

VERKENNING SCENARIO'S MET HOGERE PEILEN IN HET VOORJAAR

EFFECTEN OP GRONDWATERVOORRAAD, DRAAGKRACHT,
LANDBOUWOPBRENGST EN UITSPOELING



RAPPORT

2026
21

VERKENNING SCENARIO'S MET HOGERE PEILEN
IN HET VOORJAAR
EFFECTEN OP GRONDWATERSVOORRAAD, DRAAGKRACHT,
LANDBOUWOPBRENGST EN UITSPOELING

RAPPORT

2026

21

ISBN 978.94.6479.131.0



Amersfoort, mei 2026

Uitgave	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA Postbus 2180 3800 CD Amersfoort
Auteurs	Arjan ter Harmsel, Arcadis Wilco Klutman, Arcadis Arjon Buijert, Arcadis Sanne van de Veen, Arcadis Jan Pieter Willemsen, Arcadis Gerard Abbink, Groeikracht BV
Begeleidingscommissie	Rob Ruijtenberg, STOWA Michelle Talsma, STOWA Bas Worm, Waterschap Vechtstromen Bram te Brake, Waterschap Rijn en IJssel Gerry Roelofs, Waterschap Rijn en IJssel Michelle Berg, Waterschap De Dommel Joachim Hunink, Waterschap Aa en Maas Desirée Uitdewilligen, Waterschap Scheldestromen (deelname tot 01-11-25)
Foto omslag	Shutterstock
Vormgeving	Buro Vormvast Uitgeest
STOWA	STOWA 2026-21
ISBN	978.94.6479.131.0

Disclaimer

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

Copyright

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.



TEN GELEIDE

Waterbeheerders staan voor een steeds complexere opgave. Enerzijds is er de maatschappelijke wens om water langer vast te houden om de zoetwatervoorraad te vergroten en zo de gevolgen van toenemende droogte en bodemdaling en te beperken. Anderzijds vraagt de gangbare landbouw om een bodem met voldoende draagkracht om percelen te kunnen bewerken. Dat laatste vraagt om een (tijdelijk) lager waterpeil, vooral in het voorjaar. De vraag welk peilbeheer het meest wenselijk is in landbouwgebieden, wordt steeds relevanter.

Om waterbeheerders te ondersteunen in hun afwegingen heeft STOWA deze verkennende studie laten uitvoeren naar de effecten van verschillende peilscenario's in het voorjaar. In alle scenario's gaat het om verhoogde oppervlaktewaterpeilen om het water vast te houden, met als gevolg hogere grondwaterstanden.

Dit onderzoek richtte zich op de gevolgen van aangepast peilbeheer voor de grondwatervoorraad, de draagkracht van de bodem, de landbouwopbrengst en de uitspoeling van nutriënten. Daarmee biedt het een eerste inzicht in de kansen voor aangepast peilbeheer en in aandachtspunten bij het langer vasthouden van water. Het onderzoek richtte zich op de gangbare landbouw.

Modelresultaten laten zien dat hogere waterpeilen in het voorjaar daadwerkelijk leiden tot hogere grondwaterstanden en een grotere grondwatervoorraad. Te hoge peilen kunnen echter negatieve gevolgen hebben voor de landbouw omdat percelen pas later in het voorjaar bewerkbaar zijn. Het aantal beschikbare dagen voor gewasgroei neemt dan af.

De gevolgen van hogere peilen verschillen per gebiedstype, per gewas en hangen sterk af van het weer. Vooral de meteorologische omstandigheden in de voorafgaande winter blijken bepalend: na een droge winter is er meer ruimte om water vast te houden zonder nadelen voor de landbouw. Bij een natte winter kunnen negatieve effecten optreden.

Een belangrijke conclusie van deze verkenning is dat er geen universeel optimaal peilbeheer bestaat. Een hoger peil kan werken in het ene gebied of voor een bepaald gewas, maar op een andere plek of voor een ander gewas niet. De resultaten onderstrepen daarmee het belang van regionaal en lokaal maatwerk. Adaptief peilbeheer, waarbij waterpeilen continu worden afgestemd op actuele grondwaterstanden, weersverwachtingen en gebiedskenmerken lijkt veelbelovend in plaats van peilbeheer op min of meer vaste momenten.

Dit rapport biedt geen blauwdruk, maar reikt waardevolle kennis aan voor de verdere ontwikkeling van een meer adaptief peilbeheer in agrarische gebieden. De resultaten helpen om het gesprek te voeren over hoe water langer vast kan worden gehouden met oog voor de landbouwproductie.

Wij hopen dat deze verkenning bijdraagt aan verdere kennisontwikkeling rondom adaptief peilbeheer en zo tot een meer klimaatbestendig Nederland.

Mark van der Werf
Directeur STOWA



1

BEVINDINGEN

Er is een maatschappelijk breed gedragen oproep aan waterbeheerders om water meer en langer vast te houden. Het beeld bestaat dat Nederland is ingericht op ont- en afwatering. Aan de andere kant maken agrariërs zich zorgen dat langer water vasthouden ertoe leidt dat ze pas later het land op kunnen. Door deze verschillende belangen worstelen waterbeheerders met de in te stellen waterpeilen, zowel qua hoogte als qua periode. Om meer inzicht te verkrijgen in de in te stellen peilen, heeft STOWA aan Arcadis opdracht verleend voor een eerste verkenning van de effecten van anders omgaan met het waterpeil, met name in het voorjaar. Op grond van de conclusies uit deze eerste verkenning zijn de onderstaande bevindingen geformuleerd.

HOGERE PEILEN IN HET VOORJAAR HOUDEN MEER WATER VAST

Uit de verkennende berekeningen komt naar voren dat de peilbeheerscenario's effecten hebben. Het achterliggende doel van dit andere peilbeheer is om meer water vast te houden. De verwachting is dat daarmee meer water langer beschikbaar blijft na het voorjaar. Beschikbaar voor bijvoorbeeld natuur en landbouw, zodat droogte in de zomer daarop minder effect heeft. Het watersysteem is dan minder kwetsbaar voor extreme droogte en daarmee robuuster. De berekeningen tonen aan dat dit ander peilbeheer inderdaad leidt tot een hogere grondwaterstand en een grotere grondwatervoorraad. Kort door de bocht: het andere vaste peilbeheer is hydrologisch positief.

DE VOORGESCHIEDENIS BEPAALT DE SPEELRUIMTE VOOR HET PEILBEHEER

Na een droge periode is de grondwaterstand lager dan gemiddeld. Dan is het langer hoog houden van het oppervlaktewaterpeil een goede maatregel om het water erna vast te houden. Negatieve effecten op de landbouw blijven dan beperkt. Een droge voorafgaande periode biedt dus ruimte voor hogere peilen daarna. Andersom is het zo, dat de speelruimte na een natte winter beperkt is. De grondwaterstanden zijn dan relatief hoog. Er is dan beperkt tot geen ruimte meer voor een nog hogere grondwaterstand door peil op te zetten. Dit werkt dan direct negatief door op de landbouw.

DE STUURBAARHEID VAN DE GRONDWATERSTAND IS BEPERKT

De mate waarin de grondwaterstand kan worden gestuurd door peilbeheer is beperkt. Als er een neerslagtekort is, dan zal de grondwaterstand blijven zakken t.g.v. verdamping en trage grondwaterstroming naar laagste punten in het landschap.

... maar peilverlaging werkt snel door in de percelen

Een tijdelijke verlaging van 1 maand t.b.v. landbouwkundige bewerkingen, laat zien dat de grondwaterstand snel reageert hierop. Daarmee zijn de negatieve effecten op landbouw voor een groot deel te beperken. Hierna neemt het neerslagtekort al snel toe, zodat het hogere peil geen nadelen meer kent voor landbouw.

HET UITZAKKEN VAN DE GRONDWATERSTAND IN (DROGE) ZOMERS IS NIET TE VOORKOMEN

Ondanks hogere peilen in het hele voorjaar-zomer, is het niet te voorkomen dat de grondwaterstand ver uitzakt in de zomer. De mate waarin dit gebeurt hangt af van het neerslagtekort. In droge zomers het meest, in nattere zomers minder. Zonder wateraanvoer is het uitzakken in de zomer niet te voorkomen, ook niet met hogere peilen.

... maar ander peilbeheer kan grondwatervoorraad na de zomer opleveren

Bij voldoende neerslag zorgt een hoger peil in de zomer er wel voor dat ook dan meer water wordt vastgehouden. Afhankelijk van de verdamping/ netto neerslagtekort werkt dit langer of korter door in de nazomer. Het effect op de landbouwopbrengsten hangt veel meer af van de situatie in het voorjaar dan die aan het einde van de zomer.

HOGERE PEILEN IN HET VOORJAAR ZIJN VAAK NEGATIEF VOOR DE LANDBOUW

De berekeningen tonen aan dat dit ander peilbeheer inderdaad leidt tot een hogere grondwaterstand en een grotere grondwatervoorraad. De berekeningen tonen echter ook aan dat daardoor de landbouwkundige opbrengsten op jaarbasis dan meestal afnemen bij verder gelijkblijvende omstandigheden. Kort door de bocht: het andere peilbeheer is vaak negatief voor de landbouw.

VOOR GEWASOPBRENGST IS HET AANTAL BESCHIKBARE GROEIDAGEN BEPALEND

Gewasopbrengst hangt niet alleen direct af van de grondwaterstand. Een hoge grondwaterstand in het voorjaar kan betekenen dat bemesting en inzaaien vertraagd wordt en dat de bodemtemperatuur langer laag blijft. Daarmee neemt het aantal groeidagen af. Dit wordt niet gecompenseerd door een betere vochtbeschikbaarheid later in het groeiseizoen. Dat wat je in het voorjaar kwijtraakt, verdien je niet meer terug in het najaar.

OPTIMAAL PEILBEHEER VERSCHILT VAN GEBIED TOT GEBIED, EN VAN GEWAS TOT GEWAS

Wat het optimale peilbeheer is, verschilt van gebied tot gebied. In de eerste plaats door de gebiedskenmerken, zoals zand of klei, hoge grond of beekdal. In de tweede plaats stelt elk gewas zijn eigen eisen aan de grondwaterstand. Omdat er in de praktijk altijd sprake is van een afwisseling aan gebiedstypen en landgebruik, zal het peilbeheer in een peilvak of een afwateringseenheid altijd een afweging van verschillende belangen vergen.

... en dat betekent dat regionaal en lokaal maatwerk nodig is

Welk peilbeheer optimaal is vergt een gebiedsspecifieke uitwerking tot op perceelsniveau. Immers bodemkenmerken en gewassen verschillen per perceel, en die laatste soms ook per jaar. Andersom is er ook maatwerk nodig voor ruimtegebruik en gewaskeuze als we uitgaan van de wens om meer water vast te houden. De nu berekende gewasopbrengsten gaan uit van reguliere landbouwpraktijk en van vaste momenten van peilaanpassingen – niet van maatwerk.

UITSPOELING VAN NUTRIËNTEN REAGEERT OP PEILBEHEER

Het peilbeheer heeft invloed op de uitspoeling van nutriënten. Kennelijk spelen het gebiedstype en het gewas een grotere rol dan het aanpassen van alleen het peilbeheer. Positieve effecten zijn er meer bij mais dan bij gras.

... maar het beeld is niet eenduidig

Want er is een grote spreiding in de resultaten, van negatief tot positief.

OPTIMAAL PEILBEHEER IS ADAPTIEF PEILBEHEER

Deze 1^e verkenning geeft aan dat het peilbeheer positieve effecten kan hebben, en dat het succes mede wordt bepaald door de meteorologische voorgeschiedenis, en ook het landgebruik ter plekke. Adaptief peilbeheer ligt dan voor de hand. Dat is een vorm van peilbeheer “met de vinger aan de pols”. Real-time inzicht in de grondwaterstand en de weersvoorspelling voor de komende weken zijn factoren die de optimale vorm van peilbeheer bepalen. Scenario C (korte periode laag peil, rest van het jaar hoog) illustreert dit al, terwijl dat nog uitgaat van vaste momenten van peilaanpassing. In de praktijk moet deze periode dan variëren op basis van de weersvoorspelling en het monitoren van extreme neerslaggebeurtenissen.

STOWA IN HET KORT

KENNIS OVER WATER, VOOR NU ÉN LATER

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer – kortweg STOWA – is het kennisplatform van de Nederlandse waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat. Vanuit Amersfoort werken we aan het ontwikkelen, verzamelen, verspreiden en implementeren van toegepaste kennis. Die kennis hebben waterbeheerders nodig om de opgaven waar zij voor staan, goed uit te kunnen voeren. Of het nu gaat om klimaatadaptatie (zowel stedelijk als landelijk gebied), een goede waterkwaliteit, duurzame en effectieve afvalwaterzuivering, veilige dijken en kaden, energietransitie of circulaire economie.

Het soort kennis dat wij ontwikkelen, is breed: technisch en natuurwetenschappelijk, maar soms ook bestuurlijk en/of juridisch. Om te zorgen dat die kennis kan worden toegepast in de praktijk, presenteren we onze onderzoeksresultaten indien mogelijk in de vorm van rapporten, praktische handreikingen, tools en instrumenten. Ook faciliteren we met het oog op kennisdoorwerking leergemeenschappen en organiseren we symposia, werksessies en webinars.

Om zo veel mogelijk impact te creëren met ons werk, besteedt STOWA nadrukkelijk aandacht aan de organisatorische en menselijke factoren die de impact van ons werk kunnen beïnvloeden. Want verandering gaat via de inhoud (kennis), maar wordt gedragen door mensen. Bovendien kijken we breder dan het eigen netwerk bij het zoeken naar oplossingen. We richten onze blik daarvoor tevens op andere sectoren, gaan op zoek naar andere invalshoeken en leren van het buitenland. Via onze eigen en andermans media geven we uitleg over de achtergronden bij ons werk.

STOWA werkt vraaggestuurd en agendeert ook. We inventariseren welke kennisvragen waterbeheerders hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers: universiteiten, kennisinstututen, kennisbedrijven of adviesbureaus. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met de projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de projectresultaten de deelnemers praktische handelingsperspectieven bieden. Ieder project wordt om die reden begeleid door een commissie waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden vastgesteld door programmacommissies, waar waterbeheerders zitting in hebben.

STOWA is onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De gebruikers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan waterbeheerders te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast een cijfermatige jaarrekening een directieverslag opgenomen over de stichting en haar activiteiten. Het budget bedraagt jaarlijks ongeveer 20 miljoen euro. Onze deelnemers leggen gezamenlijk ieder jaar ongeveer 10 miljoen in als structurele bijdrage. Daarnaast ontvangen we jaarlijks ongeveer 10 miljoen euro in de vorm van bijdragen aan afzonderlijke projecten.

VERKENNING SCENARIO'S MET HOGERE PEILEN IN HET VOORJAAR

EFFECTEN OP GRONDWATERVOORRAAD, DRAAGKRACHT, LANDBOUWOPBRENGST EN UITSPOELING

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	BEVINDINGEN	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Doel en doelgroep	1
2	METHODEN	2
	2.1 Werkwijze	2
	2.2 Hoofdkeuzes	2
3	RESULTATEN EN CONCLUSIES	7
	3.1 Referentiescenario A	7
	3.2 Berekende effecten scenario B en C	8
4	ONDERLINGE VERGELIJKINGEN EN CONCLUSIES	12
BIJLAGE A	UITGANGSPUNTEN MODELLERING: VOORJAARSMOMENT	13
BIJLAGE B	GRONDWATERVOORRAAD	33
BIJLAGE C	GEWASOPBRENGST	70
BIJLAGE D	UITSPOELING NUTRIËNTEN	88
BIJLAGE E	BEGELEIDINGSGROEP EN -OVERLEGGEN	89

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Er is een maatschappelijk breed gedragen oproep aan waterbeheerders om water meer en langer vast te houden. Het beeld bestaat dat Nederland is ingericht op ont- en afwatering. Dat heeft lang goed gewerkt maar leidt nu tot ongewenste verdroging. Verdroging niet alleen voor natuur maar ook voor landbouw. Aan de andere kant maken agrariërs zich zorgen dat langer water vasthouden ertoe leidt dat ze pas later het land op kunnen. Tijdig het land op is belangrijk voor het uitrijden van mest, het zaaien van gewassen en het maaien van gras. Men geeft aan dat de eerste grassnede in het voorjaar essentieel is voor melkveehouders. De kwaliteit hiervan zou mogelijk in het geding komen door langer water vast te houden. Tenslotte leeft bij waterbeheerders ook de vraag wat langer en meer water vasthouden betekent voor de uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater, omdat bekend is dat de grondwaterstand hier invloed op heeft.

Door al deze verschillende belangen worstelen waterbeheerders met de in te stellen waterpeilen, zowel qua hoogte als qua periode. Om meer inzicht te verkrijgen in de in te stellen peilen, heeft STOWA Arcadis opdracht verleend voor een eerste verkenning van de effecten van anders omgaan met het waterpeil, met name in het voorjaar. Overigens gaat op dit moment elk waterschap op zijn eigen manier om met het te voeren peilbeheer.

1.2 DOEL EN DOELGROEP

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de interactie tussen het aanpassen van het waterpeil (hoogte en periode) in het voorjaar, de verwachte hydrologische winst en de effecten hiervan op de landbouwkundige opbrengsten en waterkwaliteit. Het gaat hierbij nadrukkelijk om een eerste verkennend onderzoek. Eventuele positieve effecten op natuur of een verminderde beregeningsbehoefte vallen buiten de scope van dit onderzoek.

Dit onderzoek moet waterbeheerders handvatten bieden door inzichtelijk te maken wat de hydrologische en landbouwkundige effecten zijn van het aanpassen van het peilbeheer. De doelgroep van dit onderzoek is daarmee het waterschap, specifiek de waterkwantiteitsbeheerders.

STOWA heeft voor dit onderzoek een begeleidingsgroep samengesteld met vertegenwoordigers van diverse waterschappen. De samenstelling en overlegmomenten zijn opgenomen in [Bijlage E](#).

Het onderzoek is uitgevoerd door Arcadis in samenwerking met Groeikracht BV.

LEESWIJZER

Na deze inleiding volgt in hoofdstuk 2 de werkwijze. De resultaten zijn samengevat in hoofdstuk 3. Afsluitend zijn conclusies, discussie en aanbevelingen opgenomen in hoofdstuk 4.

2

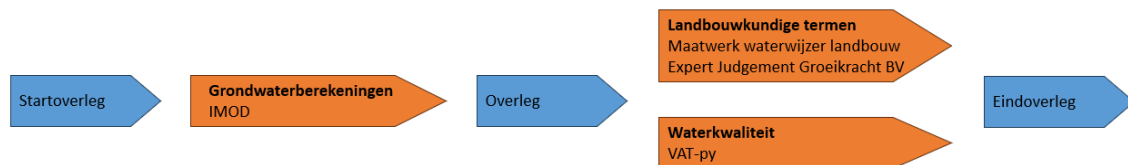
METHODEN

In dit hoofdstuk is de gevolgde werkwijze van grof naar fijn beschreven; eerst de gevolgde stappen, daarna een aantal hoofdkeuzes. In de bijlagen A en C is een nadere toelichting op de gemaakte keuzes opgenomen. Omdat het een verkenning betreft is de aanpak stap voor stap ontwikkeld, waarbij soms op eerdere stappen is teruggekomen. De definitieve werkwijze volgt hieronder.

2.1 WERKWIJZE

Het onderstaande stappenplan is gevolgd (zie figuur 1). Als eerste zijn de uitgangspunten (zie paragraaf 2.2 en bijlage A) bepaald. Daarna zijn de effecten van peilbeheerscenario's (zie paragraaf 2.2) op de grondwatervoorraad berekend. Daarna zijn deze als input gebruikt voor de effecten op draagkracht van de bodem, de gewasopbrengsten en de uitspoeling van nutriënten. De uitkomsten uit deze analyses zijn verwerkt in voorliggende rapportage.

Figuur 1 Overzicht van de werkstappen en overleggen van dit project.



Er is dus een lineaire, mechanistische volgordelijkheid aangehouden: het waterbeheer beïnvloedt de grondwatervoorraad, die beïnvloedt de draagkracht en dat samen beïnvloedt de gewasopbrengst, en dat alles samen de uitspoeling van nutriënten. Samenvattend zijn effecten bepaald op de:

- Grondwatervoorraad
- Draagkracht van de bodem
- Gewasopbrengst
- Uitspoeling van nutriënten

Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 3.

2.2 HOOFDKEUZES

In deze paragraaf is de verantwoording opgenomen van de gemaakte hoofdkeuzes in de werkwijze.

NEDERLAND BODEM EN WATER CONCEPTUEEL

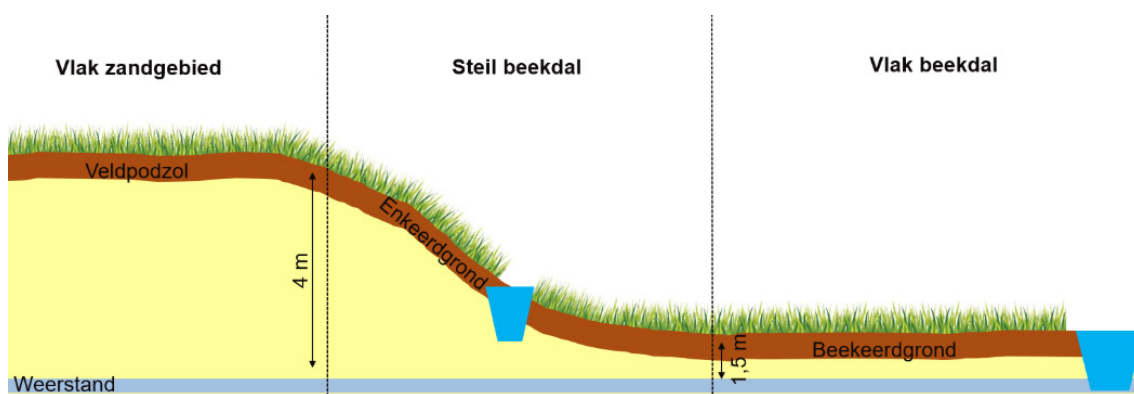
Passend bij de aanleiding en doel van deze verkenning is Nederland conceptueel vormgegeven als een land met vrij afwaterende zandgronden en peilbeheerste kleipolders. Het landgebruik is melkveehouderij, en bestaat uit de gewassen gras en mais. Voor beide gewassen wordt een berekening uitgevoerd.

Deze keuze is gemaakt omdat 65% van het landbouwgebied in Nederland onder de melkveehouderij valt.

REPRESENTATIEVE GEBIEDSTYPEN

Er is gewerkt met 4 representatieve gebiedstypen in het conceptuele Nederland. In het zandgebied zijn 3 gebieden onderscheiden (zie figuur 2), te weten vlak zand – steil beekdal – vlak beekdal (van hoog naar laag). In het poldergebied is 1 gebied onderscheiden, een kleipolder. Veengebieden zijn buiten beschouwing gelaten.

Figuur 2 Gebiedstypen



Per deelgebied is een bodemtype aangehouden: voor vlak zand een Veldpodzolgrond, voor steil beekdal een Enkeerdgrond en voor vlak beekdal een Beekeerdgrond, en voor de polder een Poldervaaggrond.

Alle gebieden zijn voorzien van buisdrainage, met uitzondering van het vlak zandgebied. Voor de buisdrainage is rekening gehouden met een hoog en laag peil dat mee fluctueert met de oppervlaktewaterpeilen zoals opgenomen in de scenario's (zie volgende item hieronder). Voor beide zandgebieden zijn dit 0,70 m en 1,00 m -mv, voor de kleipolder 0,35 m en 0,60 m -mv.

SCENARIO'S PEILBEHEER

Voor het peilbeheer is gewerkt met 3 scenario's; een referentie (A) en twee alternatieven (B en C). Deze zijn in overleg met de begeleidingsgroep als volgt gedefinieerd (zie figuur 3). Uit de overleggen met de begeleidingsgroep kwam naar voren dat er veel verschil is hoe elk waterschap in de praktijk omgaat met het peilbeheer en het al dan niet overschakelen op bepaalde momenten in het jaar. De hier gebruikte datum van 15 februari voor peilverlaging is gebaseerd op de mestwetgeving – het moment waarop mest uitgereden mag worden. De gedachte achter het tijdelijk verlagen-scenario C is dat er zo een periode beschikbaar is om mest uit te rijden, waarna het peil weer omhooggaat zonder dat dat problemen voor de landbouw geeft.

Figuur 3 Peilbeheerscenario's (donkerblauw is hoog peil, licht blauw is laag peil)

	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
Zand-gebieden												
A - Referentie												
B - hele jaar hoog peil												
C - tijdelijk laag peil												
Kleipolder-gebied												
A - Referentie												
B - eerder hoog peil												

Voor zandgebieden: in het referentiescenario (hierna scenario A genoemd) gaat het peil in de zandgebieden per 15 februari omlaag, en op 15 oktober weer omhoog. In het scenario B (“geen voorjaarsmoment”) is het peil het hele jaar gelijk, en wel op het winterpeil van de referentie. In het scenario C (“tijdelijk verlagen”) gaat het peil kortstondig omlaag van 15 februari tot 15 maart. In de rest van het jaar geldt het hoge peil van de referentie.

Voor poldergebieden: in de kleipolder is het referentiescenario (A) dat het peil van 1 april tot 15 oktober op hoog peil staat. In het scenario B (“eerder voorjaarsmoment”) gaat die peilverhoging eerder in, al op 15 februari. In de kleipolder is er geen scenario C.

GRONDWATERVOORRAAD BEREKENING

Er is gekozen om een conceptueel maar representatief grondwatermodel te hanteren voor deze verkenning. Dit maakt het mogelijk om puur het effect van de peilbeheerscenario's te berekenen, terwijl dit beeld niet wordt vertroebeld door andere zaken die in de praktijk natuurlijk wel voorkomen. Het is daarmee niet mogelijk om het model te kalibreren aan metingen, wel is er een plausibiliteitscheck gedaan met de begeleidingsgroep.

De gehanteerde modeluitgangspunten zijn beschreven in [bijlage A](#). Voor het berekenen van de effecten van de scenario's B en C op het grondwater (stijghoogten, voorraad) is voor alle gebiedstypen gerekend met de combinatie van MODFLOW en MetaSwap. Er zijn geheel nieuwe modellen gemaakt. Eén voor de zandgronden, en een andere voor de kleipolder. De 3 zandgebieden zijn zo groot gekozen, dat er onderling geen interactie is. De modellen rekenen op dagbasis, met gridgrootte 25x25m, voor de periode 2010-2020. Gewas en bodem zijn per gebiedstype vlakdekkend gelijk.

Hoofdstuk 3 vat de rekenresultaten samen, de basisgegevens staan in [Bijlage B](#).

REPRESENTATIEVE JAREN

De periode 2010-2020 is doorgerekend met het grondwatermodel. Daarvan zijn de laatste 8 jaren, 2012-2020, gebruikt in het verdere vervolg in de studie. Acht jaar is een gebruikelijke periode voor het afleiden van gemiddelde grondwaterstanden. Met deze periode zijn ook verschillende weersituaties meegenomen: het jaar 2017 is gebruikt als een gemiddeld jaar, het jaar 2015 als een nat jaar, en het jaar 2018 als voorbeeld van een droog jaar. Voor de gewasopbrengst berekeningen zijn de jaren 2015-2018 gebruikt, waarmee de range van nat tot droog op jaarbasis dus ook is afgedekt.

BEREKENDE VARIANTEN

Met de genoemde modellen en tools zijn in totaal 22 varianten doorgerekend. Een variant is een combinatie van gebiedstype, gewas en peilbeheerscenario. Als voorbeeld : “scenario hele jaar hoog voor een vlak beekdal met gras”.

