaïs	2018	95	19%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Snijmaïs	2018	0	-1%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Flanken	Snijmaïs	2018	132	8%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Flanken	Snijmaïs	2018	130	8%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Snijmaïs	2018	131	8%
Huidig, beregning	Flanken	Snijmaïs	2018	132	8%
Huidig, geen beregning	Flanken	Snijmaïs	2018	0	-25%
Natuur omvormen	Flanken	Snijmaïs	2018	131	8%
Peilopzet 50cm	Flanken	Snijmaïs	2018	121	11%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Snijmaïs	2018	0	-18%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	147	5%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	145	5%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	146	5%
Huidig, beregning	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	144	5%
Huidig, geen beregning	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	0	-31%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	143	6%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	131	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Snijmaïs	2018	0	-22%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Beekdalen	Snijmaïs	2016	42	9%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Beekdalen	Snijmaïs	2016	48	7%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Beekdalen	Snijmaïs	2016	39	10%
Huidig, beregning	Beekdalen	Snijmaïs	2016	44	8%
Huidig, geen beregning	Beekdalen	Snijmaïs	2016	0	-1%
Natuur omvormen	Beekdalen	Snijmaïs	2016	42	9%
Natuur omvormen en geen landbouw flanken hoge koppen	Beekdalen	Snijmaïs	2016	33	11%
Peilopzet 50cm	Beekdalen	Snijmaïs	2016	21	15%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Beekdalen	Snijmaïs	2016	2	12%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Flanken	Snijmaïs	2016	66	2%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Flanken	Snijmaïs	2016	69	1%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Flanken	Snijmaïs	2016	66	2%
Huidig, beregning	Flanken	Snijmaïs	2016	69	1%
Huidig, geen beregning	Flanken	Snijmaïs	2016	0	-13%
Natuur omvormen	Flanken	Snijmaïs	2016	65	2%
Peilopzet 50cm	Flanken	Snijmaïs	2016	39	9%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Flanken	Snijmaïs	2016	5	3%
3xgras_aard_maïs_luzerne	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	75	-1%
Aard_suik_erwt_maïs_gras_ui	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	71	0%
Aardappel en graan 25%, optimaal	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	69	0%
Huidig, beregning	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	69	1%
Huidig, geen beregning	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	0	-15%
Natuur omvormen	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	65	1%
Peilopzet 50cm	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	44	8%
Peilopzet 50cm sturing gwl	Hoge koppen	Snijmaïs	2016	9	2%



© KnowH2O - 2023