Scenario's zandgebieden	Gebiedstypen	Gewassen
Referentie	Vlak zand	Gras
Hele jaar hoog / eerder hoog	Steil beekdal	Mais
Tijdelijk laag peil	Vlak beekdal	

Scenario's kleipolder	Gebiedstypen	Gewassen
Referentie	Kleipolder	Gras
Hele jaar hoog / eerder hoog		Mais

DRAAGKRACHT BEPALING

De draagkracht van de bodem wordt voornamelijk bepaald door de grondsoort en de grondwaterstand. Voor de draagkracht ligt in dit onderzoek de focus op de langdurende verzadiging (saturation) van de bodem en niet op de kortdurende plasvorming (ponding) door buien. Deze plasvorming is iets wat we veel zien in de praktijk, terwijl het slootpeil laag staat. Dit wordt veroorzaakt door bodemverdichting/ -verslemping. In het gehanteerde grondwatermodel is dit niet opgenomen.

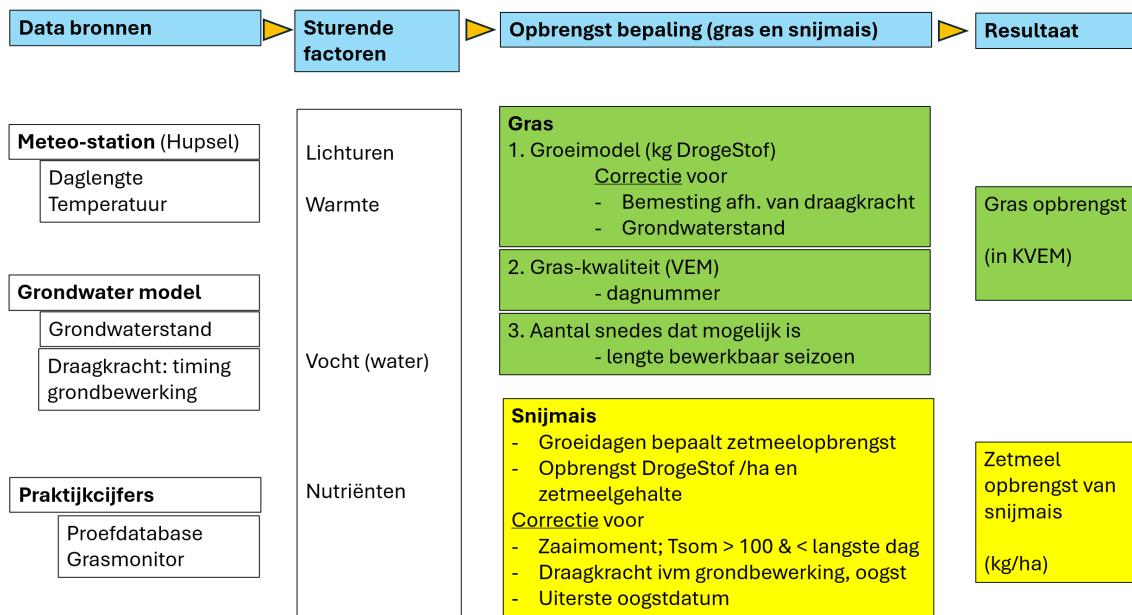
Voor draagkracht is getoetst of er vanaf 15 februari minimaal 7 dagen voldoende draagkracht is. Als grenswaarde is hier een grondwaterstand van 40 cm (en 80 cm -mv) gebruikt. Voor deze beide grenswaarden is de toetsing gedaan. De toetsing is uitgevoerd voor de jaren 2015 t/m 2019. Er is voor elk jaar waarin gewasopbrengst is berekend inzicht in de draagkracht, aangezien dit een belangrijke factor is voor de bewerkbaarheid van het land.

GEWAS-OPBRENGST

Voor de gewasgroei is gekeken naar de totale opbrengst per jaar. Veranderingen in de waterhuishouding kunnen ervoor zorgen dat de gewasgroei en draagkracht niet optimaal zijn voor bv. tijdig bemesten en maaien c.q. oogsten gedurende het groeiseizoen. Door te kijken naar de jaarrond opbrengsten én kwaliteit worden de gevolgen van een scenario op de totale jaaropbrengst Be in beeld gebracht, wat beter aansluit bij de boerenpraktijk.

De gehanteerde aanpak is in detail beschreven in [bijlage C](#). De hoofdlijn is als volgt: voor gras is gekeken naar voedereenheden melk (VEM), een gangbare voederwaardeparameter in de diervoedersector, voor mais naar zetmeelopbrengst. Het onderstaande figuur 4 geeft de voor gewasopbrengst gevolgde aanpak weer. De uitkomsten van de grondwater modellering zijn gecombineerd met meteorologische gegevens en gewasopbrengst-metingen uit de praktijk, tot opbrengsten.

Figuur 4 Stappenplan bepaling gewasopbrengst

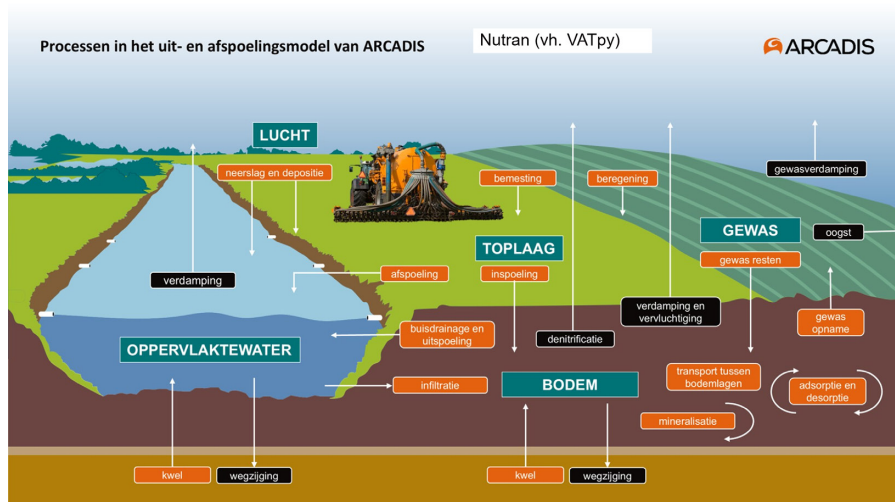


UITSPOELING NUTRIËNTEN

Het effect van de scenario's op de uitspoeling van nutriënten is verkend met het model NUTRAN (voorheen VATpy).

NUTRAN is een rekenmodel (in Python, van Arcadis) waarmee de gewasopname en de uit- en afspoeling van N en P naar grond- en oppervlaktewater wordt berekend. Het model is gebaseerd op de meest recente wetenschappelijke inzichten en formules zoals onder andere toegepast in het uit- en afspoelingsmodel SWAP-ANIMO van de universiteit van Wageningen. NUTRAN maakt gebruik van de uitkomsten van de grondwatervoorraad berekeningen. In NUTRAN wordt het moment van bemesting, zaaien en oogsten gestuurd door parameters als meteorologie, bodem en grondwaterstand. Deze verschillen dus per variant. De gehanteerde uitgangspunten voor de NUTRAN-berekeningen staan in [Bijlage A](#) voor de gehanteerde uitgangspunten. Zie [bijlage D](#) voor de deelresultaten.

Figuur 5 Processen in het uit- en afspoelingsmodel



3

RESULTATEN EN CONCLUSIES

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de 22 berekende varianten opgenomen en beschreven. Als eerst het referentiescenario A in paragraaf 3.1, daarna de effecten van de scenario's B en C in paragraaf 3.2, dan enkele onderlinge vergelijkingen en conclusies in paragraaf 3.3.

3.1 REFERENTIESCENARIO A

In paragraaf 2.2 is het referentiescenario A beschreven, zie figuur 3. Voor zandgebieden is in Scenario A een peilbeheer met laag peil van 15 februari tot 15 oktober gehanteerd. Voor de polder is dit een hoog peil van 1 april tot 15 oktober. Het effect van de andere scenario's is hierna uitgedrukt in verandering ten opzichte van dit referentiescenario A.

REFERENTIESCENARIO GRONDWATERSTANDEN EN DRAAGKRACHT

In bijlage B zijn de berekende grondwaterstanden en draagkracht opgenomen. Het gaat hier om de grondwaterstand midden in het perceel, en niet op de locatie van een drain (indien aanwezig). De grondwaterstand vertoont een seizoensgebonden patroon voor alle varianten, waarin de grondwaterstand vanaf de winter geleidelijk uitzakt en na de zomer weer geleidelijk stijgt. Door neerslag stijgt de grondwaterstand kort binnen dit patroon om dan weer uit te zakken. In een droog jaar is de uitzakking het diepst en blijft deze het langste laag. In een nat jaar is de voorjaarsgrondwaterstand duidelijk hoger dan in een droog jaar.

REFERENTIESCENARIO GEWASOPBRENGSTEN

Tabel 1 geeft het gemiddelde van de berekende gewasopbrengst voor referentiescenario A weer. Het gaat hierbij om het gemiddelde over 4 jaar, met tussen haakjes de standaarddeviatie over de 4 jaren. Voor gras zijn de verschillen tussen de gebieden en de jaren beperkt. Voor mais zijn deze erg groot, dit geeft aan dat mais erg gevoelig is voor te natte situaties.

Tabel 1 Gewasopbrengsten referentiescenario A (gemiddelde en (standaarddeviatie) tussen haakjes) (gemiddeld over 2015-2018)

Gebiedstype	Gras (kVEM/ha)	Mais (kg zetmeel/ha)
Vlak zand	11.464 (176)	8.050 (749)
Steil beekdal	10.614 (883)	1.806 (2.505)
Vlak beekdal	10.754 (686)	3.530 (2.242)
Kleipolder	9.210 (450)	3.304 (1.535)

De tabellen verderop in dit hoofdstuk geven de verschillen in gewasopbrengst weer in absolute zin ten opzichte van de referentiescenario A.

3.2 BEREKENDE EFFECTEN SCENARIO B EN C

In de onderstaande tabellen 2-5 is een samenvattend overzicht gegeven van de uitwerking die elk scenario heeft per gebiedstype. Achtereenvolgens zijn opgenomen: grondwaterstand, gewasopbrengst, uitspoeling nutriënten en draagkracht. Dit alles als verandering ten opzichte van de referentie.

In de tabellen 2 tot en met 5 is voor elk van de 22 berekende varianten het effect weer gegeven, waar mogelijk met absolute getallen. Door met stoplichtkleuren te werken is een snelle blik op de resultaten mogelijk. Rood is negatief/afname, groen is positief/toename. Voor de effecten op grondwaterstand is ook nog blauw gebruikt voor de grootste toenames.

Effect scenario's B en C op grondwaterstanden

Uit tabel 2 komt naar voren:

- Langer hoog peil (beide scenario's B en C) hebben effect op de grondwaterstand – die stijgt
- De grootte van het effect op de grondwaterstand varieert, grofweg van net boven 0 cm tot meer dan 30 cm.
- De stijging is het grootst in scenario B (hele jaar hoog). Dan is de stijging bijna altijd veel meer dan 10cm.
- In scenario C (tijdelijk laag) is de stijging altijd wat lager dan in scenario B voor verder vergelijkbare varianten.
- In een nat jaar is de stijging het grootst, in een droog jaar het kleinst.
 - In een droog jaar is er te weinig neerslag om vast te houden, het uitzakken gaat dan onvermijdelijk door.
- Met uitzondering van het droge jaar, is de stijging bij mais groter dan bij grasland.
- De mate van doorwerking van voorjaar naar zomer verschilt tussen de scenario's:
 - Scenario B werkt zowel in voorjaar als de zomer door. De hele periode voorjaar-zomer is er een stijging van de grondwaterstand ten opzichte van het referentiescenario A.
 - Het effect van scenario C is beperkt tot de zomer. Dit is te verklaren omdat in scenario C het peil in het voorjaar juist tijdelijk verlaagd wordt.
- Voor wat betreft de 3 gebiedstypen valt op dat het grootste effect zich voordoet in het vlak zand gebied en dat de effecten voor steil beekdal en vlak beekdal redelijk overeenkomstig zijn.
- Natuurlijke dynamiek in grondwaterstanden van jaar tot jaar is vaak groter dan het effect van de 2 scenario's.

Tabel 2 Effect op de grondwaterstand (in cm)

2015 – nat jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Grondwaterstand	10-30/vjzmr	10-20/vjzmr	20/vjzmr	10-30cm / vj
Mais	Grondwaterstand	10-30/vjzmr	10-30/vjzmr	10-30/vjzmr	10-30/vj
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-5/zmr	5/vjzmr	n.v.t.
Mais	Grondwaterstand	10-30/zmr	0-10/zmr	0-5/zmr	n.v.t.
2017 – gemiddeld jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Grondwaterstand	10-20/vjzmr	10/vjzmr	10-20/vjzmr	0-30cm / zmr
Mais	Grondwaterstand	10-20/vjzmr	10-30/vjzmr	10-30/vjzmr	0-30/vj/zmr
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-5/zmr	5/vjzmr	n.v.t.
Mais	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-10/zmr	0-5/zmr	n.v.t.
2018 – droog jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Grondwaterstand	10-20/vjzmr	10-20/vjzmr	20/vjzmr	10-30/vj
Mais	Grondwaterstand	10-30/vjzmr	10-20/vj	10-20/vjzmr	0-40/vj
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Grondwaterstand	10-20/zmr	0/vjzmr	5/vjzmr	n.v.t.
Mais	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-10/zmr	0-5/zmr	n.v.t.

Legenda effect op grondwaterstand

0 cm stijging grondwaterstand	vj = Alleen effect in voorjaar
Tot 5 cm	vjzmr = Effect in voorjaar en zomer
Tot 10 cm	zmr = Alleen effect in de zomer
Tot 20 cm	
Tot 40 cm	

Effect scenario's op verandering van de gewasopbrengsten

Uit tabel 3 komt naar voren:

- Beide scenario's hebben effect op de gewasopbrengsten. Dit wordt veroorzaakt door de combinatie van een direct effect op grondwaterstand en draagkracht die mede afhangt van de grondwaterstand.
- Het effect van scenario B (hele jaar hoog) is in alle berekeningen negatief.
- Het effect van scenario C (tijdelijk laag) is in alle gevallen minder negatief tot zelfs positief.
- Positieve effecten op de gewasopbrengst bij scenario C (tijdelijk laag) komen met name voor in de lagere gebiedsdelen en in het drogere jaar.
- In een droog jaar zijn de effecten minder negatief, tot positief. In een nat jaar bijna altijd negatief.
- In het steile beekdal nemen de gewasopbrengsten voor mais toe in alle jaren bij scenario C (tijdelijk laag).

Tabel 3 Effect op de gewasopbrengst (gras in kVEM, mais in kg zetmeel)

2015 – nat jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Gewasopbrengst	-1.434	-1.409	-2.600	-264
Mais	Gewasopbrengst	-6.346	0	-705	0
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Gewasopbrengst	-1.181	-743	-1.522	n.v.t.
Mais	Gewasopbrengst	-6.221	3.221	-387	n.v.t.
2017 – gemiddeld jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Gewasopbrengst	-1.485	-2.344	-1.928	-550
Mais	Gewasopbrengst	-5.109	-1.912	-1.969	-222
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Gewasopbrengst	-1.257	85	3	n.v.t.
Mais	Gewasopbrengst	-5.109	3.998	-774	n.v.t.
2018 – droog jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Gewasopbrengst	-1.277	-655	-2	-410
Mais	Gewasopbrengst	-3.663	-1.584	-1.252	0
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Gewasopbrengst	1.190	26	887	n.v.t.
Mais	Gewasopbrengst	-3.487	2.877	-171	n.v.t.

Legenda gewasopbrengst

	Afname meer dan 2.000
	Afname 1.000 – 2.000
	Afname 0 – 1.000
	Geen verandering
	Toename 0 – 1.000
	Toename meer dan 1.000

Effect scenario's op uitspoeling nutriënten

Uit tabel 4 komt naar voren:

- De berekeningen met NUTRAN laten een grote spreiding in effect zien, van negatief tot positief.
- Er zijn echter nauwelijks verschillen tussen de scenario's. In beide scenario's is het zomerpeil hoog.
 - Kennelijk zijn de andere factoren (zoals type gebied, gewas) van meer invloed dan het peilbeheerscenario.
- Positieve effecten doen zich vooral voor bij mais, maar nauwelijks bij gras.

Tabel 4 Effect op de uitspoeling van N en P naar grondwater (% verandering t.o.v. referentie)

De effecten zijn gekwalificeerd van rood (sterk negatief) tot donkergroen (sterk positief).

Gemiddeld 2015-2019		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras					
	Uitspoeling N	114	12	10	36
	P	37	-1	2	4
Mais					
	Uitspoeling N	-30	3	-3	-1
	P	1	-13	-14	-8
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras					
	Uitspoeling N	145	10	8	n.v.t.
	P	37	0	3	n.v.t.
Mais					
	Uitspoeling N	-37	10	1	n.v.t.
	P	2	-13	-12	n.v.t.

Legenda uitspoeling

	Concentratie stijgt meer dan 30%
	Stijging 10-30%
	Stijging 0-10%
	Geen verandering
	Afname 0-10%
	Afname meer dan 10%

Effect scenario's op draagkracht

Uit tabel 5 komt naar voren:

- Beide scenario's hebben (enig) negatief effect op de draagkracht van de bodem.
- Het effect van scenario B (hele jaar hoog) is groter dan dat van scenario C (tijdelijk laag).
- Voor wat betreft de 3 gebiedstypen is het beeld wisselend.
 - In scenario B (hele jaar hoog) springt het steil beekdal er negatief uit.
 - Bij scenario C (tijdelijk laag) is er veel minder effect, maar met name nog wel bij vlak zand.
- Er is nauwelijks verschil tussen gras en mais voor dit aspect.

Tabel 5 Effect op de draagkracht

De effecten zijn gekwalificeerd van rood (sterk negatief) tot donkergroen (sterk positief). En -- tot ++.

Gemiddeld 2015-2019		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Draagkracht	0	-	-	0
Mais	Draagkracht	0	--	0	0
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Draagkracht	0	0	0	n.v.t.
Mais	Draagkracht	0	0	0	n.v.t.

Legenda draagkracht bodem

	Sterke afname
	Matige afname
	Geringe afname
	Geen verandering

4

ONDERLINGE VERGELIJKINGEN EN CONCLUSIES

TOTAALBEELD VAN DE EFFECTEN

Vanuit de vier tabellen 2 tot en met 5 is het beeld “hoog over” dat de berekende scenario's leiden tot: hogere grondwaterstanden, dat de draagkracht veelal afneemt, dat de gewasopbrengsten afnemen en dat de uitspoeling naar het grondwater een wisselend beeld laat zien. Er is echter een duidelijk verschil tussen alle verschillende varianten.

ONDERLINGE VERGELIJKINGEN (SCENARIO, JAREN, GEBIED, GEWAS)

In deze paragraaf is nader ingezoomd op dit “hoog over” beeld dat hierboven is geschetst.

Verschillen tussen de 3 typen zandgebied

In alle 3 zandgebieden hebben de scenario's effect — de grondwaterstanden stijgen door de maatregel. De stijgingen zijn het kleinst in steil beekdal en vlak beekdal, en dan vooral voor scenario C (tijdelijk laag peil). De draagkracht neemt in bijna alle gevallen af, en is het meest negatief in het steil beekdal. Uitspoeling van nutriënten neemt het meest toe in het vlak zandgebied bij gras. Met name in een droog jaar zijn de effecten op gewasopbrengst het kleinst, en zelfs positief bij scenario C (tijdelijk laag peil).

Verschil tussen natte en droge jaren

Er zijn duidelijk verschillen tussen de jaren. In een nat jaar leiden de scenario's over het algemeen tot negatieve effecten op draagkracht en gewasopbrengst. In een droog jaar leiden deze juist tot verbetering van de gewasopbrengst.

Opvallend is ook dat de verschillen tussen de 10 gemodelleerde jaren groter zijn dan de verschillen tussen de referentie en de beide scenario's. De huidige natuurlijke variatie is groter dan de effecten van peilmaatregelen. Dit blijkt niet uit deze tabellen en bijlagen, maar is tussentijds wel geconstateerd.

Verschil tussen gras en mais

Er zijn duidelijk verschillen tussen gras en mais. Bij het effect op de grondwaterstanden is het verschil beperkt. Met uitzondering van het droge jaar is het effect bij mais vaak wat groter dan bij gras. Bij draagkracht is het beeld divers. Dit geldt ook bij de gewasopbrengsten. Opvallend is dat de mais-gewasopbrengst in steil beekdal en vlak beekdal altijd hoger is bij scenario C (tijdelijk laag peil) dan bij scenario B (hele jaar hoog peil), en met name in het steil beekdal zelfs toeneemt ten opzichte van de referentie (scenario A).

Voor mais werkt het aantal beschikbare groeidagen sterk door. Het lijkt erop dat met name het verlies ervan in het voorjaar sterk doorwerkt in de rest van het jaar. Vandaar dat het scenario tijdelijk verlagen goed scoort.

BIJLAGE A

UITGANGSPUNTEN MODELLERING: VOORJAARSMOMENT

Auteur: Sanne van de Veen

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	14
1.1	Aanleiding	14
1.2	Doel onderzoek	14
1.3	Doel uitgangspuntennotitie	14
1.4	Leeswijzer	15
2	WERKSTAPPEN	16
3	UITGANGSPUNTEN GRONDWATERMODEL	17
3.1	Eisenspecificatie grondwatermodel	17
3.2	Uitgangspunten parameters en schematisatie	17
3.2.1	Algemene modeluitgangspunten	18
3.2.2	Uitgangspunten model packages	19
3.2.3	CAP MetaSWAP Unsaturated zone module	19
3.2.4	Opbouw lagenmodel	20
3.3	Model specifieke uitgangspunten	20
3.3.1	Maaiveldhoogte	21
3.3.2	Bodemtype	22
3.3.3	Oppervlaktewater	23
3.3.4	Drainage	24
4	UITGANGSPUNTEN WATERKWALITEIT MODEL	25
4.1	Eisenspecificatie VATpy	25
4.2	Uitgangspunten parameters en schematisatie	25
4.2.1	Algemene modeluitgangspunten	25
4.2.2	Uitgangspunten model packages	26
5	SCENARIOBEREKENINGEN	27
5.1	Varianten timing	27
5.1.1	Zandgebied	28
5.1.2	Polder	28
5.2	Gewassoort	28
5.3	Overzicht scenarioberekeningen	29
6	DOORVERTALING NAAR DRAAGKRACHT EN GEWASGROEI	30
6.1	Draagkracht	30
6.2	Gewasgroei	30
7	RISICO'S EN CONSEQUENTIES	31

1

INLEIDING

Deze uitgangspuntennotitie vormt de basis voor het onderzoek naar het effect van het veranderen van het voorjaarsmoment op de landbouwkundige parameters en de waterkwaliteit. In dit document staan de uitgangspunten en kaders voor de grondwater- en waterkwaliteit modellering.

1.1 AANLEIDING

Overheden zoals waterschappen en provincies worden opgeroepen om meer water vast te houden in het winterhalfjaar, zodat dit gebruikt kan worden gedurende het groeiseizoen. Dit gebeurt in het kader van klimaatverandering met als gevolg langere periodes van droogte in het groeiseizoen en de praktijkervaring gedurende de recente droogte van 2018, 2019, 2020 en 2022.

Aan de andere kant maken agrariërs zich zorgen dat langer water vasthouden ertoe leidt dat ze geen mest kunnen uitrijden en gewassen niet gezaaid kunnen worden. Daarnaast is de eerste snede in het voorjaar essentieel voor melkveehouders. De kwaliteit hiervan zou mogelijk in het geding komen door langer water vast te houden.

Hierdoor worstelen waterbeheerders met het “uitstel of anders omgaan met het voorjaarsmoment”. Het voorjaarsmoment is het moment waarop het waterpeil wordt aangepast. Dit onderzoek moet handvaten bieden voor waterbeheerders door inzichtelijk te maken wat de verandering is in hydrologische en landbouwkundig termen van het uitstellen of geheel afstellen van het voorjaarsmoment.

1.2 DOEL ONDERZOEK

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de interactie tussen het verschuiven van het voorjaarsmoment, de verwachte hydrologische winst en de effecten hiervan op de landbouwkundige termen en waterkwaliteit. Het gaat hierbij om een eerste verkennend onderzoek.

1.3 DOEL UITGANGSPUNTENNOTITIE

Het doel van dit document is het beschrijven van de uitgangspunten voor de grondwater en waterkwaliteit modellering om de effecten van het voorjaarsmoment inzichtelijk te maken. Hiermee wordt een reproduceerbare werkwijze vastgelegd wat in lijn is met de ‘Good Modelling Practice’ binnen Arcadis. Het in een vroeg stadium vastleggen van de uitgangspunten zorgt voor overzicht, een pro-actievere sturing binnen het project en hogere kwaliteit van het eindproduct.

De spelregels van de uitgangspuntennotitie zijn als volgt:

- Vooraf zo goed mogelijk de uitgangspunten vastleggen. Het risico is namelijk dat indien uitgangspunten veranderen gedurende het project, in het modelleringsproces een aantal stappen terug worden gezet. Dit kan consequenties hebben op de planning.
- Alles vooraf vastleggen is geen absolute noodzaak. Als een beslissing geen invloed heeft op de planning kan ook gedurende het project (op tijd) hier een keuze in gemaakt worden. Deze beslismomenten worden wel zo goed mogelijk vastgelegd in deze notitie. Een belangrijk beslismoment is het go/no-go moment na de validatie.
- Vooraf alle juiste keuzes maken is praktisch onmogelijk. Gedurende het project zal blijken dat uitgangspunten slimmer, efficiënter en/ of beter kunnen. Vanzelfsprekend is hier ruimte voor. Het voorstel is deze wijzigingen op dat moment direct door te voeren in de notitie. Ervaring leert dat een goed bijgehouden actuele uitgangspuntennotitie tot meer overzicht leidt en modelfouten voorkomt.

1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 worden de werkstappen met betrekking tot de modellen toegelicht. Vervolgens worden in respectievelijk hoofdstuk 3 en 4 de uitgangspunten voor het grondwater- en waterkwaliteit model toegelicht. In hoofdstuk 5 worden de scenario's besproken. In hoofdstuk 6 staat een toelichting van de doorvertaling van de hydrologische berekeningen naar de draagkracht en gewasgroei. In het laatste hoofdstuk worden kort de risico's en consequenties van uitgangspunten besproken.

2

WERKSTAPPEN

In onderstaande stappen wordt beschreven op welke manier het model is en wordt opgebouwd, welke varianten worden doorgerekend en op welke zaken het model gevalideerd kan worden. Het nauwkeurig vastleggen van de stappen en uitgangspunten valt binnen de 'Good Modelling Practice' van Arcadis waarmee een reproduceerbare werkwijze wordt vastgelegd.

STAP 1: EISENSPECIFICATIE EN MODELKEUZE

In deze stap wordt gekozen welk model wordt gebruikt en hoe het model wordt geschematiseerd.

STAP 2: UITGANGSPUNTEN PARAMETERS EN SCHEMATISATIE

Voordat met het model gerekend kan worden, worden er aannames gemaakt voor de uitgangspunten en randvoorwaarden. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd van welke packages gebruikt wordt gemaakt, welke aannames we nemen voor de parameters hierin en hoe het model is geschematiseerd of we gaan schematiseren.

STAP 3: PLAUSIBILITEITSCHECK

In dit project wordt geen daadwerkelijk gebied doorgerekend, hierdoor is het niet mogelijk om het model te valideren. Wel wordt een plausibiliteitscheck doorgevoerd, waarin gecontroleerd wordt of de gekozen uitgangspunten leiden tot een realistisch systeem. Hierin wordt gecontroleerd of de grondwaterstanden in een realistisch spectrum vallen wat ideaal is voor landbouw en eventueel iets te droog. Dit zorgt ervoor dat ingrepen in het voorjaarsmoment zinvol zijn.

STAP 4: SCENARIOBEREKENINGEN

In deze stap wordt beschreven welke scenarioberekeningen met het model worden doorgerekend en welke resultaten worden weggeschreven voor de schadeberekeningen.

STAP 5: RISICO'S EN CONSEQUENTIES

In de laatste stap worden de risico's geïnventariseerd.

3

UITGANGSPUNTEN GRONDWATERMODEL

Dit hoofdstuk beschrijft de onderbouwing van de modelkeuze, beredeneerd vanuit de eisen waaraan het model en de te gebruiken modelcode moet voldoen. In de volgende paragrafen worden de uitgangspunten met betrekking tot het grondwatermodel toegelicht.

3.1 EISENSPECIFICATIE GRONDWATERMODEL

Voor het grondwatermodel voor dit niet bestaand (fictief), maar representatief modelgebied moet voldoen aan de volgende eisen:

- Het model moet tijdsafhankelijk kunnen rekenen vanwege de interesse in grondwaterfluctuatie
- Een modelperiode van ten minste 10 jaar moet kunnen worden doorgerekend (8 jaar voor de GxG bepaling en 2 jaar inlooperperiode)
- Het model moet op dagbasis kunnen rekenen vanwege de processen en interesse in grondwaterfluctuatie
- Het systeem moet minimaal op het detailniveau van perceelniveau gegevens kunnen verwerken.

3.2 UITGANGSPUNTEN PARAMETERS EN SCHEMATISATIE

In onderstaande paragraaf is beschreven welke modules en packages gebruikt zijn voor het opbouwen van het grondwatermodel en welke uitgangspunten daarin gehanteerd zijn. De uitgangspunten zijn onderverdeeld in algemene modelvariabelen, uitgangspunten van de modules en uitgangspunten van de packages. Voor dit onderzoek worden twee modellen gebouwd: 1) zandgebied + beekdal en 2) het poldergebied. De algemene uitgangspunten voor beide modellen zijn hetzelfde. Hierna worden in paragraaf 3.3 de model specifieke uitgangspunten toegelicht.

3.2.1 ALGEMENE MODELUITGANGSPUNTEN

Tabel 3.1 Algemene modeluitgangspunten

Variabele	Uitgangspunt	Toelichting
Modelinstrumentarium	MODFLOW v6	Er wordt gerekend met MODFLOW v6
Metaswap	MetaSWAP v8.1.2.3 (SVN1233-X64R)	De onverzadigde zone wordt berekend door MetaSWAP (tot 5 m-mv)
Modelperiode	2010-2023	1 januari 2010 t/m 31 maart 2023
Tijdsstap model	1 dag	
Resolutie	25 x 25m	
Modellagen	4 lagen	
Extent		Voor de module MetaSWAP is ruimtelijke data nodig. Door coördinaten aan het model toe te voegen, kan deze module aangeroepen worden voor de grondwatermodellering. De parameters van de fictieve gebieden worden als input gebruikt.
	Zandgebied + Beekdal	
	Xmin 200.000	
	Xmax 250.000	Lengte: 15 km
	Ymin 450.000	Breedte: 2 km
	Ymax 452.000	
	Poldergebied	
	Xmin 200.000	
	Xmax 205.000	Lengte: 5 km
	Ymin 450.000	Breedte: 2 km
	Ymax 452.000	

Om randeffecten te vermijden worden de analyses voor de vertaalslag naar de landbouwkundige termen en waterkwaliteit uitgevoerd in het midden van het landschapstypen.

3.2.2 UITGANGSPUNTEN MODEL PACKAGES

Hier worden de algemene uitgangspunten voor de model packages besproken. De landschapstype specifieke uitgangspunten worden toegelicht in Hoofdstuk 3.3.

Tabel 3.2 Overzicht van de gebruikte modules en gehanteerde uitgangspunten

Module	Algemene toelichting	Uitgangspunten
CAP	Capillaire zone (MetaSWAP).	Wij voorzien de volgende aannames: <ul style="list-style-type: none"> • We zorgen ervoor dat de initialisatie van de grondwateraanvulling goed staat om de inlooptijd van het model niet te lang wordt. • Wij schakelen de beregeningsmodule in MetaSWAP uit om inzicht te krijgen in de werking van het watersysteem zonder de verstoring door menselijk handelen. • De algemene uitgangspunten binnen MetaSWAP worden toegelicht in paragraaf 3.2.2.1.
BND	Deze module geeft aan welke modelcellen actief zijn (1) of inactief zijn met een vaste stijghoogte (-1) of geen stroming (0).	De modelranden worden doorgerekend met een 'vaste stijghoogte' (-1).
SHD	Startstijghoogten:	De startstijghoogte is gelijk aan de gewenste ontwateringsdiepte voor het desbetreffende landschapstype.
KHV	Horizontale doorlatendheid (k_h) watervoerend pakket	De opbouw wordt toegelicht in paragraaf 3.2.2.2
KVV	Verticale doorlatendheid (k_v) scheidende lagen	De opbouw wordt toegelicht in paragraaf 3.2.2.2
KVA	Verticale anisotropie (i.e. verhouding tussen de k_v en k_h van het watervoerend pakket)	Aanname: geen verticale anisotropie
ANI	Anisotropie	Aanname: geen beïnvloeding anisotropie
HFB	Breuklijnen	Aanname: geen beïnvloeding breuklijnen.
STO	Bergingscoëfficiënt De freatische bergingscoëfficiënt wordt berekend met MetaSWAP	Hiervoor worden de standaard getallen gebruikt. Dit betekent dat voor laag 1 een waarde van 0.15 wordt aangehouden en 0.0001 voor de rest van de lagen.
TOP	Bovenkant watervoerend pakket	De opbouw wordt toegelicht in paragraaf 3.2.2.2
BOT	Onderkant watervoerend pakket	De opbouw wordt toegelicht in paragraaf 3.2.2.2

3.2.3 CAP METASWAP UNSATURATED ZONE MODULE

Binnen MetaSWAP worden de volgende modules aangepast.

Module	Toelichting	Uitgangspunt
LGN	Landgebruik code	Aanname is dat op overal hetzelfde gewas wordt verbouwd in een berekening. Afhankelijk van het scenario is dit gras of mais. Eventueel kunnen extra berekeningen worden doorgevoerd voor aardappelen en suikerbieten.
SFU	Soil Fysical Unit	Per landschapstype wordt één bodemtype toegekend. Dit wordt toegelicht in Hoofdstuk 3.3.2.
MET	Meteo station nummer	Voor de neerslag en verdamping worden de geïnterpoleerde meteo gegevens van Eerbeek gebruikt.
SEV	Maaiveldhoogte (m+MSL)	De referentielijn wordt op 0 m+NAP gelegd. De specifieke maaiveldhoogte per landschapstype wordt toegelicht in Hoofdstuk 3.3.1.
WTA	Wetted area	De natte oppervlakte is niet apart opgenomen in dit model.
UBA	Urban area	Stedelijk gebied is niet aanwezig in dit model.
PDR	Ponding Depth Rural area (m)	De ponding depth is opgenomen om oppervlakkige afvoer mee te nemen in het model. Voor het vlakke zandgebied en vlakke beekdal gebied is een ponding van 5 cm aangehouden en voor het steile beekdal 3 cm. De polder heeft een negatieve ponding van - 5 cm om te compenseren voor de kruis liggende percelen.

3.2.4 OPBOUW LAGENMODEL

In Tabel 3.3 staat een toelichting op de opbouw van het algemene lagenmodel. De diepte van de weerstandlagen is ten opzichte van maaiveld. Hierdoor is sprake van een verhang in de diepte van de weerstandlaag van het vlakke zandgebied naar het vlakke beekdal. De toplaag is variabel in dikte, waardoor voor deze laag de kD varieert tussen de verschillende landschapstypen.

Tabel 3.3 Opbouw van het lagenmodel per deelgebied. Hierin worden de top, bot, Kh en C per laag aangegeven.

Modellaag	Hydrologisch pakket	Vlak zand				Steil beekdal		Vlak beekdal		Polder	
		TOP (m - mv)	BOT (m - mv)	kD (m ² /d)	C (d)	kD (m ² /d)	C (d)	kD (m ² /d)	C (d)	kD (m ² /d)	C (d)
1	Freatisch pakket	3,0 - 0,0*	-1,0	20		4,5 - 15,0		4,5		1	
2		-1,0	-1,1		10		10		10		10
3	Freatisch pakket	-1,1	-3,1	100		15,0		15,0		3	
4		-3,1	-3,2		10		40		60		500
5	WVP1	-3,2	-25,0	200		40,0		20,0		50	
6		-25,0	-25,1		100		50		100		500
7	WVP2	-25,1	-70,0	800		110,0		2.000,0		300	
8	Geologische basis	-70,0									

Tabel 3.4 Overzicht van de gebruikte packages en de gehanteerde uitgangspunten.

Package	Algemene toelichting	Uitgangspunten
WEL	Onttrekkingen van drinkwaterwinningen en grotere industriële.	Aanname: geen onttrekking
DRN	De aanwezigheid van drainage onder gebouwen, wegen en landbouw percelen.	Aanname: geen buisdrainage in het zandgebied en wel buisdrainage in het poldersysteem, het steile en vlakke beekdal
RIV	De (grotere) watergangen en plassen komen ook in het nat oppervlak en in het landgebruik voor binnen MetaSWAP.	De ligging en het waterpeil van de watergangen is scenario specifiek en wordt toegelicht in hoofdstuk 3.3.3.
ISG	ISG bevat de lijnbestanden van de watergangen. Deze lijn bestanden worden automatisch omgezet naar rasterbestanden door iMOD.	Alles opnemen in RIV-package
RCH	Package staat uit in de niet-stationaire som. Grondwateraanvulling wordt berekend met MetaSWAP	-
CHD	Modelranden	Op gewenste waterdiepte

3.3 MODEL SPECIFIEKE UITGANGSPUNTEN

Het effect van een verschuiving in het voorjaarsmoment op de landbouwkundige parameters en waterkwaliteit wordt bepaald voor vier landschapstypen:

1. Vlak zandgebied
2. Steil beekdal
3. Vlak beekdal
4. Polder

In het grondwatermodel worden het vlakke zandgebied, steile beekdal en vlakke beekdal met elkaar verbonden. Dit maakt de interactie tussen de verschillende landschapstypen inzichtelijk. De berekeningen voor de polder worden doorgerekend in een apart model, vanwege de andere werking van het watersysteem in een polder. Zo heeft een polder in de zomer een hoger waterpeil en de andere landschapstypen in de winter. In de paragrafen hieronder worden de landschapstype specifieke parameters toegelicht.

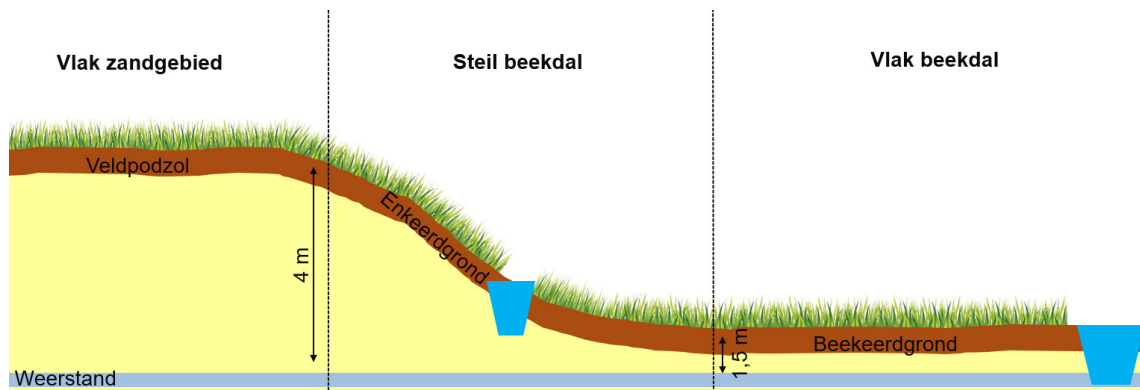
De landschapstypen vlak zandgebied, steil beekdal en vlak beekdal zijn met elkaar verbonden in één model. In de berekeningen is rekening gehouden met het maximaal haalbare effect door de maatregel in alle drie de landschapstypen door te voeren. In Bijlage A is te zien dat het effect van een maatregel in één deelgebied beperkt effect heeft op de omliggende deelgebieden.

3.3.1 MAAIVELDHOOGTE

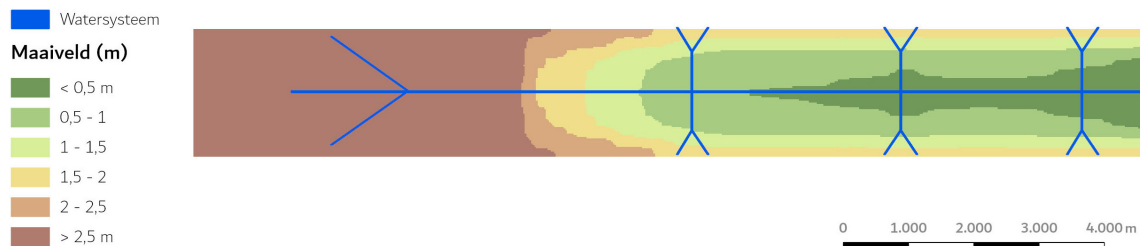
3.3.1.1 MODEL 1: VLAKKE ZANDGEBIED, STEIL BEEKDAL EN VLAKKE BEEKDAL

Het vlakke dekzand ligt op circa 3 m+NAP. Voor de schaal van dit model wordt aangenomen dat binnen dit landschapstype geen reliëf hoogteverschillen aanwezig zijn. Benedenstrooms ligt het vlakke beekdal op 0,3 m+NAP. Tussen het vlakke zandgebied en het vlakke beekdal ligt het steile beekdal. Hierdoor neemt de maaiveldhoogte met circa 2,5 meter af over een afstand van 5 km. Tabel 3.6 toont de interactie van het steile beekdal met het vlakke zandgebied en vlakke beekdal.

Figuur 3.1 Schematische weergave van het maaiveldverloop voor het vlakke zandgebied, steile beekdal en vlakke beekdal. De eerste weerstandslaag ligt 1 meter onder het referentieniveau.



Figuur 3.2 Bovenaanzicht van het maaiveld verloop voor het vlakke zandgebied, steile beekdal en vlakke beekdal. Inclusief de legger en detail ontwatering.



3.3.1.2 MODEL 2: POLDER

Aangenomen is dat er sprake is van een vlak poldersysteem zonder hoogteverschil. Hierdoor ligt het maaiveld in het hele poldersysteem de vastgestelde referentie van 0 meter.

3.3.2 BODEMTYPE

3.3.2.1 MODEL 1: VLAKKE ZANDGEBIED, STEILE BEEKDAL EN VLAKKE BEEKDAL

In het vlakke zandgebied is een veldpodzolgrond aanwezig. Deze veldpodzol bestaat uit leemarm en zwak lemig zand. Tabel 3.5 toont de opbouw van deze veldpodzol. Vervolgens is in het steile beekdal een enkeerdgrond aanwezig bestaande uit leemarm en zwak lemig zand (Tabel 3.6). Tot slot, is in het vlakke beekdal een beekeerdgrond aanwezig. Deze beekeerdgrond bestaat uit leemarm en zwak lemig zand (Tabel 3.7).

Tabel 3.5 Bodemopbouw van een veldpodzol (BOFEK-code: 3014) aan de hand van de Staringreeksbouwstenen.

Staringreeksbouwsteen	Omschrijving	Begin laag	Eind laag	Dikte (cm)
B02	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0	15	15
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	15	25	10
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	25	40	15
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	40	60	20
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	60	120	60

Tabel 3.6 Bodemopbouw van een enkeerdgrond (BOFEK-code: 3012) aan de hand van de staringreeksbouwstenen.

Staringreeksbouwsteen	Omschrijving	Begin laag	Eind laag	Dikte (cm)
B02	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0	25	25
B02	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	25	75	50
B02	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	75	90	15
002	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	90	105	15
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	105	120	15

Tabel 3.7 Bodemopbouw van een beekeerdgrond (BOFEK-code: 3015) aan de hand van de staringreeksbouwstenen.

Staringreeksbouwsteen	Omschrijving	Begin laag	Eind laag	Dikte (cm)
B02	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0	25	25
002	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	25	40	15
002	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	40	60	20
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	60	120	60

3.3.2.2 MODEL 2: POLDER

In de polder is een kalkrijke poldervaaggrond aanwezig. Deze poldervaaggrond bestaat uit zware zavel met profielverloop 2. Tabel 38 toont de opbouw van deze poldervaaggrond.

Tabel 3.8 Bodemopbouw van een poldervaaggrond (BOFEK-code 4024) aan de hand van de staringreeksbouwstenen.

Staringreeksbouwsteen	Omschrijving	Begin laag	Eind laag	Dikte (cm)
B09	Zware zavel	0	25	25
010	Zware zavel	25	50	25
009	Matig lichte zavel	50	70	20
001	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	70	120	50

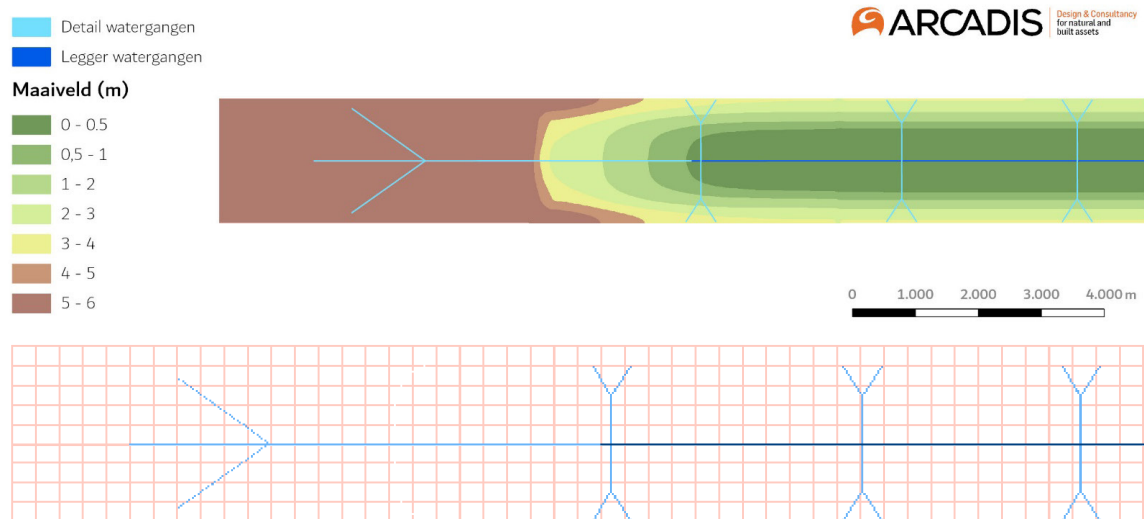
3.3.3 OPPERVLAKTEWATER

3.3.3.1 MODEL 1: VLAKKE ZANDGEBIED, STEILE BEEKDAL EN VLAKKE BEEKDAL

In Tabel 39 staan de eigenschappen van de watergangen in het zandgebied. Tussen het zomer- en winterpeil wordt een peilverschil van 30 cm aangehouden. Aanname is dat in het gebied geen sprake is van wateraanvoer via bijvoorbeeld een RWZI. Daarnaast hebben infiltrerende watergangen een zeer beperkt invloedgebied tot direct naast de watergang, waardoor dit geen effect heeft op de analyse die in het midden van het landschapstype worden uitgevoerd. Hierdoor is de infiltratiefactor op 0 gezet.

In het zandgebied zijn drie soorten watergangen aanwezig: primair, secundair en tertiair. De primaire en secundaire watergangen zijn de grotere watergangen in het gebied. De tertiaire watergangen is een schematisatie van de zijn de perceelsloten die vaak aanwezig zijn langs agrarische gronden.

Figuur 3.3 Schematische weergave van het bovenaanzicht van de watergangen in het vlakke zandgebied, steile beekdal en vlakke beekdal. Primaire systeem, secundaire en tertiair systeem.



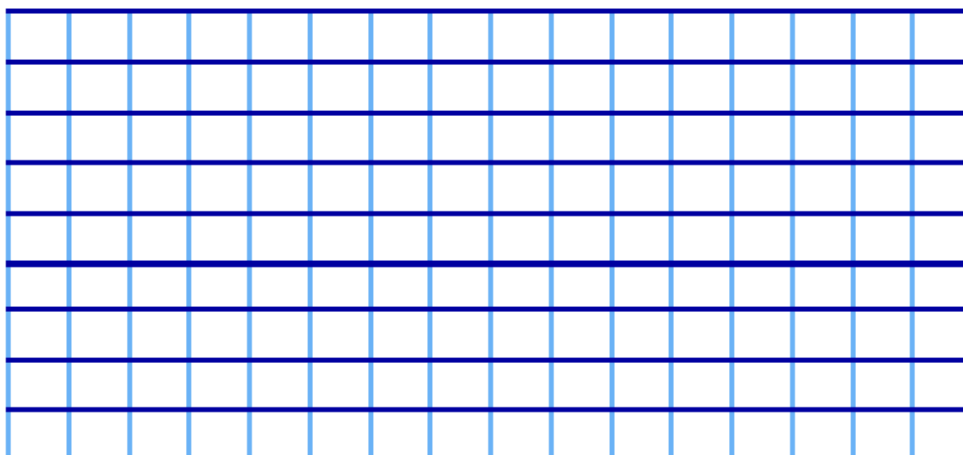
Tabel 3.9 Eigenschappen van de watergangen in het zandgebied.

	Hoog (winter)			Laag (zomer)		
	Legger	Detail	Derde detail	Legger	Detail	Derde Detail
Conductance (d)	50	25	25	50	25	25
Peil (m-mv)	0,7	0,7	0,5	1	1	0,5
Bodemhoogte (m-mv)	1,70	1,3	0,8	1,70	1,3	0,8
Infiltratie	0	0	0	0	0	0

3.3.3.2 MODEL 2: POLDER

Het watersysteem van de polder bestaat uit leggerwatergangen waar meerdere detailwatergangen in uitmonden. De afstand tussen de leggerwatergangen is 225 meter en tussen de detailwatergangen 275 meter. Daarnaast wordt een peilverschil toegepast op het zomer- en winterpeil, zie Tabel 3.10. Figuur 3 toont de schematische weergave van het watersysteem in een poldergebied.

Figuur 3.4 Schematische weergave van het bovenaanzicht van het watersysteem in een polder. Primaire systeem en secundaire systeem.



Tabel 3.10 Eigenschappen van de watergangen in het poldergebied.

	Hoog (zomer)		Laag (winter)	
	Legger	Detail	Legger	Detail
Conductance (d)	10	5	10	5
Peil (m-mv)	0,35	0,25	0,7	0,6
Bodemhoogte (m-mv)	1,3	1,1	1,3	1,1
Infiltratie	0	0	0	0

3.3.4 DRAINAGE

3.3.4.1 MODEL 1: VLAKKE ZANDGEBIED, STEILE BEEKDAL EN VLAKKE BEEKDAL

In de beekdalen zijn veel landbouwgronden gedraineerd. Voor de vlakke zandgebieden geldt dit niet. Daarom is enkel in het steile en vlakke beekdal vlakdekkend buisdrainage aangebracht. Voor de buisdrainage is rekening gehouden met een hoog en laag peil wat mee fluctueert met de rivierpeilen. Het hoge en lage peil liggen respectievelijk 0,7 en 1 m-mv. Daarnaast is een conductance van 6 dagen aangehouden.

3.3.4.2 MODEL 2: POLDER

In het polderlandschap is veelal drainage aanwezig. Daarom is vlakdekkend buisdrainage aangebracht met een conductance van 6 dagen. Daarnaast fluctueert het peil mee met het rivierpeil een hoog peil van -0,35 m-mv en laag peil van -0,6 m-mv.

4

UITGANGSPUNTEN WATERKWALITEIT MODEL

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten van het VATpy waterkwaliteitsmodel aan de hand van inputeisen van het model. Hierbij wordt rekening gehouden met de uitgangspunten van het grondwatermodel, zodat de modellen qua input overeenkomen. In de volgende paragrafen worden de uitgangspunten met betrekking tot VATpy toegelicht.

4.1 EISENSPECIFICATIE VATPY

Het waterkwaliteitsmodel moet aansluiten op de eisen van het grondwatermodel. Aangezien VATpy ook een waterkwantiteitsmodule heeft, moeten de resultaten van deze module overeenkomen met de resultaten van de MetaSWAP. Hierdoor volgen de inputparameters van VATpy die van MetaSWAP, zodat een goede vergelijking mogelijk is.

4.2 UITGANGSPUNTEN PARAMETERS EN SCHEMATISATIE

In onderstaande paragraaf is beschreven welke modules en packages gebruikt zijn voor het opbouwen van het grondwatermodel en welke uitgangspunten daarin gehanteerd zijn. De uitgangspunten zijn onderverdeeld in algemene modelvariabelen, uitgangspunten van de modules en uitgangspunten van de packages. Voor dit onderzoek worden twee modellen gebouwd: 1) zandgebied + beekdal en 2) het poldergebied. De algemene uitgangspunten voor beide modellen zijn hetzelfde. De landschap specifieke uitgangspunten worden toegelicht in Hoofdstuk 5.

4.2.1 ALGEMENE MODELUITGANGSPUNTEN

Tabel 4.1 Algemene modeluitgangspunten

Variabele	Uitgangspunt	Toelichting
Modelinstrumentarium	VATpy	Een af- en uitspoelingsmodel ontwikkeld door Arcadis.
Modelperiode	2010-2023	1 januari 2010 t/m 31 maart 2023
Tijdsstap model	1 dag	
Resolutie	Variabel	Plotgrootte kan zelf bepaald worden en is afhankelijk van de variatie in inputparameters.
Modellagen	3 lagen	1. Wortelzone; 2. Onverzadigde zone; 3. Verzadigde zone.
Extent	Het extent van het grondwatermodel wordt overgenomen.	

4.2.2 UITGANGSPUNTEN MODEL PACKAGES

VATpy bevat verschillende variabelen die aan- of uitgezet kunnen worden. In dit hoofdstuk worden de variabelen en de uitgangspunten benoemd. De landschapstype specifieke uitgangspunten volgen die van het grondwatermodel worden toegelicht in Hoofdstuk 3.3.

Variabele	Uitgangspunt
Landgebruik	Aanname is dat op overal hetzelfde gewas wordt verbouwd in een berekening. Afhankelijk van het scenario is dit gras of mais. Eventueel kunnen extra berekeningen worden doorgevoerd voor aardappelen en suikerbieten.
Bodemtype	Per landschapstype wordt één bodemtype toegekend. Dit wordt toegelicht in Hoofdstuk 3.3.2.
Meteo	Voor de neerslag, verdamping en temperatuur worden de meteo gegevens van De Bilt gebruikt.
Maaiveldhoogte	De referentielijn wordt op 0 m+NAP gelegd. De specifieke maaiveldhoogte per landschapstype wordt toegelicht in Hoofdstuk 3.3.1.
Wateroppervlak	Dit is gelijk aan het ontwateringssysteem.
Verhard oppervlak	Stedelijk en/of ander verhard gebied is niet aanwezig in dit model.
Onverhard (i.e., natuur) oppervlak	Er wordt aangenomen dat er alleen landbouwgebieden zijn. Hierdoor zijn er geen natuurgebieden die worden geclassificeerd als onverhard aanwezig.
Buisdrainage	Er is geen buisdrainage in het gebied.
Drainage	Vanuit de percelen vindt er drainage plaats naar de oppervlaktewaterlichamen. De ligging van de oppervlakte-waterlichamen worden toegelicht in Hoofdstuk 3.3.3.
Infiltratie	Er wordt ervanuit gegaan dat er geen infiltratie van de sloot naar de percelen plaatsvindt bij het beekdal. Bij de polder vindt wel infiltratie plaats.
Waterpeil (winter en zomer)	De peilen van het oppervlaktewater in hoofdstuk 3.3.3.
Ponding	Oppervlakkige afvoer wordt meegenomen om inzichtelijk te maken wat de gevolgen hiervan zijn op de waterkwaliteit.
Atmosferische depositie	Gemiddelde stikstofdepositie in Nederland van de periode 2010-2023.
Waterkwaliteit kwel	Gemiddelde waterkwaliteit volgens ut kwel volgens LHM voor een bepaald bodemtype.
WOFOST	WOFOST wordt gebruikt om de gewasgroei van mais (en misschien suikerbieten en aardappelen) te berekenen.
Bemesting	Het bemestingsmoment wordt bepaald aan de hand van de meteorologische gegevens, het bodemtype en de grondwaterstand. Hierdoor is het bemestingsmoment variabel tussen de verschillende varianten. Daarnaast wordt de standaard bemestingshoeveelheden van VATpy gebruikt.
Zaai- en oogstmomenten	Het zaai- en oogstmomenten wordt bepaald aan de hand van de meteorologische gegevens, het bodemtype en de grondwaterstand. Hierdoor is het zaai- en oogstmoment variabel tussen de verschillende varianten.

5

SCENARIOBEREKENINGEN

De interactie tussen de hydrologische en landbouwkundige parameters wordt bepaald aan de hand van 28 scenarioberekeningen. Deze scenarioberekeningen zijn gebaseerd op varianten in timing, gewassoort en klimaatscenario. Deze varianten worden doorgerekend voor de vier verschillende landschapstype: vlak zandgebied, steil beekdal, vlak beekdal en de polder.

De varianten zijn weergegeven in onderstaande tabel, en verder toegelicht in onderstaande tekst.

Varianten timing	Gebiedstype	Gewassoort
Referentie: peil verandering	Zand 15 februari Polder 1 april	Gras
Geen Voorjaarsmoment (zandgebieden)	Zand	Mais
(Tijdelijk) verlagen peil en later naar zomerpeil	Zand	
Eerder voorjaarsmoment (polder)	Polder	

5.1 VARIANTEN TIMING

De varianten in timing zijn gebaseerd op het veranderen van het voorjaarsmoment: het moment waarop het waterpeil wordt aangepast. Onderstaande tabel weergeeft de varianten die hiervoor worden doorgerekend:

Tabel 5.1 De timing in het voorjaarsmoment voor de verschillende varianten voor zowel het zandgebied als het poldersysteem. Donker blauw indiceert het hogere peil en licht blauw het lagere peil.

	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
Vlak zand en beekdal												
Referentie												
Geen voorjaarsmoment												
Tijdelijk verlagen												
Polder												
Referentie												
Eerder voorjaarsmoment												

Het watersysteem van het zandgebied heeft andere eigenschappen dan het poldersysteem. In het zandgebied is het winterpeil hoger dan het zomerpeil. In het poldergebied is het precies andersom, hier is het winterpeil lager dan het zomerpeil. Deze eigenschappen zorgen ervoor dat het voorjaarsmoment op een ander moment plaatsvindt.

Daarnaast worden per landschapstype alle stuwen en de hieraan gekoppelde waterpeilen tegelijkertijd met dezelfde waarde verlaagd wat resulteert in een uniform effect. In de praktijk zal de afstand tot de stuw invloed hebben op het effect van de peilverlaging; hoe verder van de stuw, hoe minder invloed de stuw heeft.

Het oppervlaktewaterpeil wordt op een vast moment aangepast van winter- naar zomerpeil. Hierdoor is geen sprake van het uitzakken van het oppervlaktewaterpeil. Het grondwaterpeil zakt wel uit gedurende de zomer door het neerslagtekort. In dit model wordt geen rekening gehouden met wateraanvoer. Hierdoor vindt enkel drainage plaats via de watergangen en geen infiltratie. De combinatie van het neerslagtekort en geen wateraanvoer resulteert in het natuurlijk uitzakken van de grondwaterstand. Hierdoor wordt het natuurlijk uitzakken van de grondwaterstand in elke variant meegenomen.

5.1.1 ZANDGEBIED

Voor het vlakke zandgebied, het steile beekdal en vlakke beekdal wordt op 15 februari het hogere winterpeil omgezet naar het lagere zomerpeil. Deze variant vormt de referentie.

Aan de hand van de variant 'geen voorjaarsmoment' wordt inzichtelijk gemaakt wat de effecten zijn van langer water vasthouden. In dit scenario wordt dus altijd het hoge peil gehanteerd en niet overgeschakeld naar het lage peil. Via verdamping zakt de grondwaterstand, maar dit gaat minder snel met als gevolg dat het land later bewerkt kan worden. Deze variant maakt inzichtelijk of de voordelen van extra water vasthouden opwegen tegen de nadelen van een latere bemesting, zaaidatum en lagere bodemtemperatuur.

Door het waterpeil tijdelijk te verlagen in de laatste variant kunnen agrariërs op dat moment mest uitrijden. Hierna wordt dan langer water vastgehouden door later naar het zomerpeil over te schakelen. Deze variant maakt inzichtelijk wat de hydrologische gevolgen zijn van het tijdelijk verlagen van het peil. Hierdoor kunnen onder andere de volgende vragen beantwoord worden; stroomt gedurende deze tijdelijke verlaging al het opgespaarde water weg of profiteren het watersysteem en de landbouw ervan dat later overgeschakeld kan worden naar het lager peil. De tijdelijke verlaging vindt plaats voor twee weken vanaf 10 februari.

5.1.2 POLDER

Voor het poldersysteem vindt in de referentie de omschakeling van het lagere winterpeil naar het hogere zomerpeil plaats op 1 april.

Aan de hand van de variant 'eerder voorjaarsmoment' wordt inzichtelijk gemaakt wat de effecten zijn van meer water vasthouden. Door deze variant met de referentie te vergelijken kan de balans opgemaakt worden tussen de hoeveel water die extra wordt vastgehouden in het gebied en de gevolgen hiervan voor de landbouw. Voor deze variant vindt het voorjaarsmoment plaats op 15 februari.

In het poldersysteem is sprake van een lager peil in de winter, hierdoor hoeft het waterpeil hier niet tijdelijk verlaagd te worden om onderen andere mest uit te kunnen rijden.

5.2 GEWASSOORT

Opbrengstderving door hogere of lagere grondwaterstand is mede afhankelijk van de gewaseigenschappen, zoals wortelgroei, kieming en gevoeligheid voor rot. Aan de andere kant beïnvloeden de gewaseigenschappen door verschil in verdamping per groeistadium de grondwaterstand. Door gewasvariatie mee te nemen wordt inzicht gekregen in de rol van de gewassoort. Hiervoor worden de gewassen gras en mais gebruikt, aangezien het de meest geteelde gewassen zijn. Daarnaast verschillen ze in watervraag, waardoor twee representatieve uitersten worden doorgerekend.

5.3 OVERZICHT SCENARIOBEREKENINGEN

Gedurende worden de eerste rekenronde worden 22 berekeningen. De tabel hieronder weergeeft alle scenario's. Verticaal staan de verschillende landschapstypes en horizontaal de varianten in timing. Deze varianten worden doorgerekend voor zowel het gewas gras als mais in het huidige klimaat.

Tabel 5.2 In onderstaande matrix staan de modellen die doorgerekend worden. Hierbij weergeven de cijfers de verschillende landschapstypen, de letter de variatie in het voorjaarsmoment en gras of mais weergeven het de gewassoort.

Vlak zandgebied, steil en vlak beekdal	A. Referentie	B. Geen voorjaarsmoment	C. Tijdelijk verlagen	Polder	A. Referentie	B. Eerder voorjaarsmoment
Gras	123A_gras	123B_gras	123C_gras	Gras	4A_gras	4B_gras
Mais	123A_mais	123B_mais	123C_mais	Mais	4A_mais	4B_mais

6

DOORVERTALING NAAR DRAAGKRACHT EN GEWASGROEI

De uitkomsten van de hydrologische berekeningen worden gebruikt om de doorvertaling te maken naar de praktijk. Hiervoor wordt gekeken naar de draagkracht en de gewasgroei.

6.1 DRAAGKRACHT

Voor de draagkracht ligt de focus op de langdurende verzadiging (saturation) van de bodem en niet op de kortdurende plasvorming (ponding) door buien. Hiervoor hanteren we het volgende uitgangspunt: de draagkracht is voldoende indien de bovenste halve meter voor minder dan de helft verzadigd is. Per variant wordt gekeken naar het bodemtype, de grondwaterstand en infiltratie. De hydrologische berekeningen dienen hiervoor als uitgangspunt.

6.2 GEWASGROEI

Voor de gewasgroei ligt de focus in dit project op de totale opbrengst per jaar in voeder-eenheden melk (VEM), een gangbare voederwaardeparameter in de diervoedersector¹. Nu ligt in veel melkveebedrijven de focus op de eerste snede, omdat op dat moment suiker, ruw eiwit (RE), darmverteerbaar eiwit (DVE) hoog zijn en de hoeveelheid celwanden per hoeveelheid voederwaarde (Neutral Detergent Fibre: NDF) laag is. Deze parameters worden meegenomen in de VEM². Klimaatverandering en een ander (maai)beheer kunnen leiden tot een minder rijke eerste snede, maar een toename in de kwaliteit van de latere snedes door een veranderde vochtvoorziening.

Veranderingen in de waterhuishouding kunnen ervoor zorgen dat de gewasgroei en draagkracht niet optimaal zijn voor vroeg bemesten en maaien. Als hier tegenover staat dat latere bemesting en een latere eerste snede zorgen voor voldoende gewasopbrengst (onder andere door betere latere snedes) hoeft dit geen beperkingen op te leveren voor het agrarische gebruik. Door de te kijken naar de jaarrond opbrengsten en kwaliteit worden de gevolgen op het totale rantsoen in beeld gebracht.

- 1 Wageningen Livestock Research & Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek. (2023). CVB Veevoedertabel 2023: Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. In www.cvbdiervoeding.nl.
- 2 VEM gras is tot de langste dag heel hoog en voorspelbaar. (2024, januari). <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/vem-gras-is-tot-de-langste-dag-heel-hoog-en-voorspelbaar.htm>

7

RISICO'S EN CONSEQUENTIES

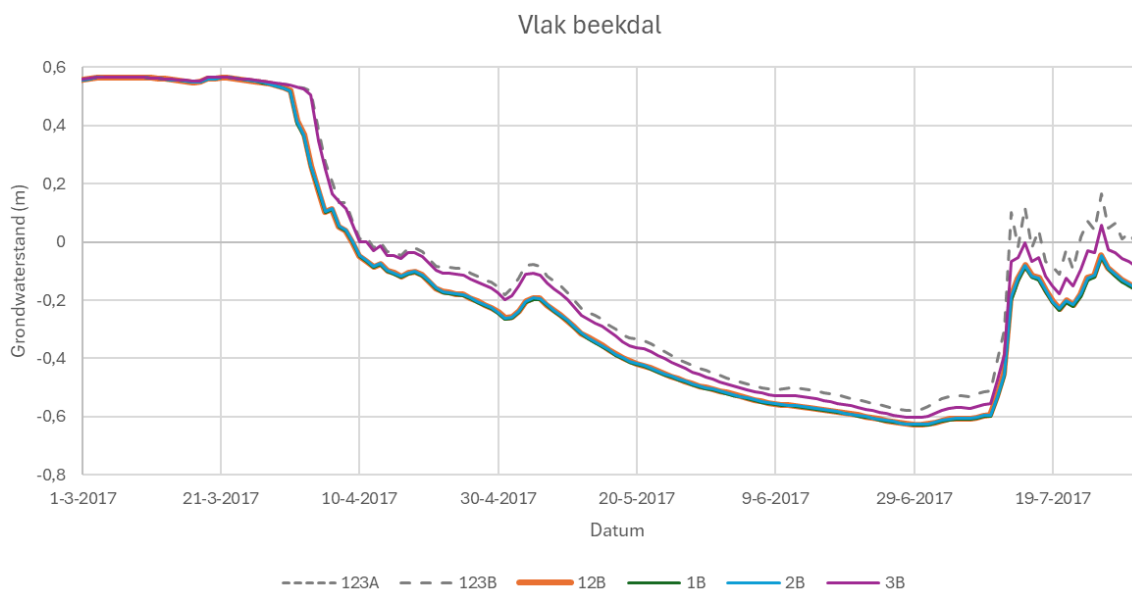
De volgende risico's worden voorzien:

- Aangezien een niet-bestaand maar representatief gebied wordt doorgerekend is het niet mogelijk om een validatie uit te voeren. Wel wordt een plausibiliteitscheck doorgevoerd, waarin gecontroleerd wordt of de gekozen uitgangspunten leiden tot een realistisch systeem. Hierin wordt gecontroleerd of de grondwaterstanden in een realistisch spectrum vallen wat ideaal is voor landbouw en eventueel iets te droog. Dit zorgt ervoor dat ingrepen in het voorjaarsmoment zinvol zijn.

BIJLAGE: EFFECTEN VAN MAATREGELEN IN ÉÉN DEELGEBIED; HET VLAKKE BEEKDAL

In Figuur 7.1 De invloed van de maatregelen op het vlakke beekdal. 123A = de referentiesituatie in alle drie de deelgebieden. 123B = het scenario zonder voorjaarsmoment in alle drie de deelgebieden. 12B = geen voorjaarsmoment in het vlakke zandgebied en steile beekdal, voor het vlakke beekdal is de referentie situatie aangehouden. 1B = geen voorjaarsmoment in het vlakke zandgebied, voor het steile en vlakke beekdal is de referentie situatie aangehouden. 2B = geen voorjaarsmoment in het steile beekdal, voor het vlakke zandgebied en vlakke beekdal is de referentie situatie aangehouden. 3B = geen voorjaarsmoment in het vlakke beekdal, voor het vlakke zandgebied en steile beekdal is de referentie situatie aangehouden. is te zien wat het effect is van geen voorjaarsmoment in het vlakke zandgebied (1B), steile beekdal (2B) en de combinatie van het vlakke zandgebied en steile beekdal (12B) op de grondwaterstanden in het vlakke beekdal. In het vlakke beekdal wordt in dit geval wel de referentiesituatie aangehouden, waarbij in februari wordt overgegaan op het lagere peil. De hypothese was dat maatregelen in de andere deelgebieden zouden kunnen doorwerken op bijvoorbeeld het vlakke beekdal. De berekeningen laten zien dat dit niet het geval is. De maatregelen om bovenstrooms water vast te houden hebben geen invloed op de grondwaterstanden in het vlakke beekdal als hier wordt geschakeld naar het lagere peil. Daarnaast is ook te zien dat het cumulatieve effect van geen voorjaarsmoment in alle drie de deelgebieden (123A) iets groter is dan enkel geen voorjaarsmoment in het vlakke beekdal (3B).

Figuur 7.1 De invloed van de maatregelen op het vlakke beekdal. 123A = de referentiesituatie in alle drie de deelgebieden. 123B = het scenario zonder voorjaarsmoment in alle drie de deelgebieden. 12B = geen voorjaarsmoment in het vlakke zandgebied en steile beekdal, voor het vlakke beekdal is de referentie situatie aangehouden. 1B = geen voorjaarsmoment in het vlakke zandgebied, voor het steile en vlakke beekdal is de referentie situatie aangehouden. 2B = geen voorjaarsmoment in het steile beekdal, voor het vlakke zandgebied en vlakke beekdal is de referentie situatie aangehouden. 3B = geen voorjaarsmoment in het vlakke beekdal, voor het vlakke zandgebied en steile beekdal is de referentie situatie aangehouden.



BIJLAGE B

GRONDWATERVOORRAAD

In deze bijlagen staan

- Samenvattende tabel met grondwaterstanden en gewasopbrengsten
- Factsheets (3) per combinatie gebied & gewas
- In totaal 22 varianten, voorafgegaan door een korte uitleg van de inhoud

Samenvattende tabel

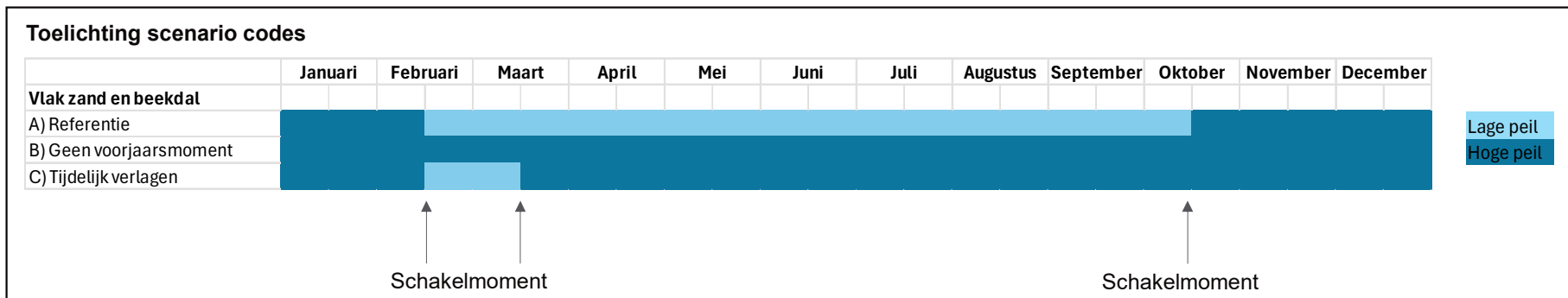
2015 – nat jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Grondwaterstand	10-30/vjzmr	10-20/vjzmr	20/vjzmr	10-30cm / vj
	Gewasopbrengst	-1434	-1409	-2600	-264
Mais	Grondwaterstand	10-30/vjzmr	10-30/vjzmr	10-30/vjzmr	10-30/vj
	Gewasopbrengst	-6346	0	-705	0
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-5/zmr	5/vjzmr	n.v.t.
	Gewasopbrengst	-1181	-743	-1522	n.v.t.
Mais	Grondwaterstand	10-30/zmr	0-10/zmr	0-5/zmr	n.v.t.
	Gewasopbrengst	-6221	3221	-387	n.v.t.
2017 – gemiddeld jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Grondwaterstand	10-20/vjzmr	10/vjzmr	10-20/vjzmr	0-30cm / zmr
	Gewasopbrengst	-1485	-2344	-1928	-550
Mais	Grondwaterstand	10-20/vjzmr	10-30/vjzmr	10-30/vjzmr	0-30/vj/zmr
	Gewasopbrengst	-5109	-1912	-1969	-222
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-5/zmr	5/vjzmr	n.v.t.
	Gewasopbrengst	-1257	85	3	n.v.t.
Mais	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-10/zmr	0-5/zmr	n.v.t.
	Gewasopbrengst	-5109	3998	-774	n.v.t.
2018 – droog jaar		Vlak zand	Steil beekdal	Vlak beekdal	Polder
Scenario B, hele jaar hoog peil (voor klei polder eerder hoog peil)					
Gras	Grondwaterstand	10-20/vjzmr	10-20/vjzmr	20/vjzmr	10-30/vj
	Gewasopbrengst	-1277	-655	-2	-410
Mais	Grondwaterstand	10-30/vjzmr	10-20/vj	10-20/vjzmr	0-40/vj
	Gewasopbrengst	-3663	-1584	-1252	0
Scenario C, tijdelijk lager peil					
Gras	Grondwaterstand	10-20/zmr	0/vjzmr	5/vjzmr	n.v.t.
	Gewasopbrengst	1190	26	887	n.v.t.
Mais	Grondwaterstand	10-20/zmr	0-10/zmr	0-5/zmr	n.v.t.
	Gewasopbrengst	-3487	2877	-171	n.v.t.



Grondwater effecten - voorjaarsmoment



Toelichting: wat staat op de factsheets?



Deelgebied en gewastype

Vlak beekdal - Gras

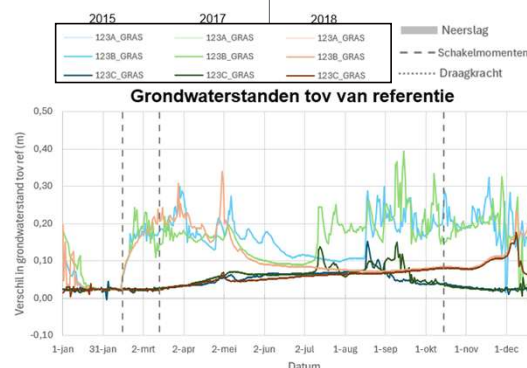
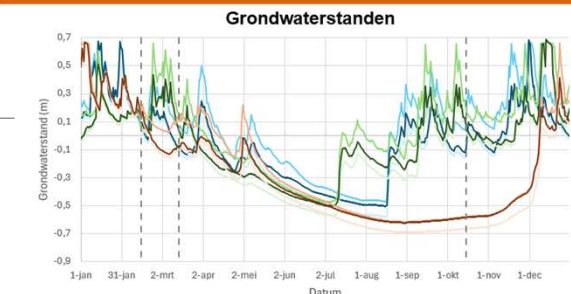
Grondwaterstanden t.o.v. referentie niveau.

Voor 2015, 2017 en 2018 en 3 scenario's. De stippellijnen zijn de schakelmomenten in peilen.

Grondwaterstanden t.o.v. referentie niveau

Per jaar apart.

De verticale stippellijnen zijn de schakelmomenten in peilen en de horizontale stippellijnen de grenswaarde voor een draagkracht van 40 en 80 cm.

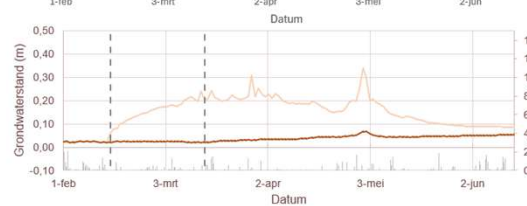
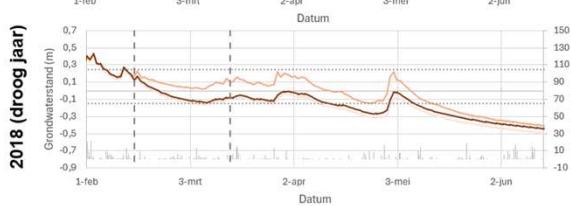
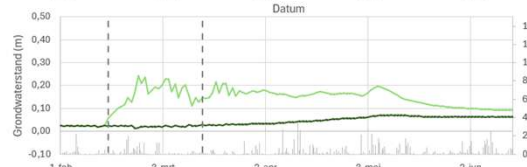
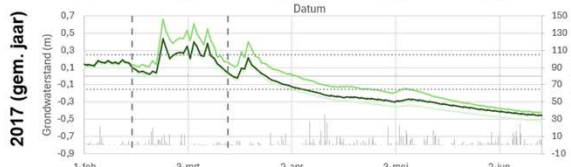
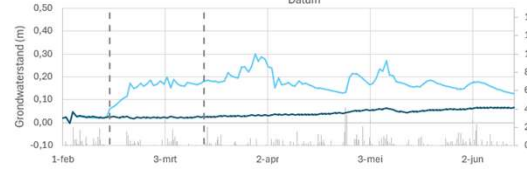
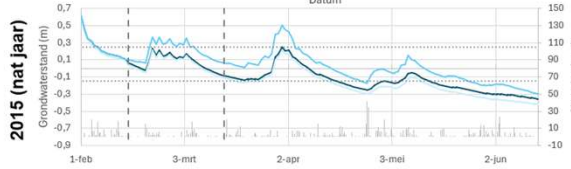


Grondwaterstanden t.o.v. referentie scenario. Dit laat dus zien hoeveel m hoger de grondwaterstand in variant B en C t.o.v. de referentie

Voor 2015, 2017 en 2018 en 3 scenario's

Grondwaterstanden t.o.v. referentie scenario. Dit laat dus zien hoeveel m hoger de grondwaterstand in variant B en C t.o.v. de referentie

Per jaar apart



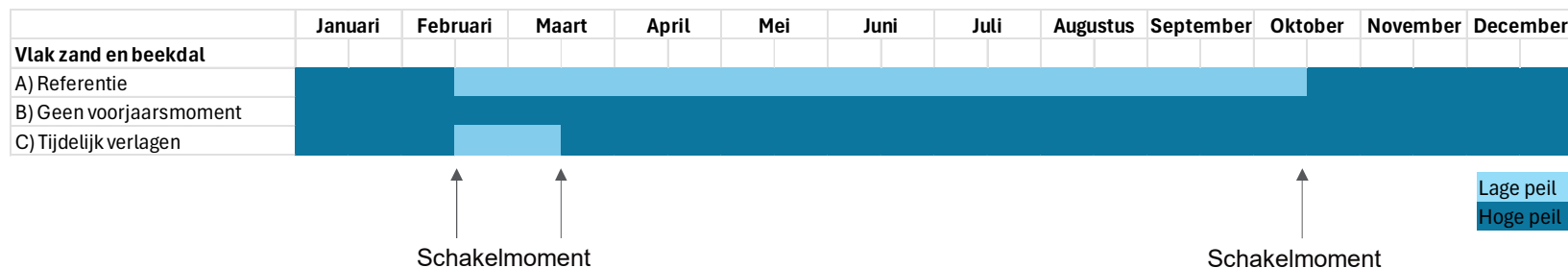


Gras



Vlak beekdal - Gras

Scenario's



B) Geen voorjaarsmoment

Effecten hydrologie

- Grondwaterstand is circa 20 cm hoger dan referentie.
- Verzadigingstekort 15 – 20 mm lager dan in referentie.

Effecten draagkracht

- 40 cm: Grotere spreiding, in een nat jaar kan je tot 20 dagen later het land op.
- 80 cm: 80 cm grens wordt circa 10 dagen later gehaald

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €356,64 per KVEM

Effecten Waterkwaliteit

- Grote toename wegzijging
- Toename gewasopname en denitrificatie

C) Tijdelijke verlaging

Effecten hydrologie

- Nauwelijks effect tov referentie orde 5 cm.
- Beperkt effect op verzadigingstekort, max 5 mm.

Effecten draagkracht

- 40 cm: zelfde als referentie
- 80 cm: bijna hetzelfde als referentie

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €64,06 per KVEM

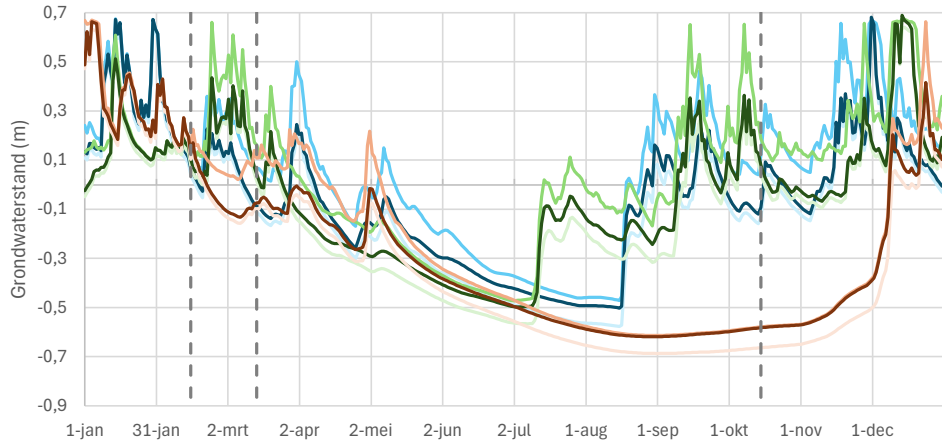
Effecten Waterkwaliteit

- Nauwelijks effect op kwel en wegzijging

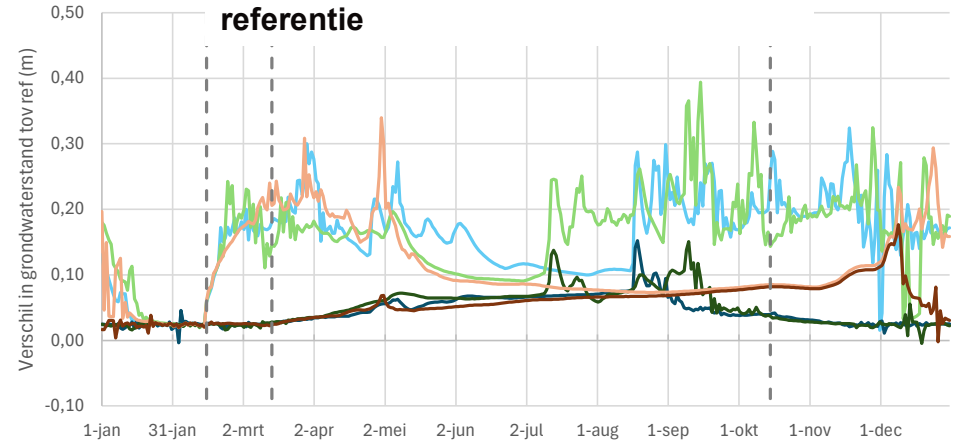


Vlak beekdal - Gras

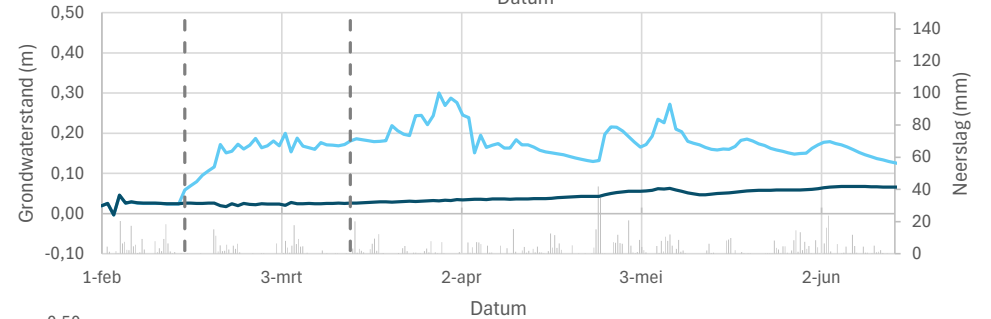
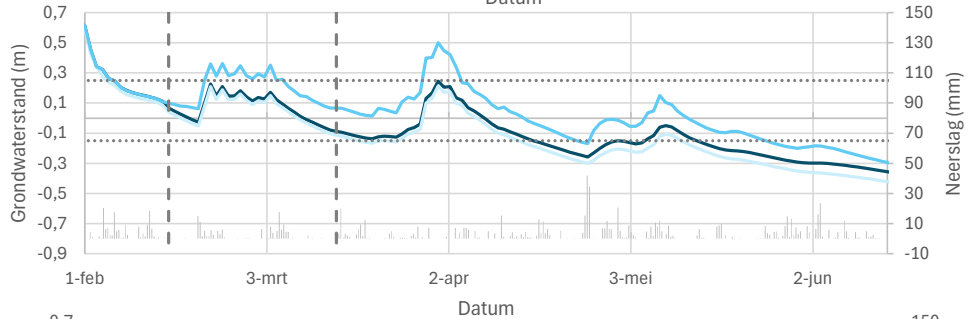
Grondwaterstanden



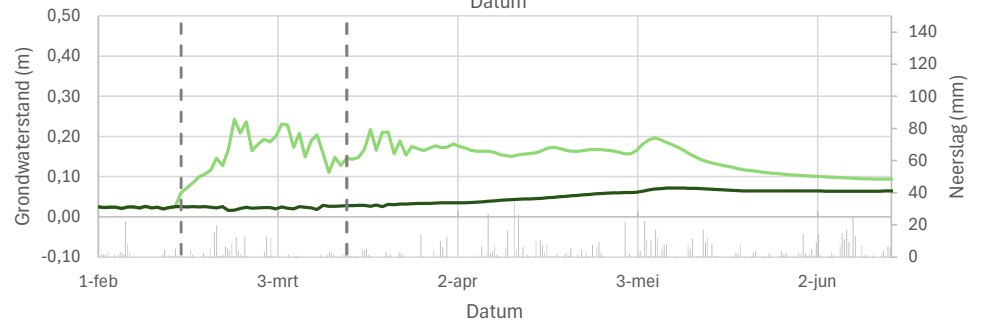
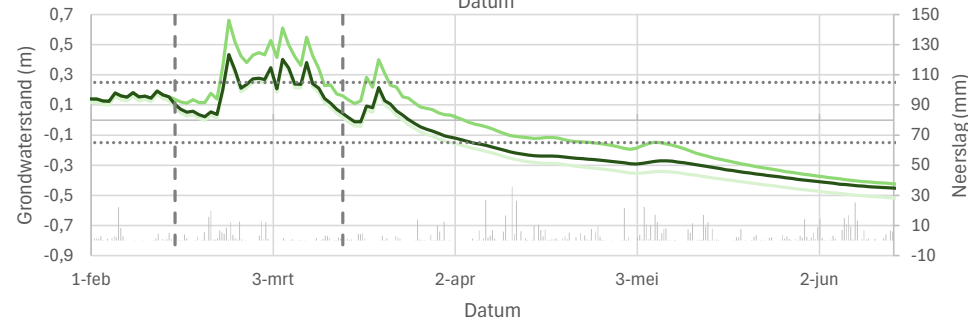
Grondwaterstanden t.o.v. van referentie



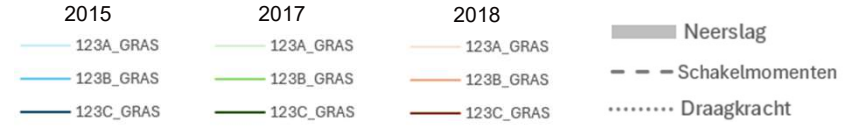
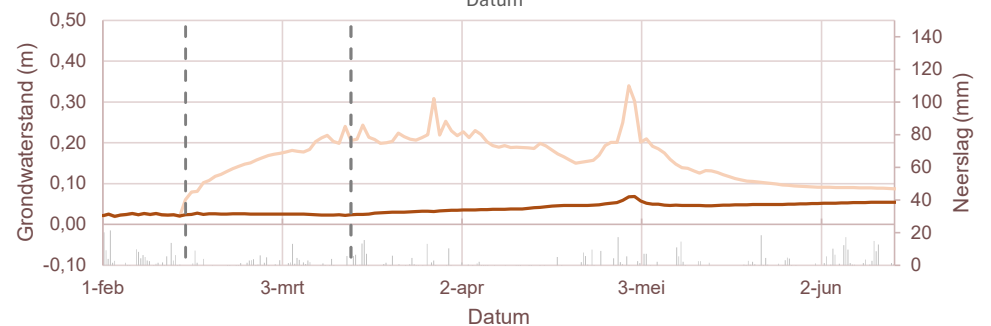
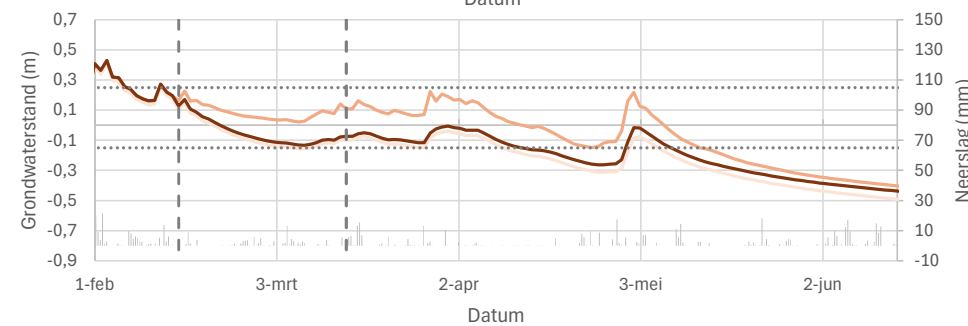
2015 (nat jaar)



2017 (gem. jaar)



2018 (droog jaar)

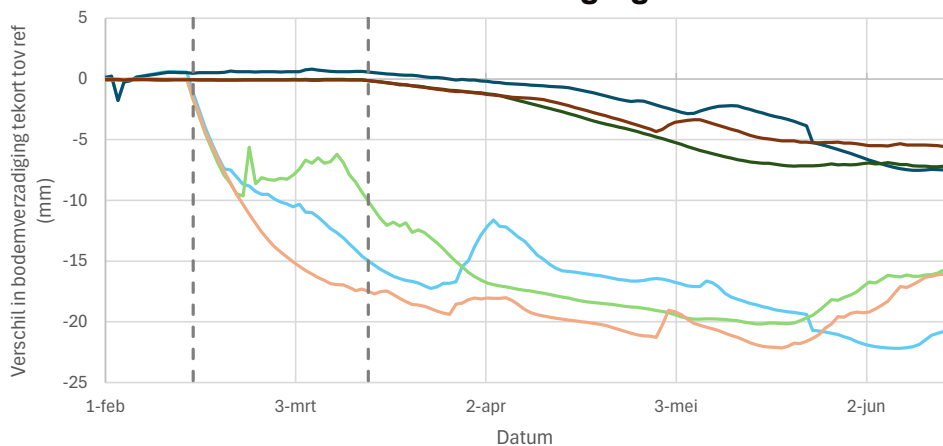




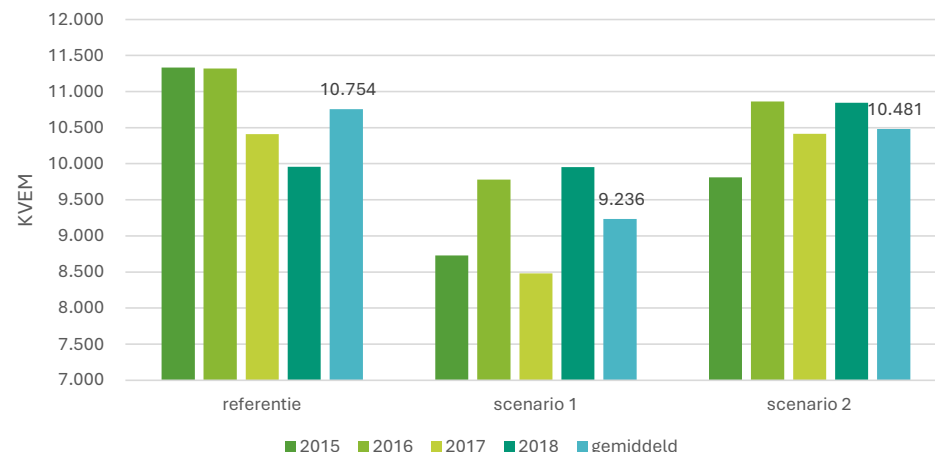
Vlak beekdal – Gras Hydrologie



Bodemverzadigingsstekort

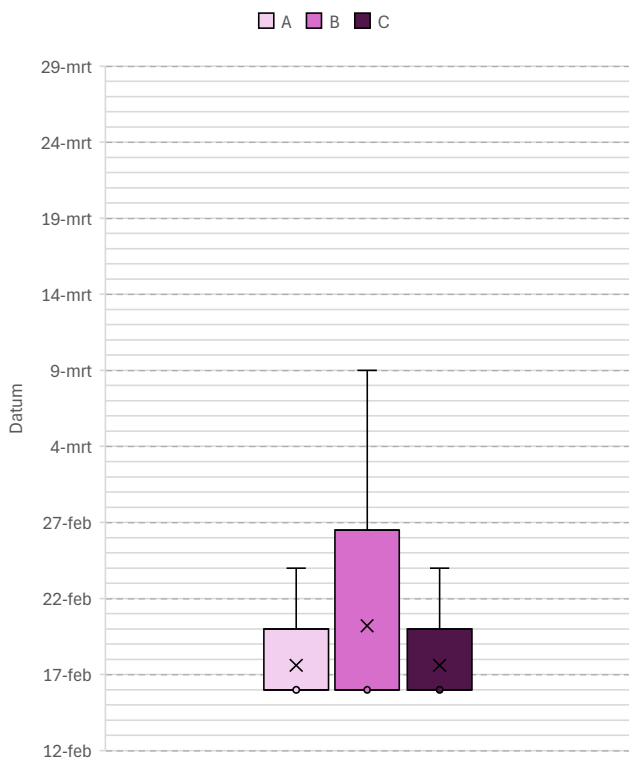


Gewasopbrengst

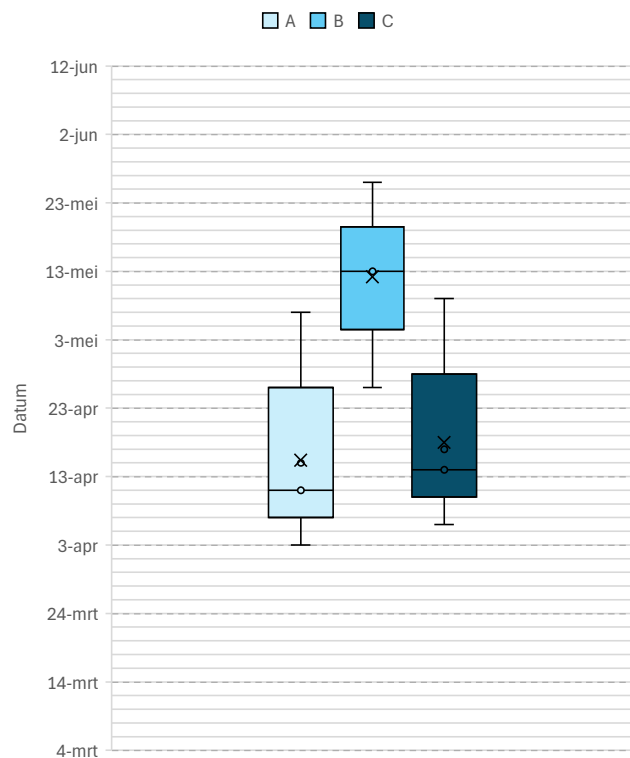


*KVEM is een indicatie voor gewasgroei en de bijbehorende kwaliteit

40 cm draagkracht



80 cm draagkracht

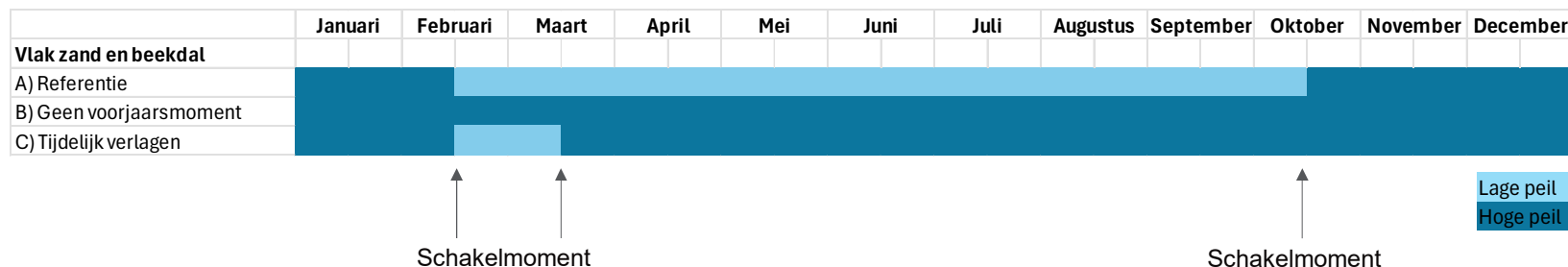


Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.



Steil beekdal - Gras

Scenario's



B) Geen voorjaarsmoment

Effecten hydrologie

- Grondwaterstand is circa 15 cm hoger dan referentie.
- Verzadigingstekort 50 mm lager dan in referentie.

Effecten draagkracht

- 40 cm: Grotere spreiding, in een nat jaar kan je pas 25 maart het land op.
- 80 cm: 80 cm grens wordt circa 15 dagen later gehaald.

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €350,86 per KVEM

Effecten Waterkwaliteit

- Grote toename wegzijging
- Toename gewasopname en denitrificatie

C) Tijdelijke verlaging

Effecten hydrologie

- Nauwelijks effect tov referentie orde 2 cm.
- Verzadigingstekort 30 mm lager dan referentie.

Effecten draagkracht

- 40 cm: zelfde als referentie
- 80 cm: bijna hetzelfde als referentie

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €58,78 per KVEM

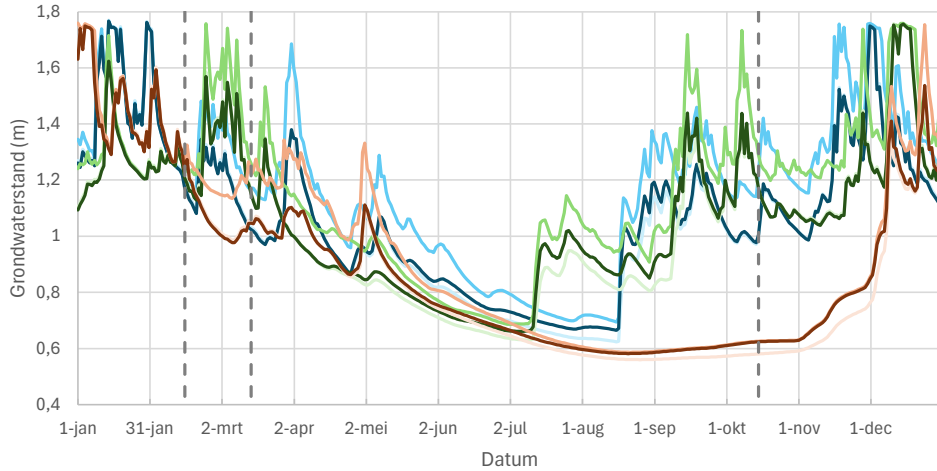
Effecten Waterkwaliteit

- Nauwelijks effect op kwel en wegzijging

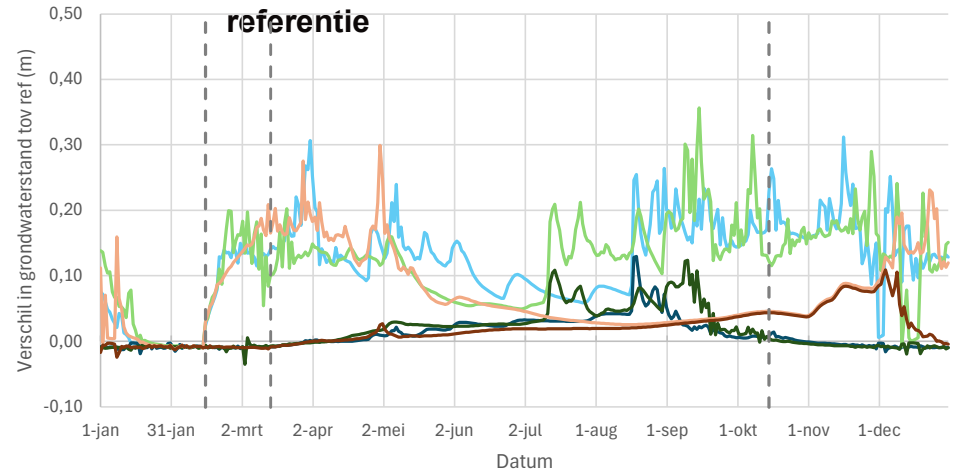


Steil beekdal - Gras

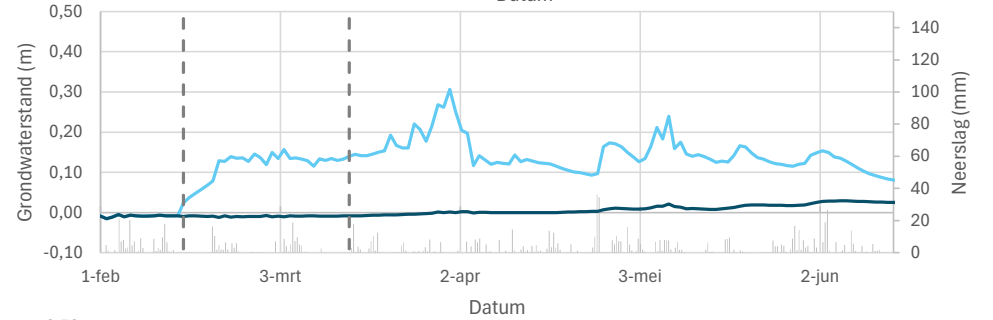
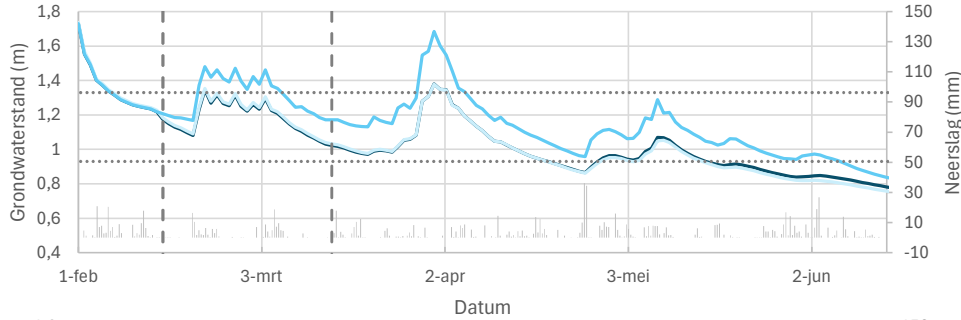
Grondwaterstanden



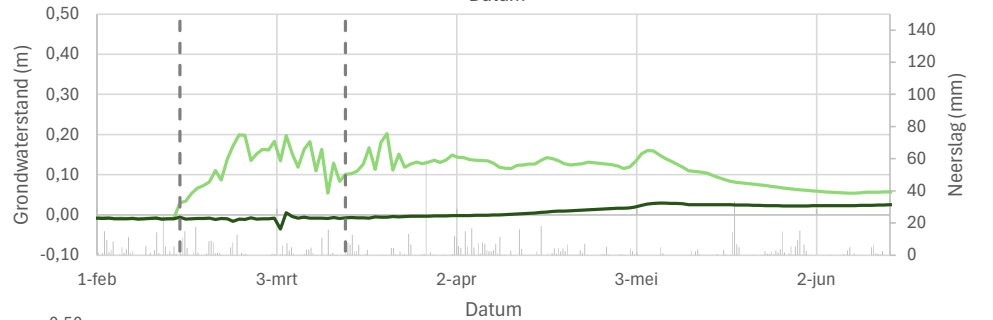
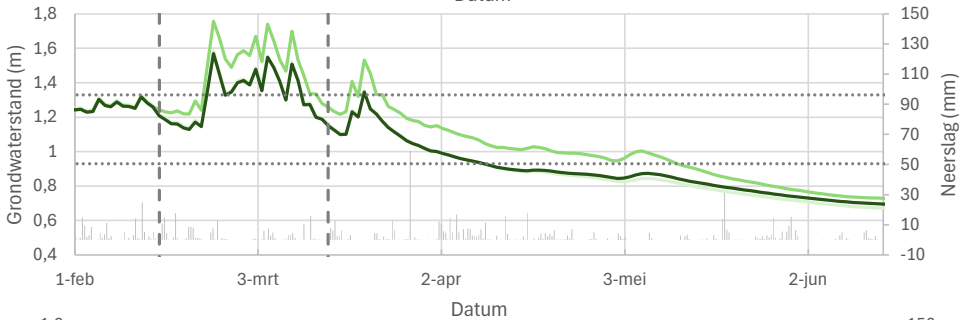
Grondwaterstanden t.o.v. van referentie



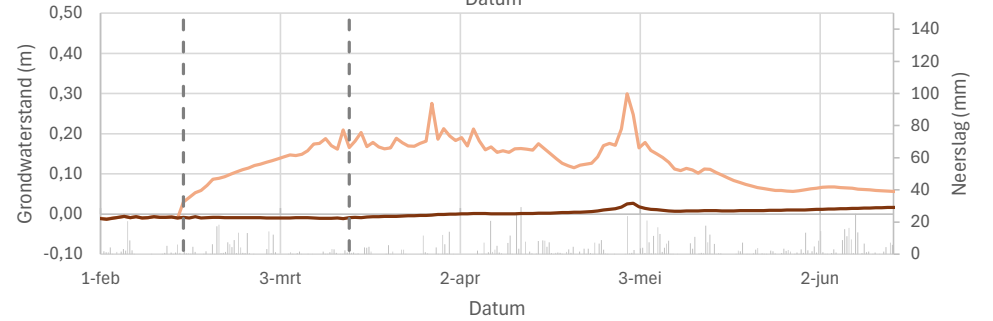
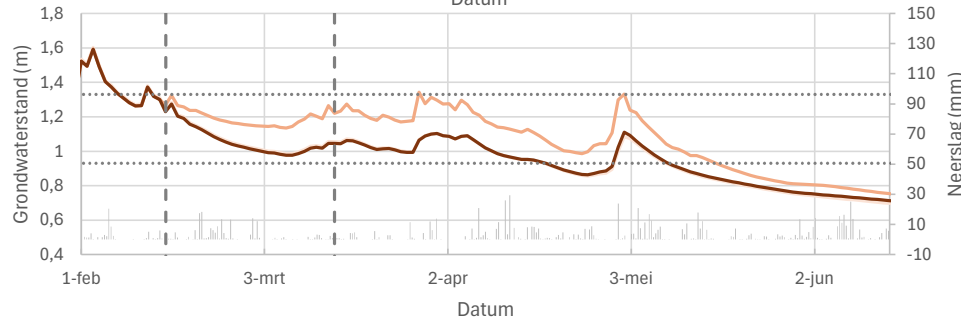
2015 (nat jaar)



2017 (gem. jaar)



2018 (droog jaar)



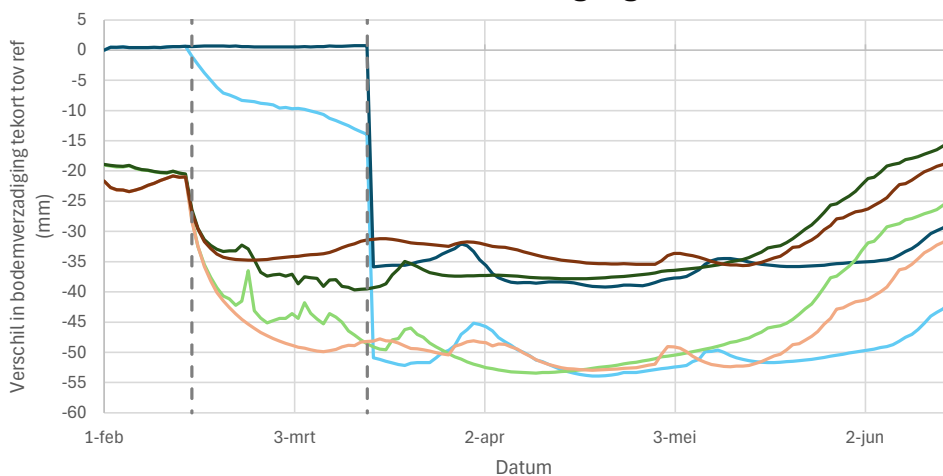
- 2015 — 123A_GRAS — 123B_GRAS — 123C_GRAS
- 2017 — 123A_GRAS — 123B_GRAS — 123C_GRAS
- 2018 — 123A_GRAS — 123B_GRAS — 123C_GRAS
- Neerslag
- Schakelmomenten
- Draagkracht



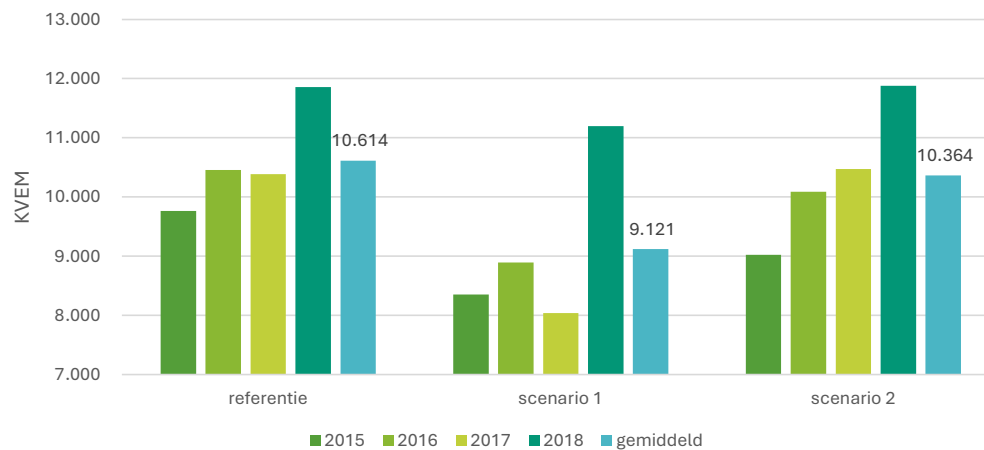
Steil beekdal – Gras Hydrologie



Bodemverzadigingskort

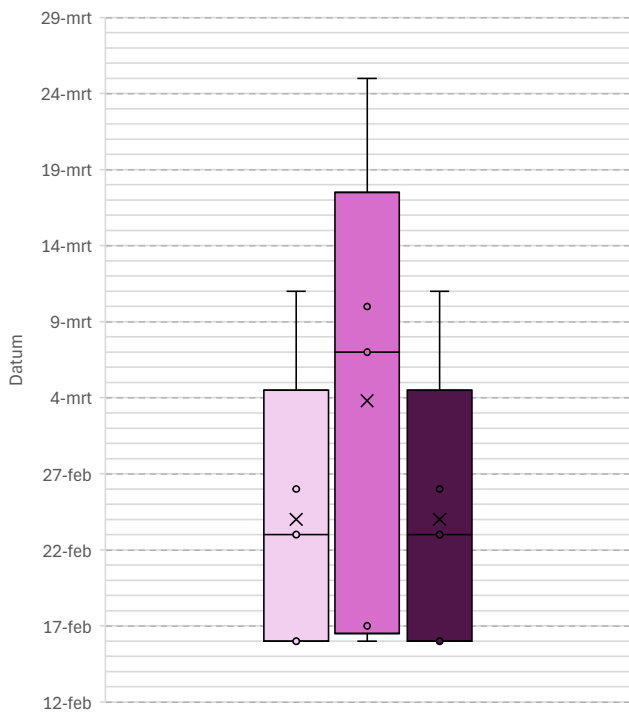


Gewasopbrengst

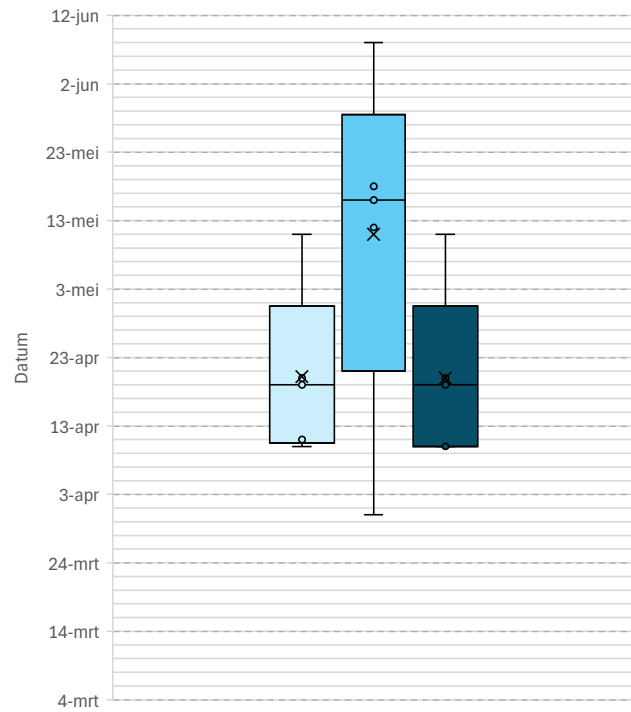


*KVEM is een indicatie voor gewasgroei en de bijbehorende kwaliteit

40 cm draagkracht



80 cm draagkracht

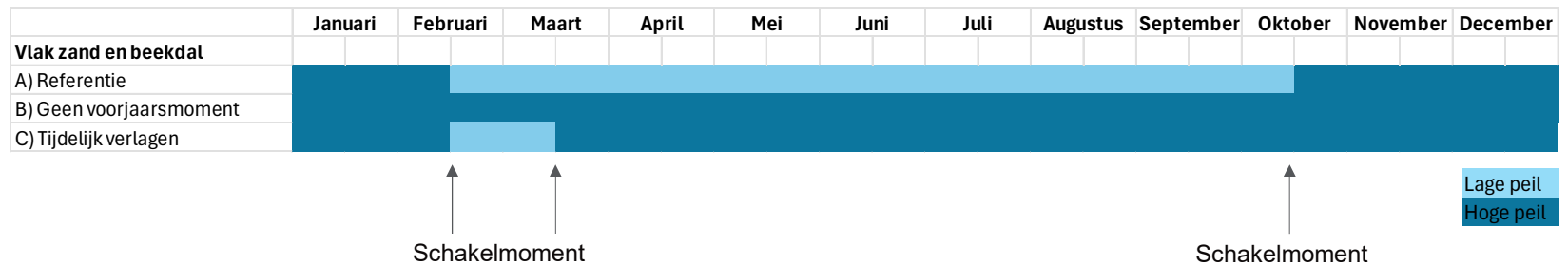


Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.



Vlak zandgebied - Gras

Scenario's



B) Geen voorjaarsmoment

Effecten hydrologie

- Grondwaterstand is circa 15 cm hoger dan referentie. In een droog jaar richting de 20 cm.
- Verzadigingstekort tot 35 mm lager dan in referentie.

Effecten draagkracht

- 40 cm: Grotere spreiding, in een nat jaar kan je pas 24 maart het land op.
- 80 cm: 80 cm grens wordt in een nat jaar pas 10 mei gehaald.

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €359,97 per KVEM

Effecten Waterkwaliteit

- Minder wegzijging en meer kwel tov referentie

C) Tijdelijke verlaging

Effecten hydrologie

- Grondwaterstand circa 10 – 15 cm hoger dan referentie.
- Verzadigingstekort 30 - 35 mm lager dan referentie.

Effecten draagkracht

- 40 cm: zelfde als referentie
- 80 cm: grote spreiding; verschil tov van ref lijkt groot. Maar komt voornamelijk door gehanteerde uitgangspunten.

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €121,50 per KVEM

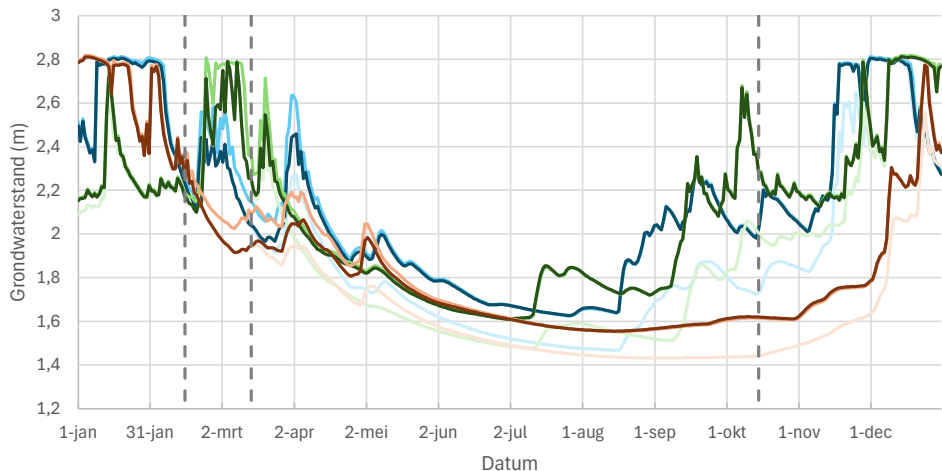
Effecten Waterkwaliteit

- Minder wegzijging en meer kwel tov referentie

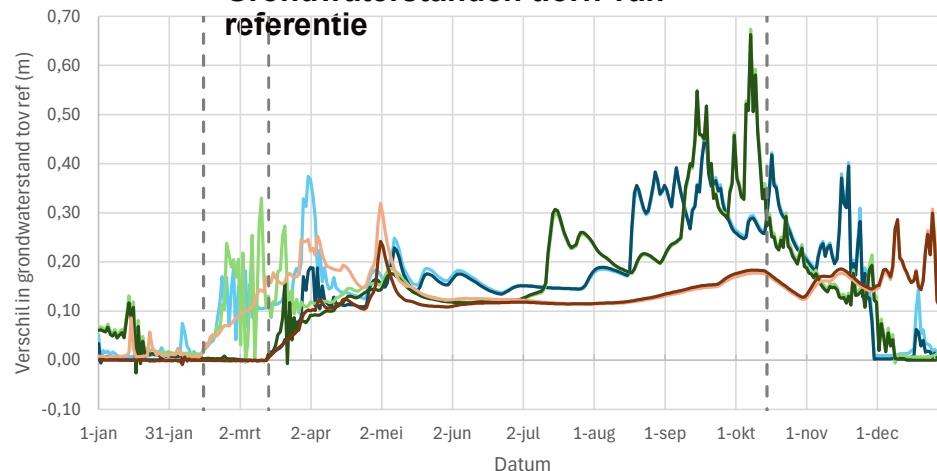


Vlak zandgebied - Gras

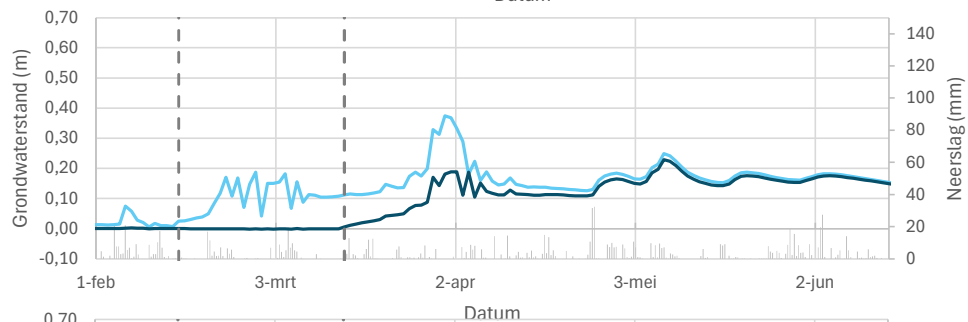
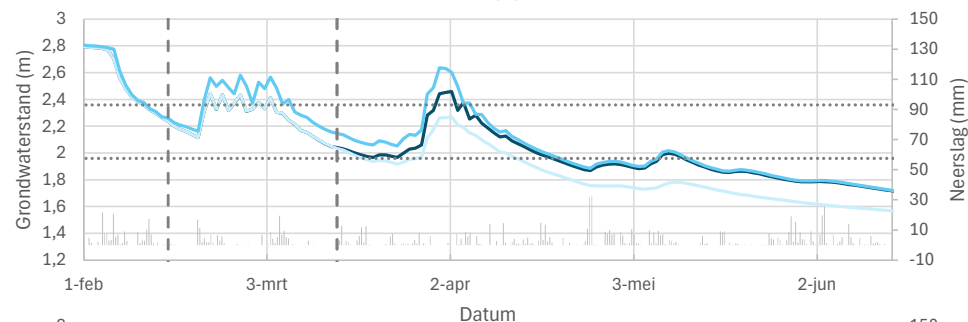
Grondwaterstanden



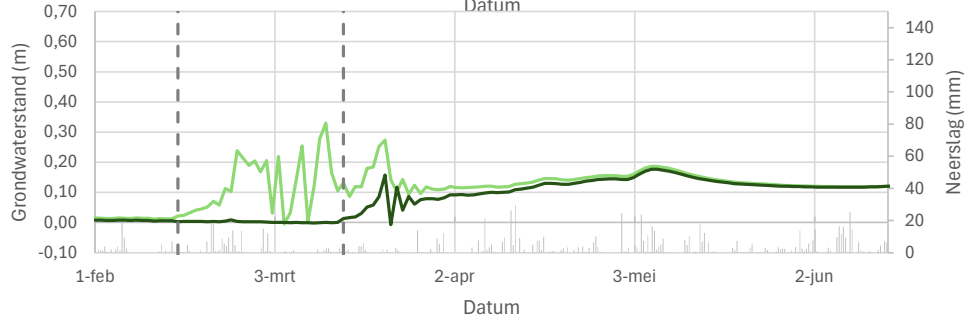
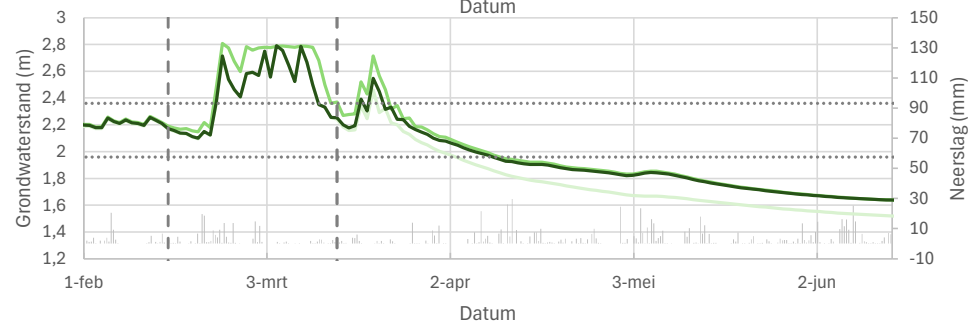
Grondwaterstanden t.o.v. van referentie



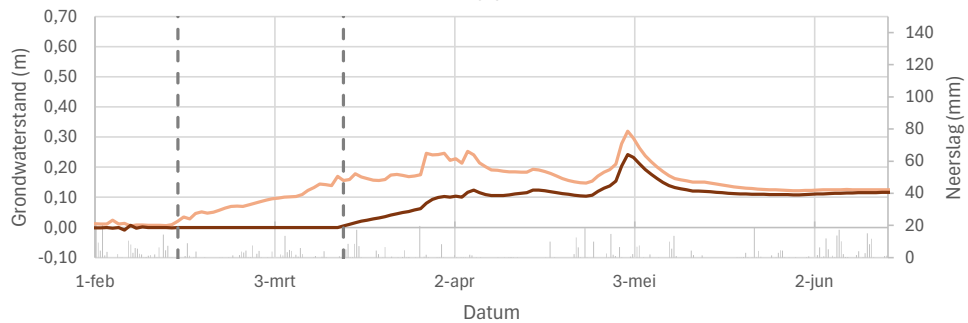
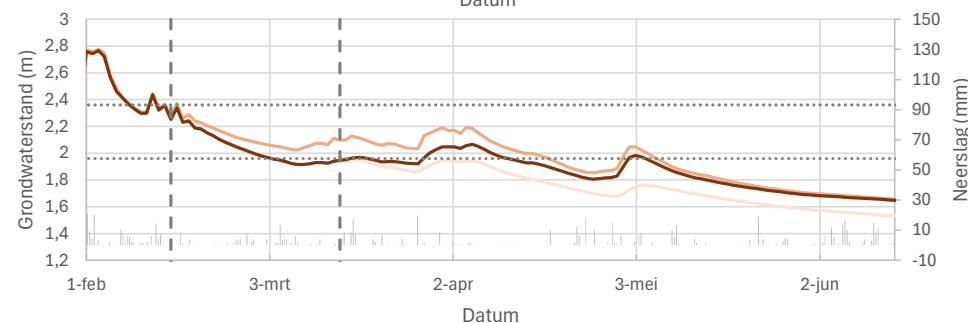
2015 (nat jaar)



2017 (gem. jaar)



2018 (droog jaar)



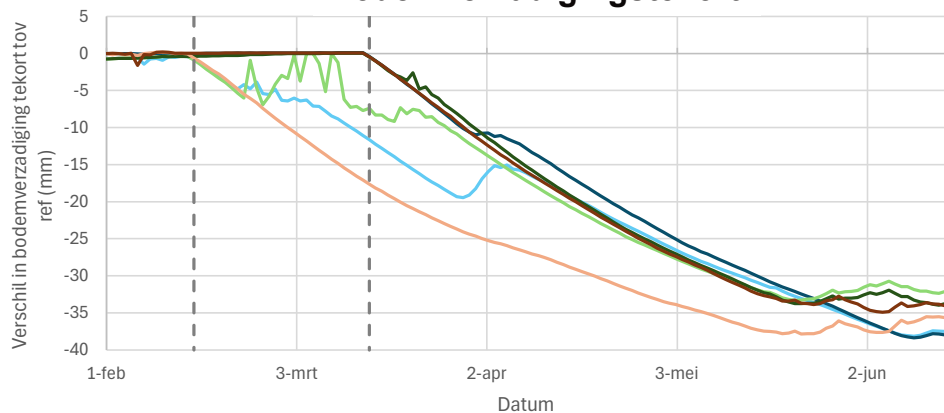
- 2015
- 2017
- 2018
- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- 123C_GRAS
- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- 123C_GRAS
- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- 123C_GRAS
- Neerslag
- Schakelmomenten
- Draagkracht



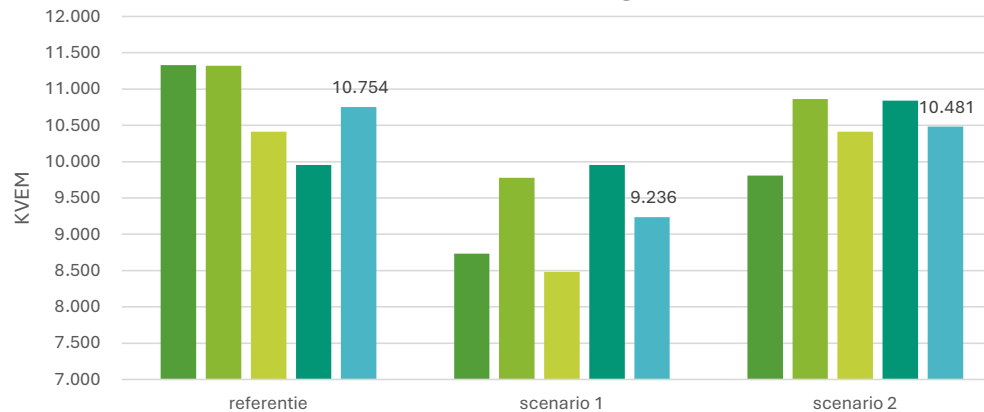
Vlak zand – Gras Hydrologie



Bodemverzadigingstekort

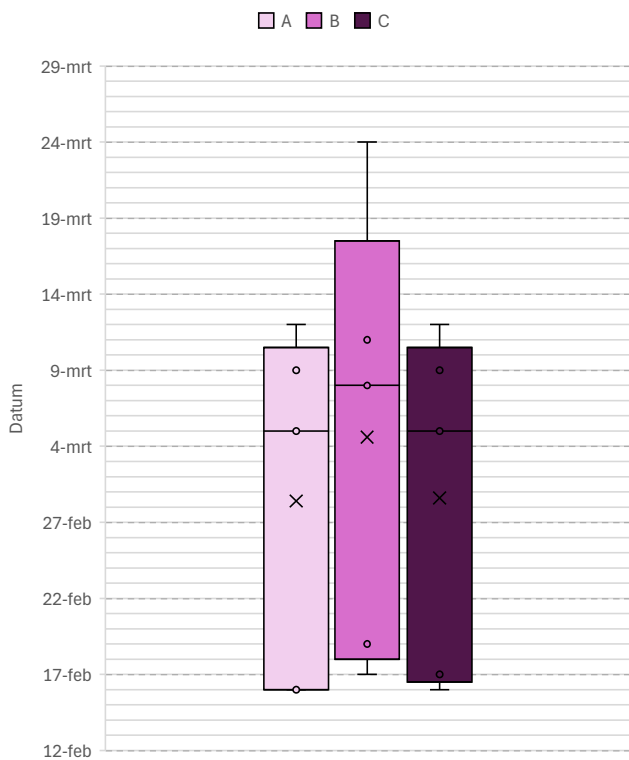


Gewasopbrengst

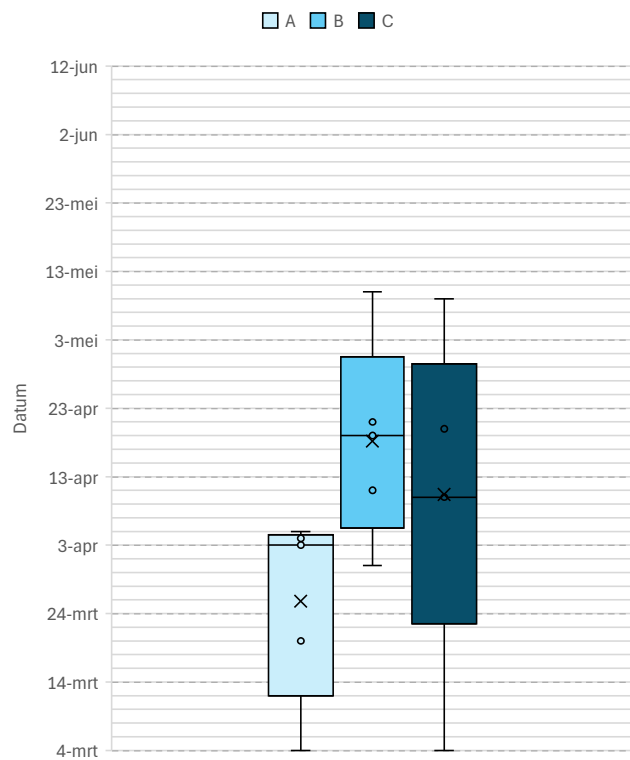


*KVEM is een indicatie voor gewasgroei en de bijbehorende kwaliteit

40 cm draagkracht



80 cm draagkracht



Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.



Polder - Gras



Scenario's



B) Geen voorjaarsmoment

Effecten hydrologie

- Grondwaterstand is circa 10 - 15 cm hoger dan referentie.
- Zeer beperkt effect op verzadigingstekort (2 mm)

Effecten draagkracht

- 40 cm: Vooral een grotere spreiding; nat jaar 13 dagen later.
- 80 cm: geen effect; spreiding zelfs iets kleiner.

Effecten opbrengst

- Jaarlijks opbrengstderving van €120,37 per KVEM

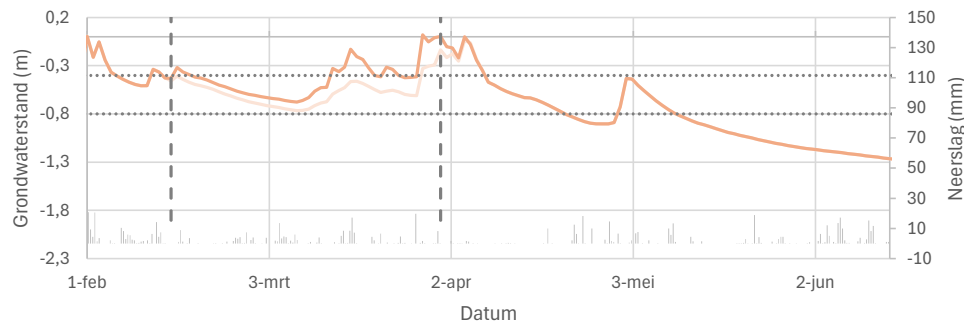
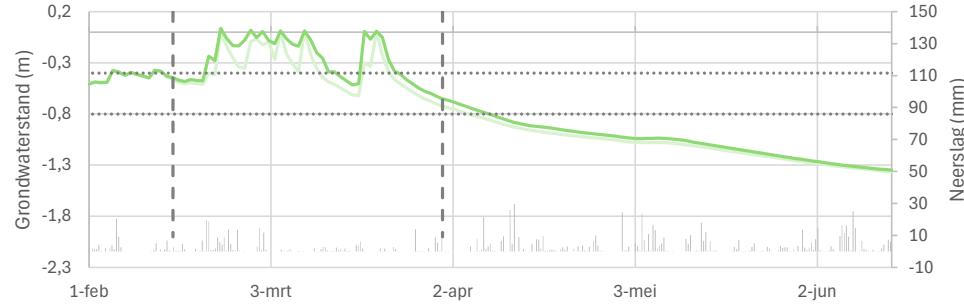
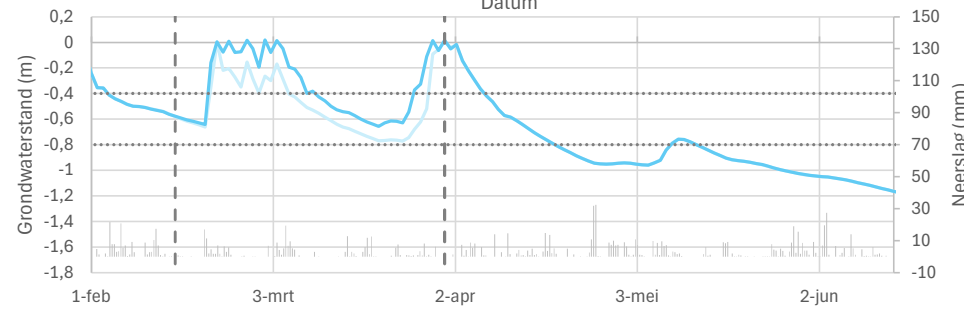
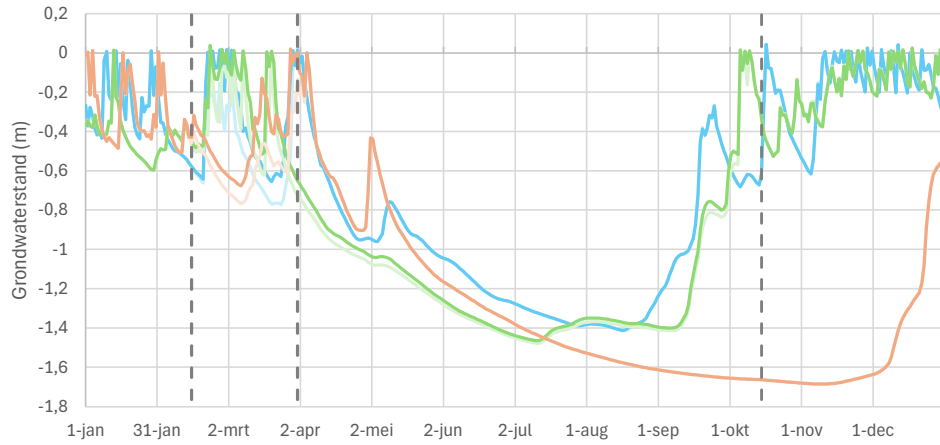
Effecten Waterkwaliteit

- Nauwelijks effect op wegzijging en kwel.
- Meer oppervlakkige afvoer en minder gewasopname



Polder - Gras

Grondwaterstanden



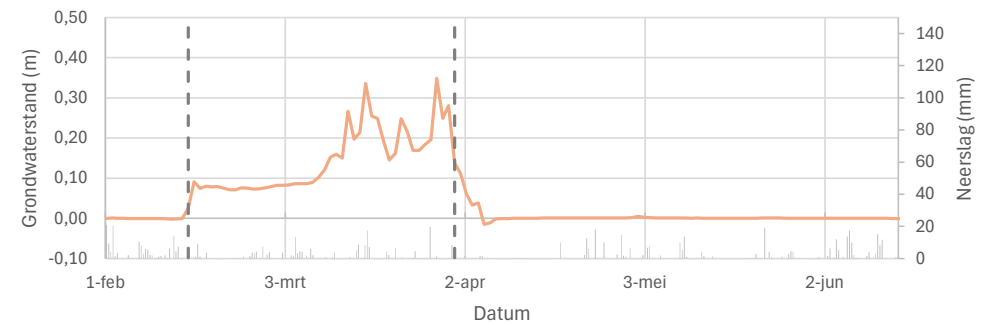
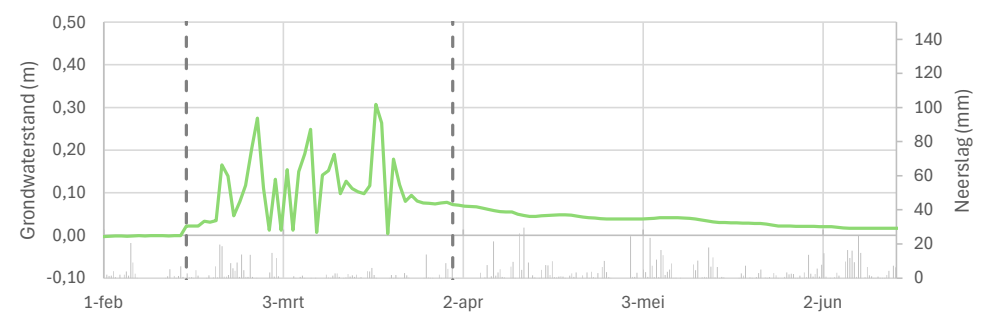
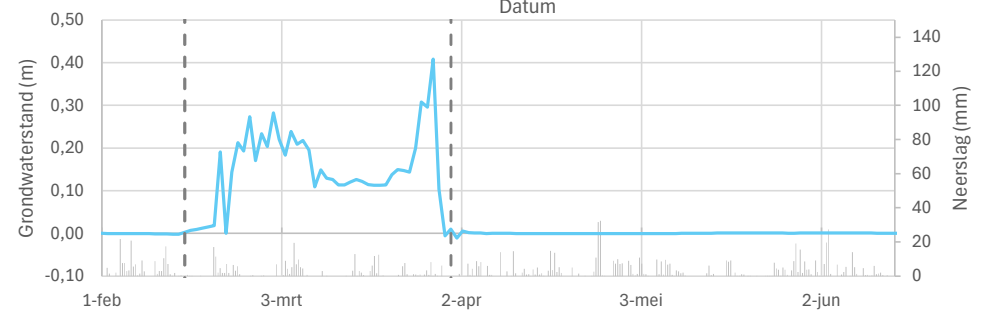
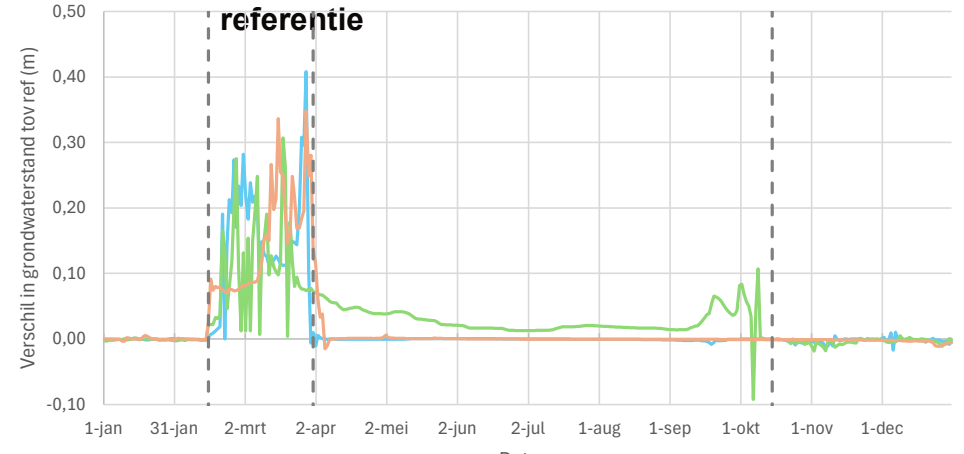
2015 (nat jaar)

2017 (gem. jaar)

2018 (droog jaar)



Grondwaterstanden t.o.v. van referentie



2015 (nat jaar)

2017 (gem. jaar)

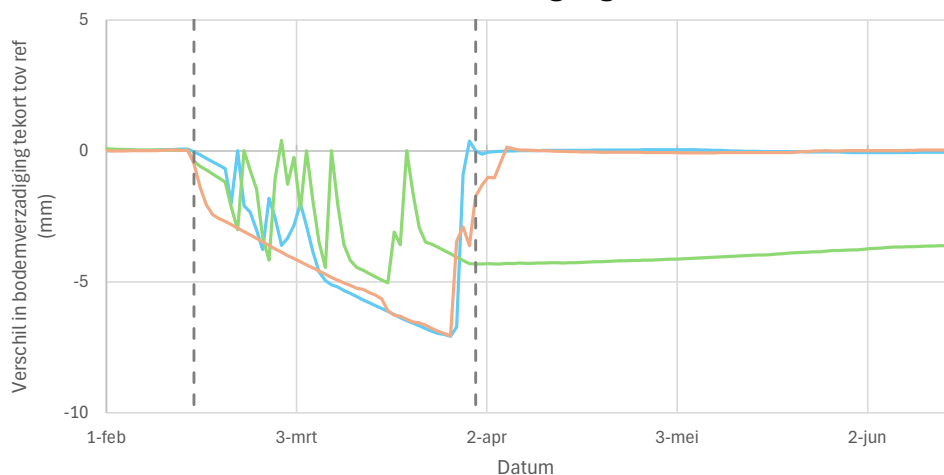
2018 (droog jaar)



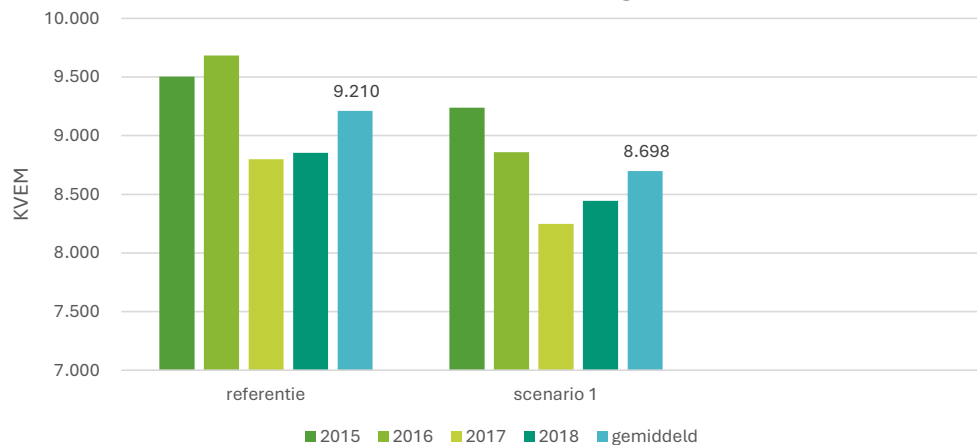
Polder – Gras Hydrologie



Bodemverzadigingskort



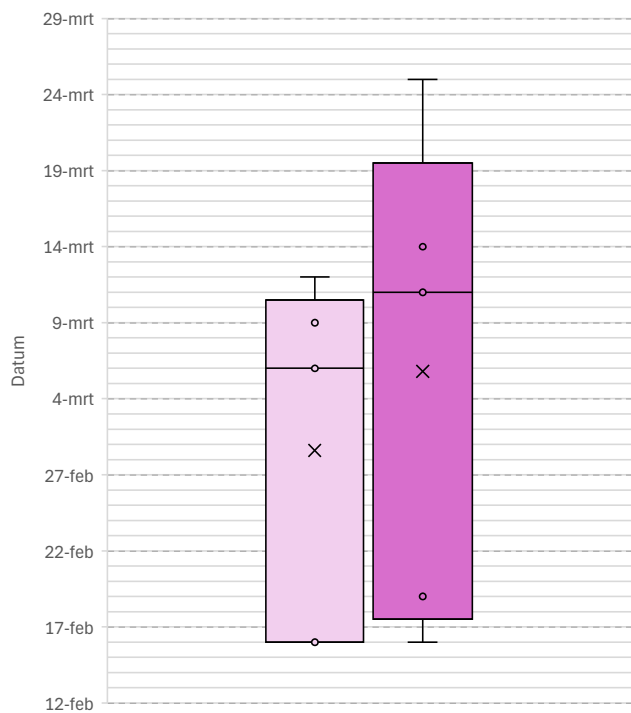
Gewasopbrengst



*KVEM is een indicatie voor gewasgroei en de bijbehorende kwaliteit

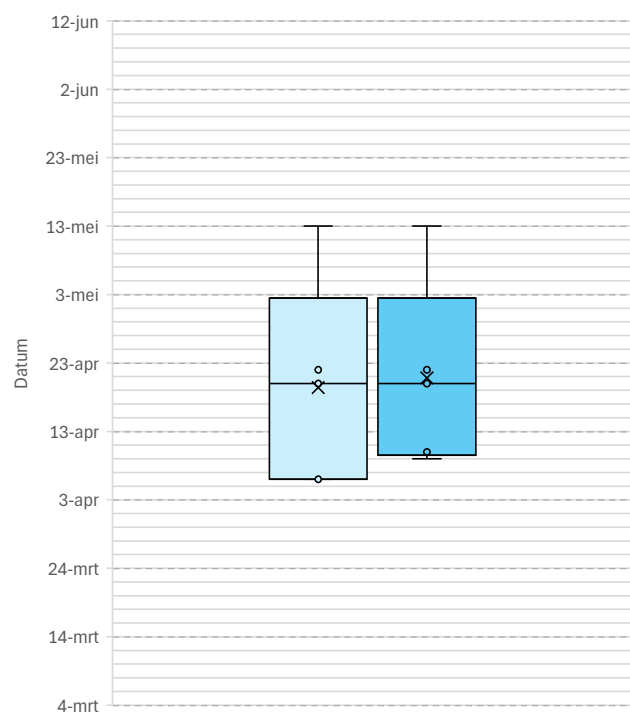
40 cm draagkracht

A B



80 cm draagkracht

A B



Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.



Mais

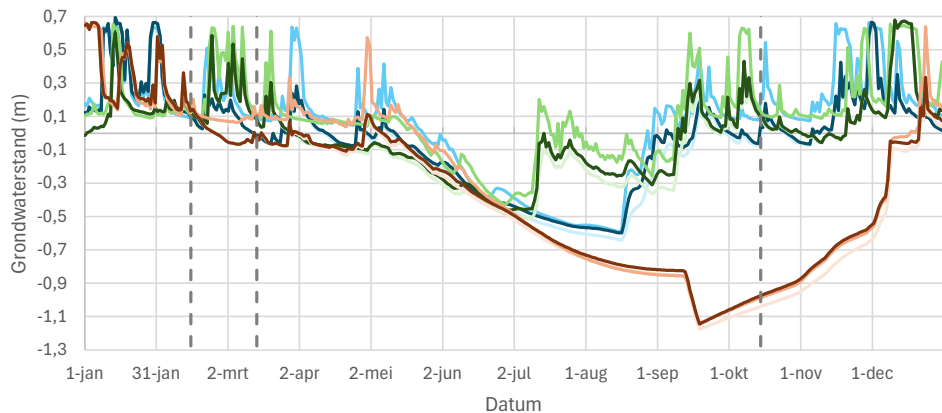


Vlak beekdal - Mais

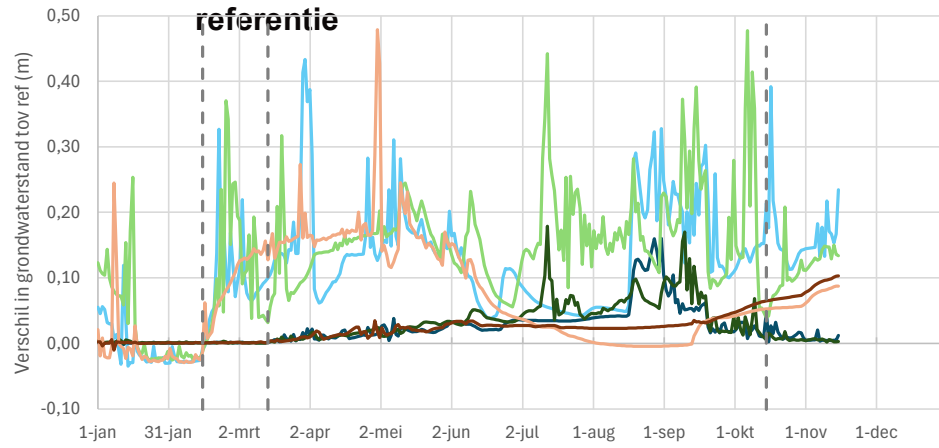


Vlak beekdal - Mais

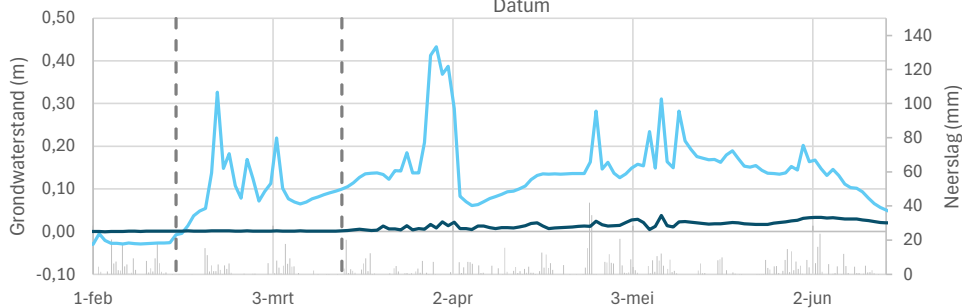
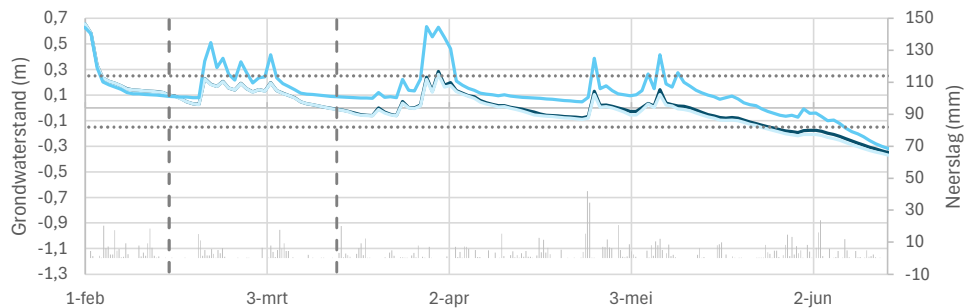
Grondwaterstanden



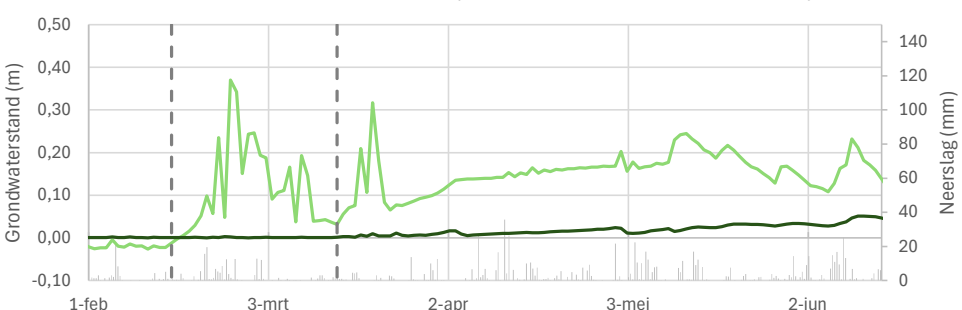
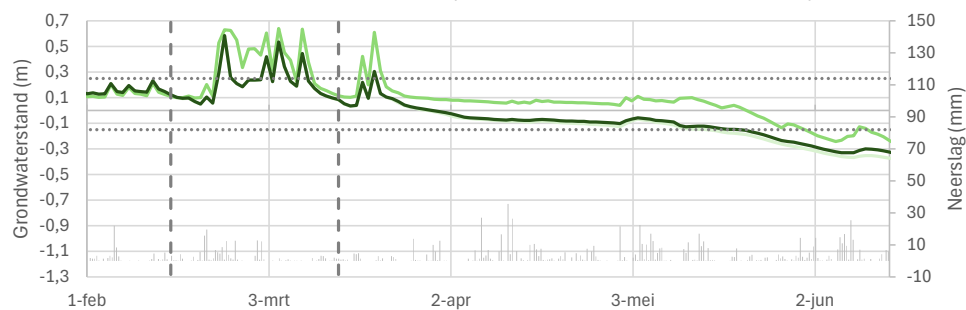
Grondwaterstanden t.o.v. van referentie



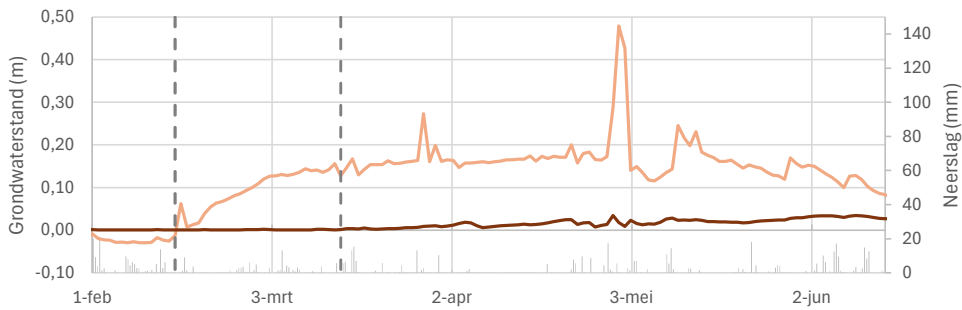
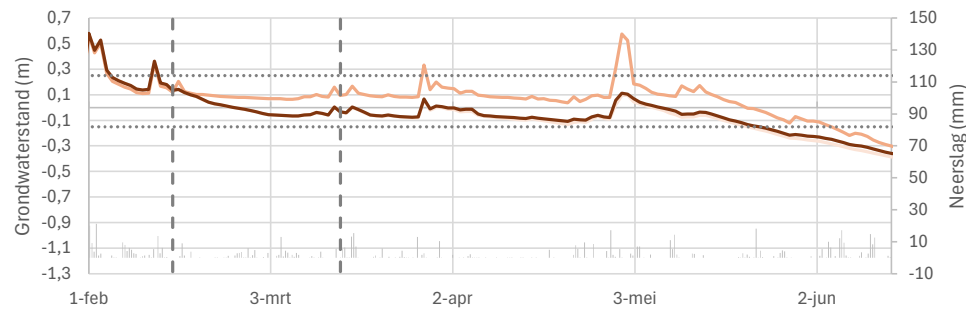
2015 (nat jaar)



2017 (gem. jaar)



2018 (droog jaar)



2015

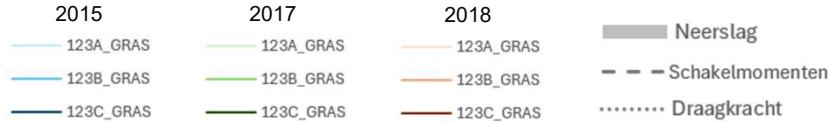
2017

2018

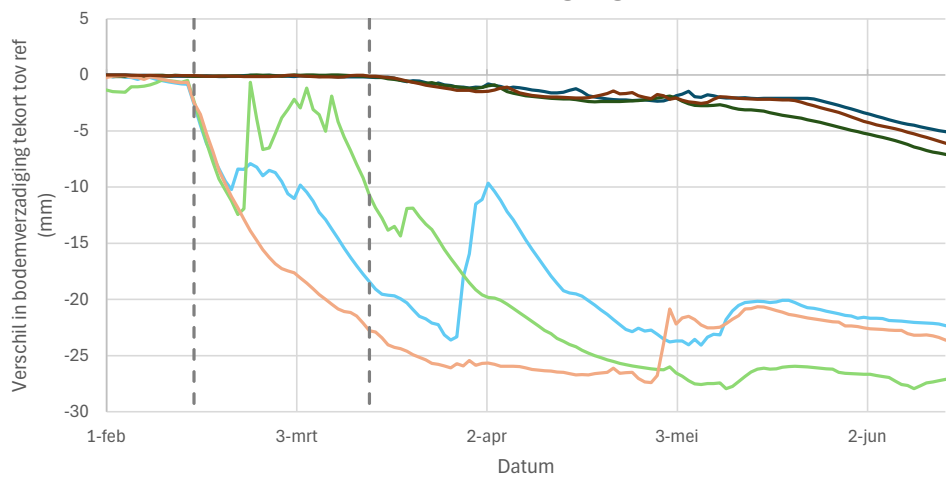
- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- 123C_GRAS
- Neerslag
- Schakelmomenten
- Draagkracht



Vlak beekdal – Mais Hydrologie



Bodemverzadigingskort

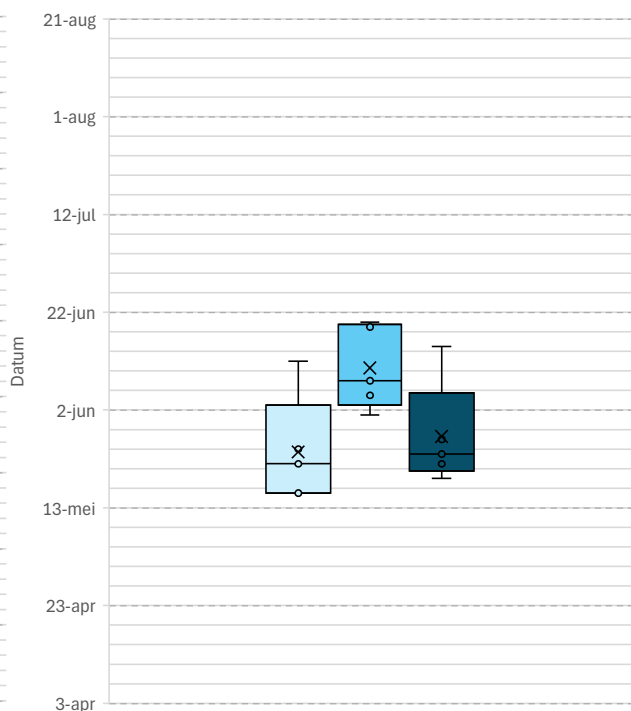
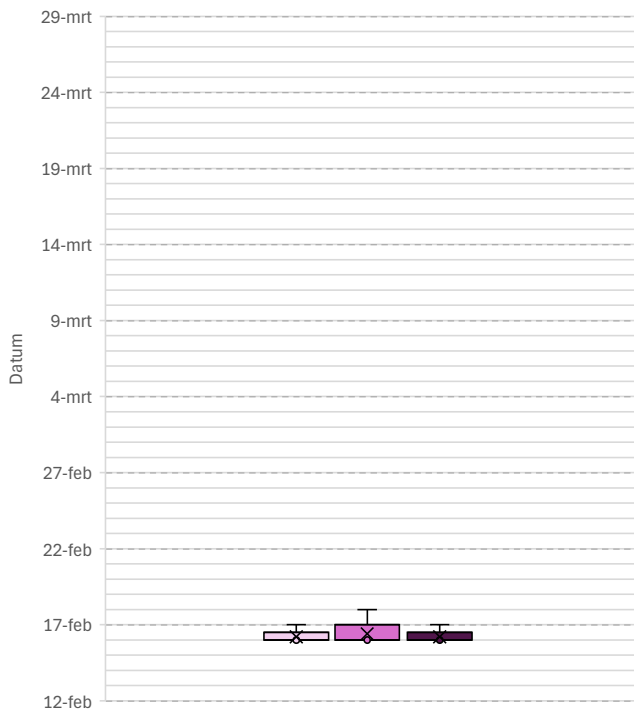


40 cm draagkracht

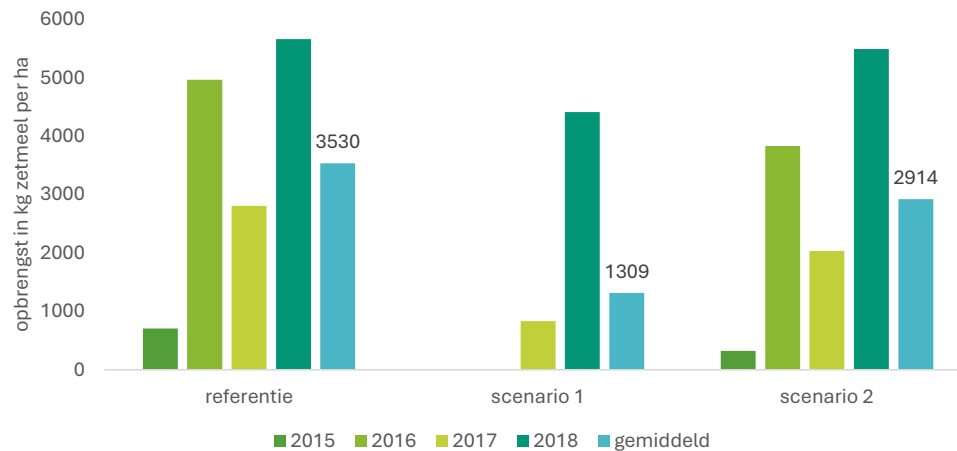
80 cm draagkracht

□ A □ B □ C

□ A □ B □ C



Gewasopbrengst



Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.

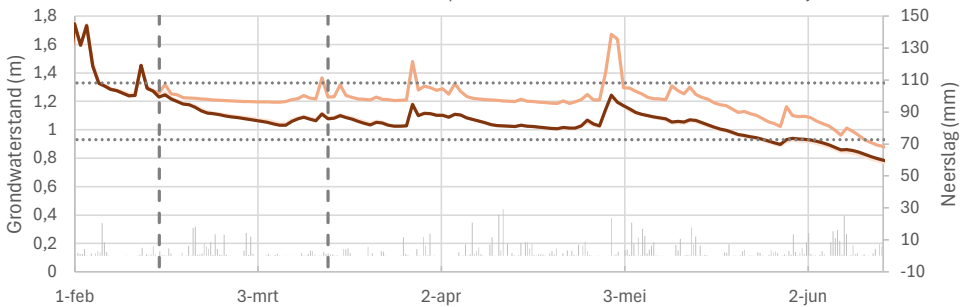
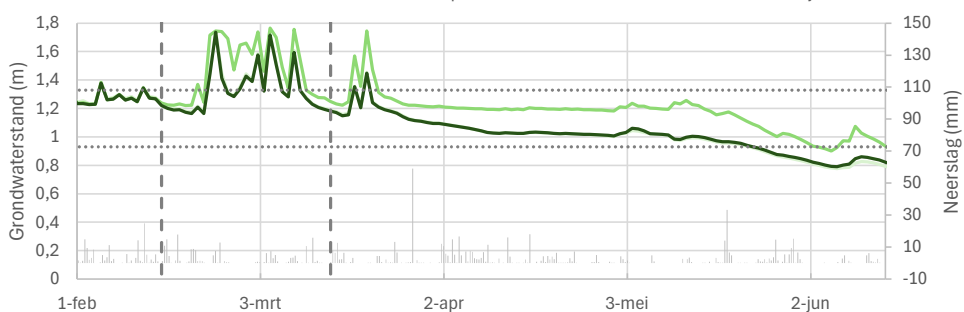
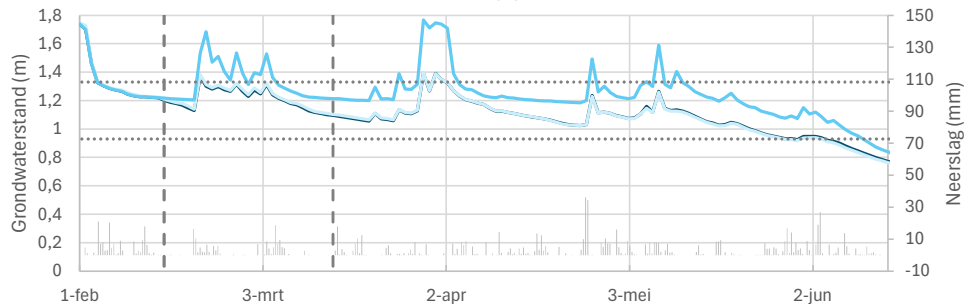
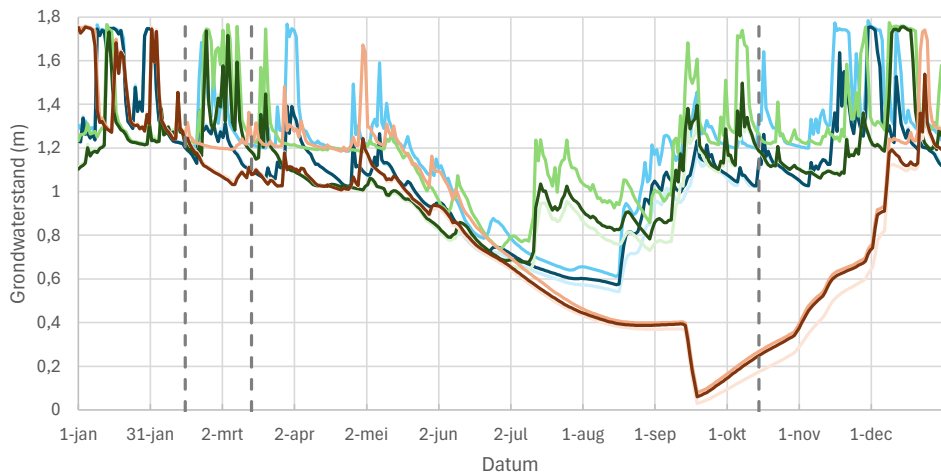


Steil beekdal - Mais



Steil beekdal - Mais

Grondwaterstanden



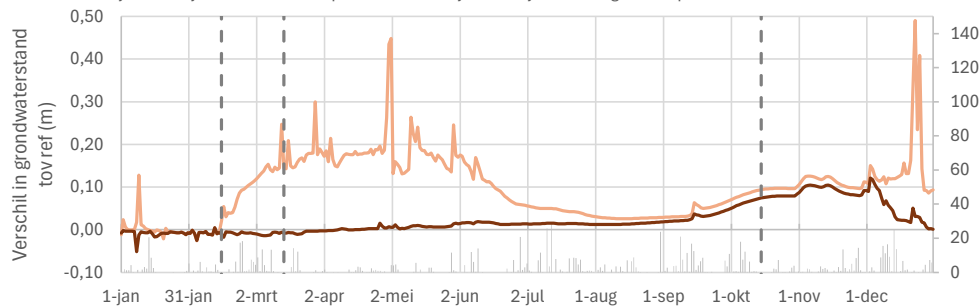
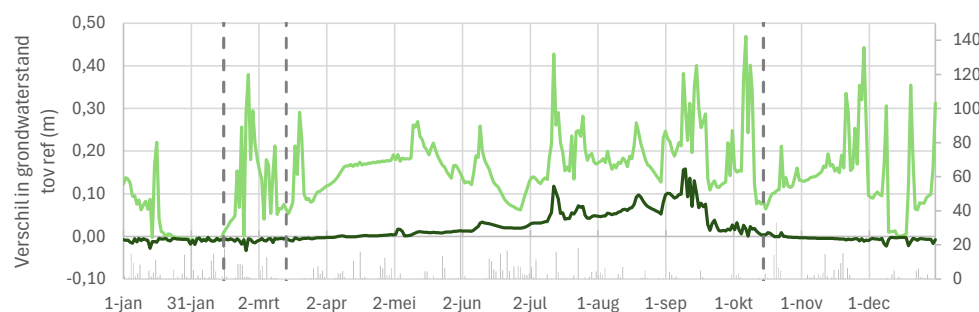
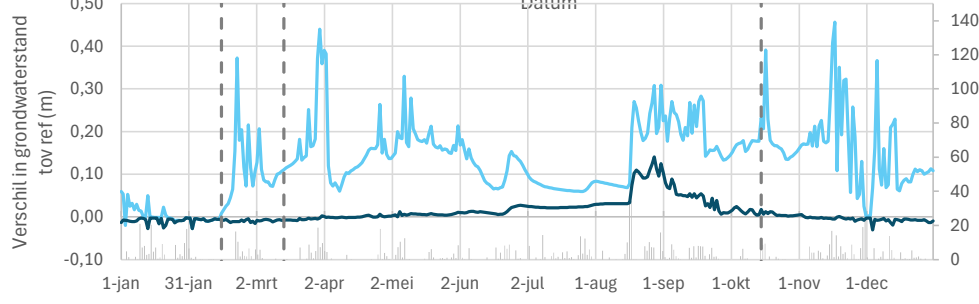
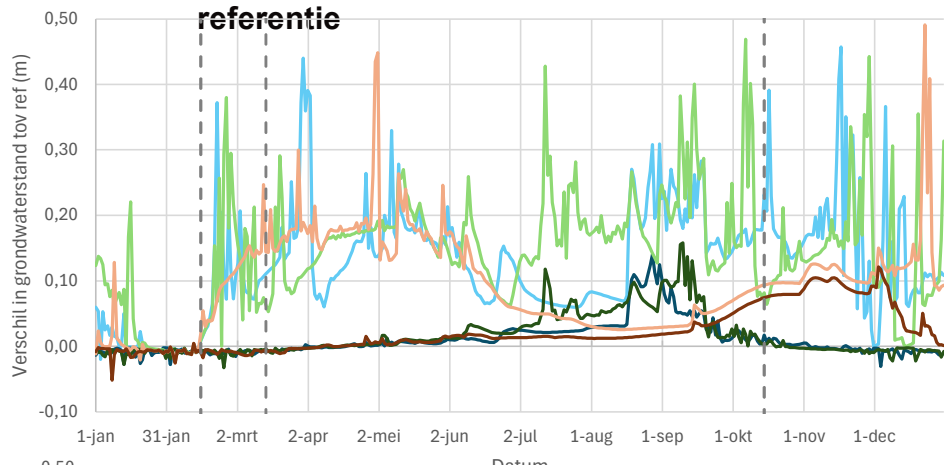
2015 (nat jaar)

2017 (gem. jaar)

2018 (droog jaar)

- 2015: 123A_GRAS (light blue), 123B_GRAS (medium blue), 123C_GRAS (dark blue)
- 2017: 123A_GRAS (light green), 123B_GRAS (medium green), 123C_GRAS (dark green)
- 2018: 123A_GRAS (light orange), 123B_GRAS (medium orange), 123C_GRAS (dark orange)
- Neerslag (grey bar)
- Schakelmomenten (dashed vertical line)
- Draagkracht (dotted horizontal line)

Grondwaterstanden t.o.v. van referentie

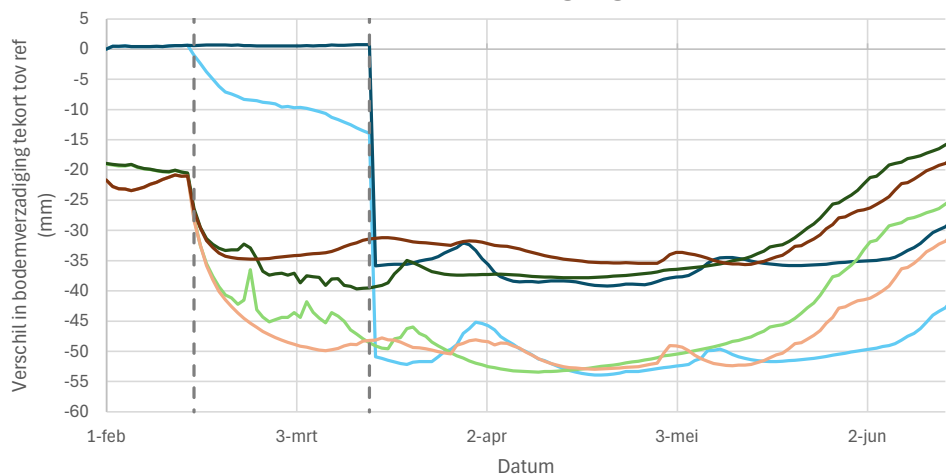




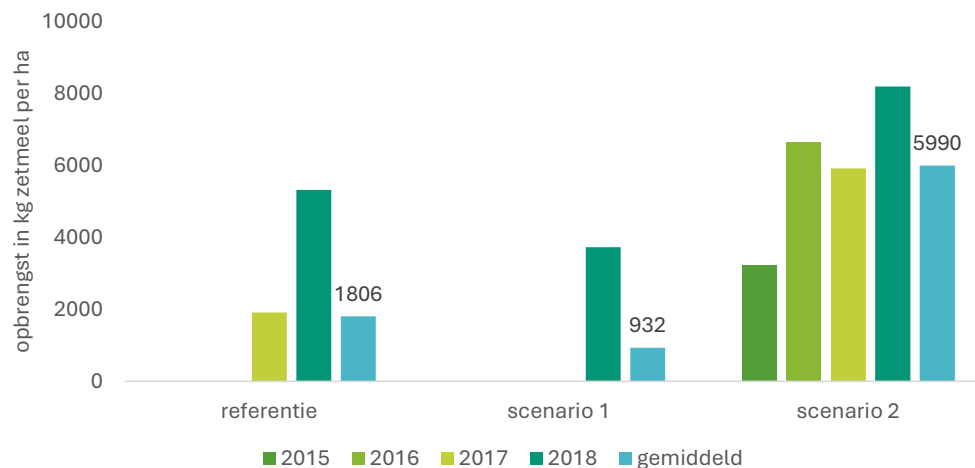
Steil beekdal – Mais Hydrologie



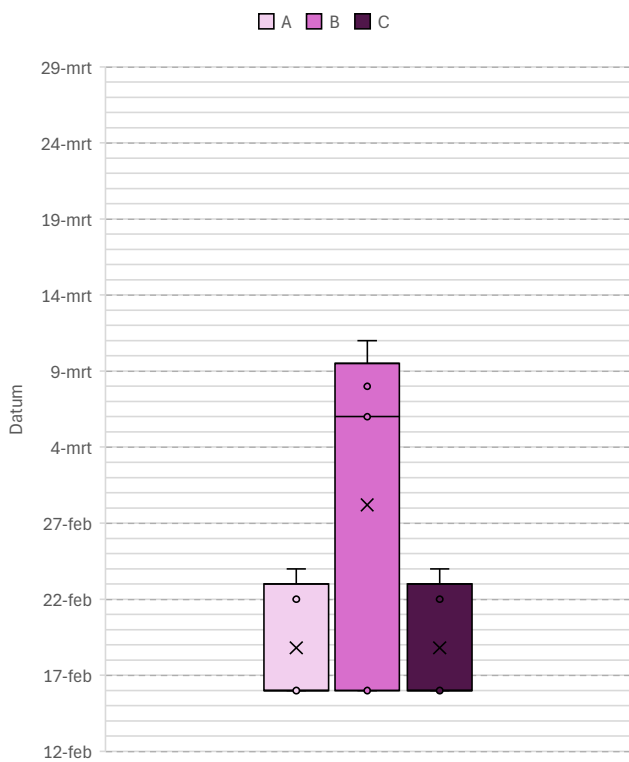
Bodemverzadigingskort



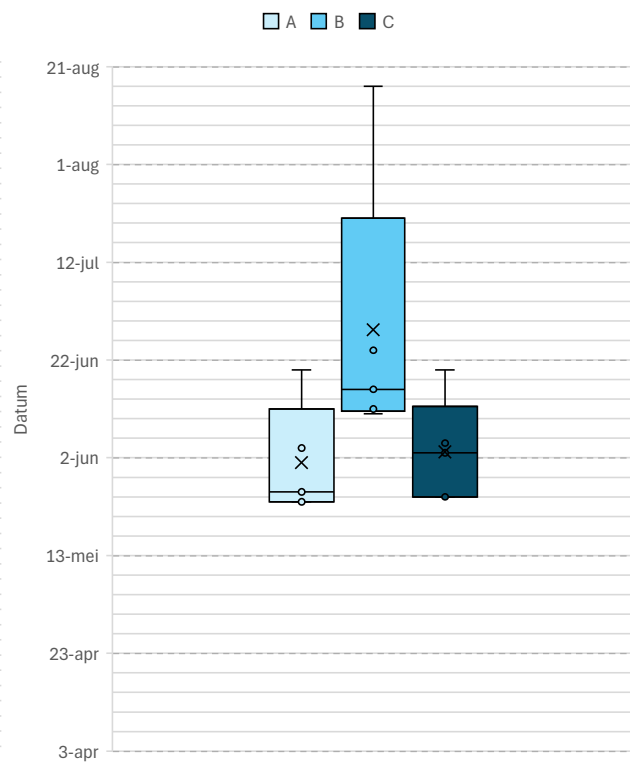
Gewasopbrengst



40 cm draagkracht



80 cm draagkracht



Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.

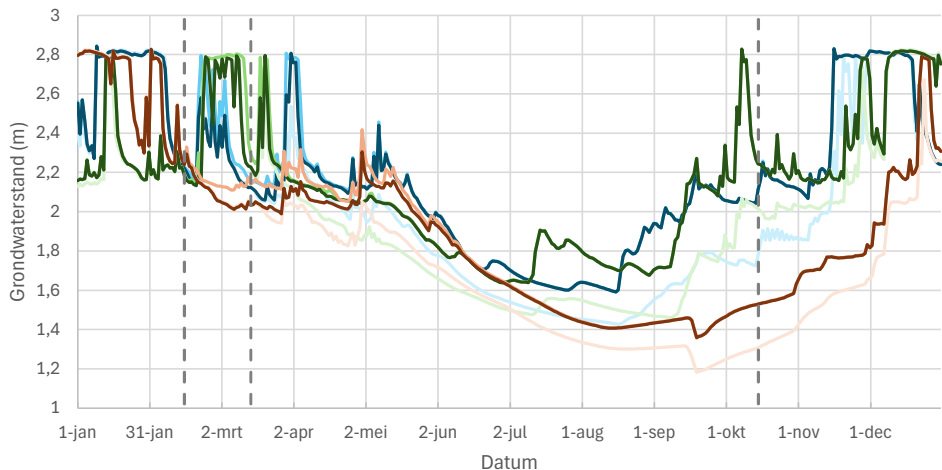


Vlak zandgebied - Mais

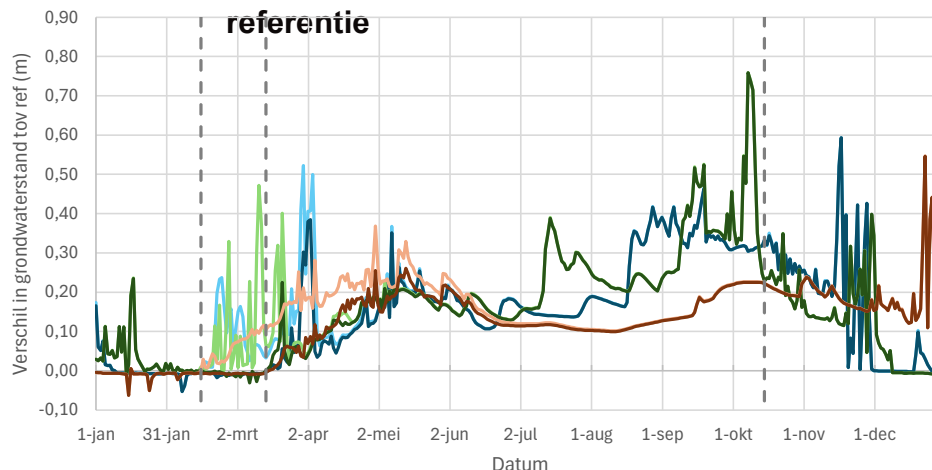


Vlak zandgebied - Mais

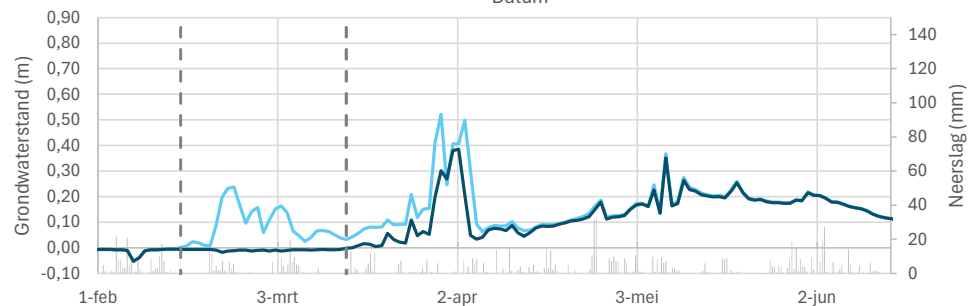
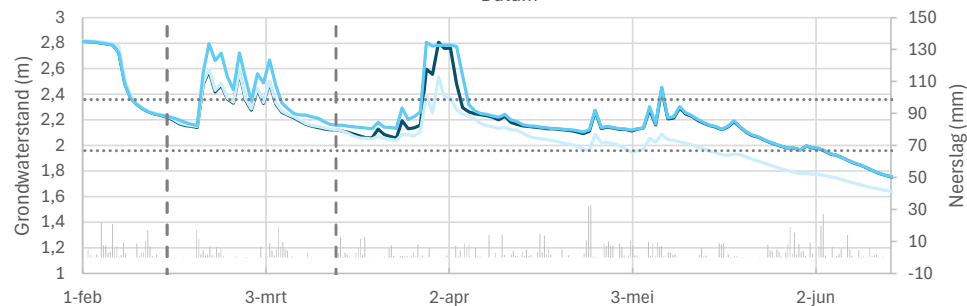
Grondwaterstanden



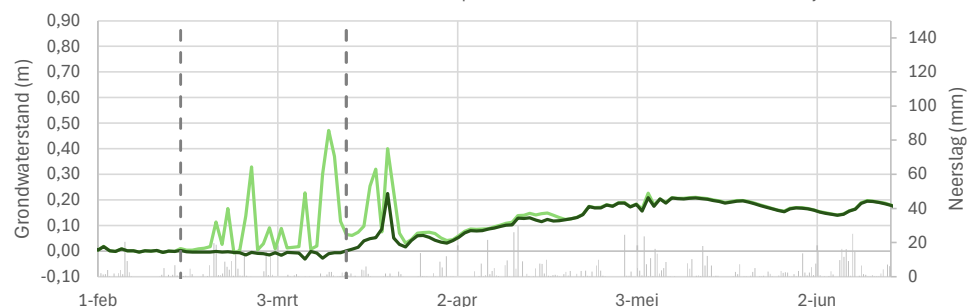
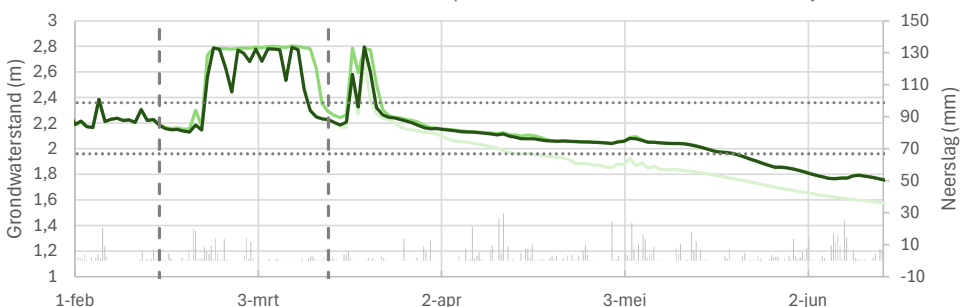
Grondwaterstanden t.o.v. van referentie



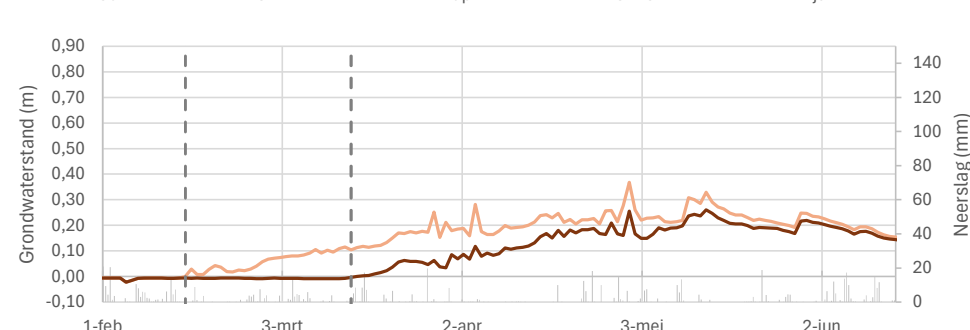
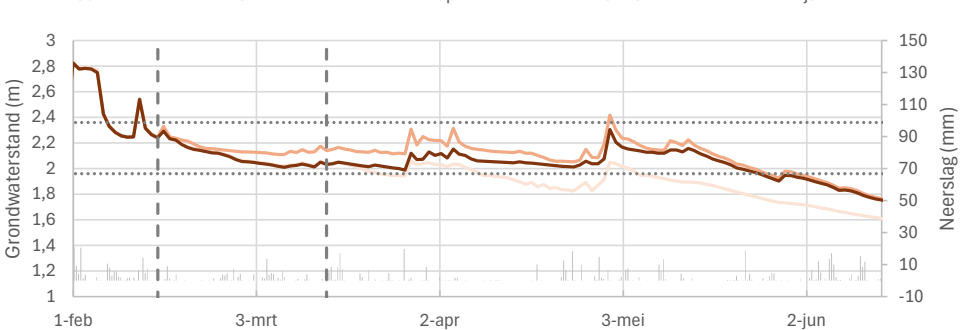
2015 (nat jaar)



2017 (gem. jaar)



2018 (droog jaar)



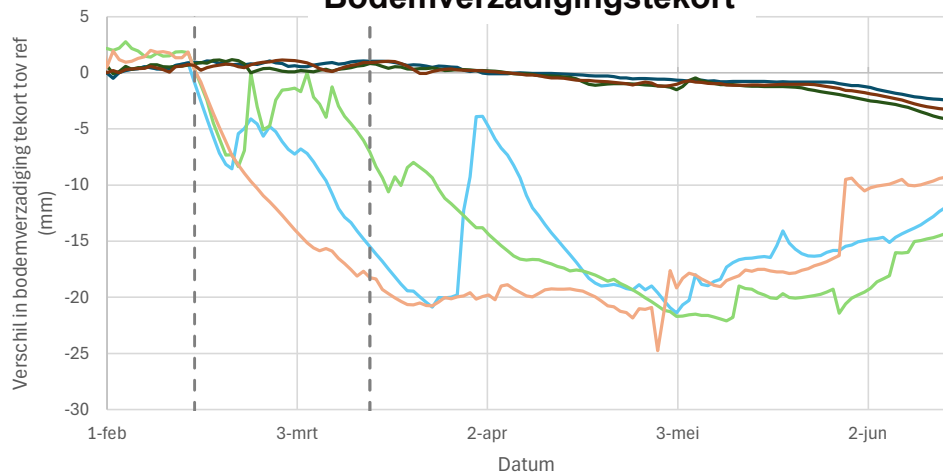
- 2015 — 123A_GRAS — 123A_GRAS — 123A_GRAS Neerslag
- 123B_GRAS — 123B_GRAS — 123B_GRAS Schakelmomenten
- 123C_GRAS — 123C_GRAS — 123C_GRAS Draagkracht



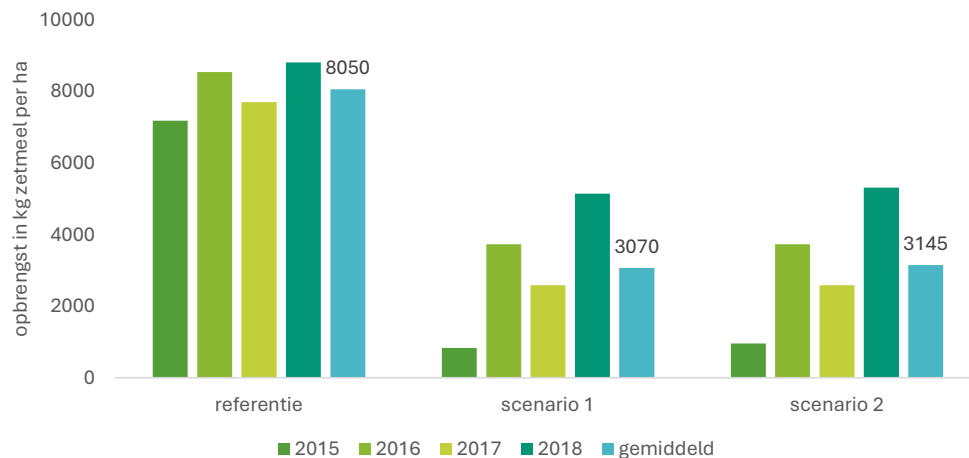
Vlak zand – Mais Hydrologie



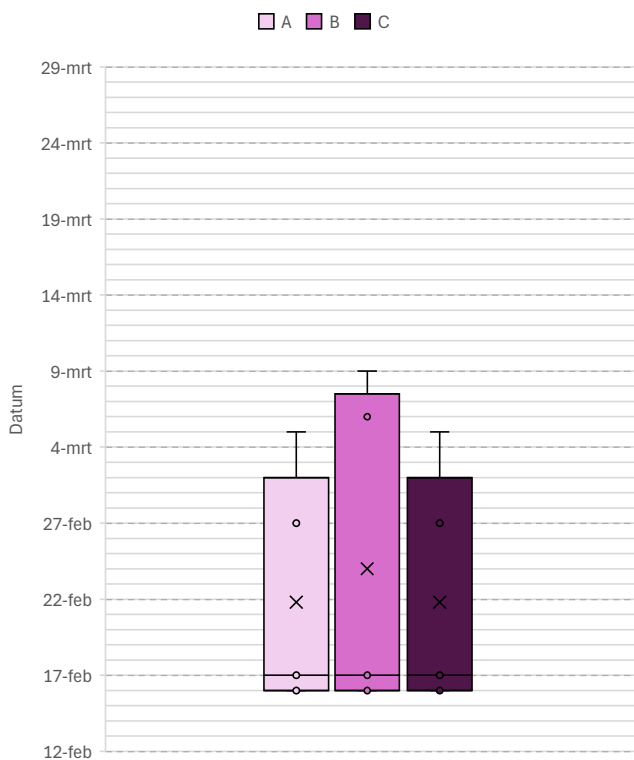
Bodemverzadigingskort



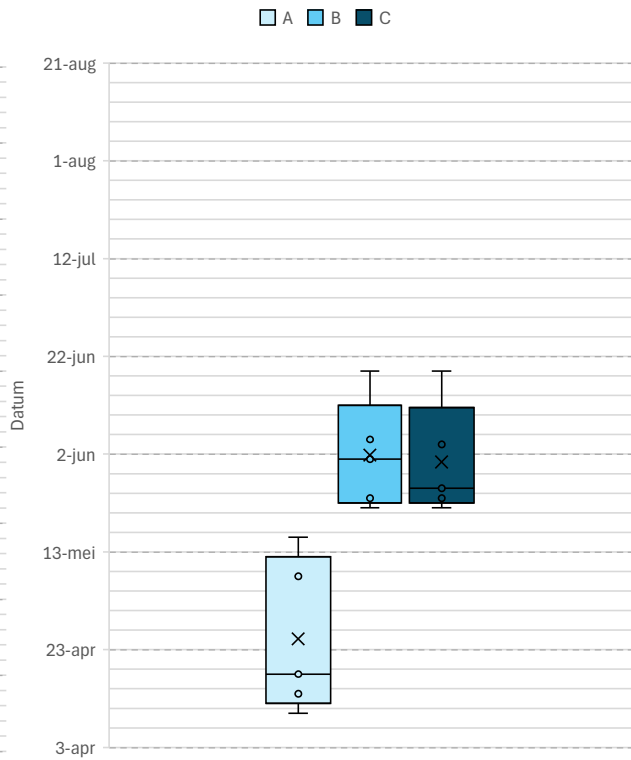
Gewasopbrengst



40 cm draagkracht



80 cm draagkracht



Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.



Polder - Mais



Scenario's



B) Geen voorjaarsmoment

Effecten hydrologie

- Grondwaterstandverschil fluctueert van 5 tot 35 cm hoger dan referentie.
- Zeer beperkt effect op verzadigingstekort (2 mm)

Effecten draagkracht

- 40 cm: vergelijkbaar met referentie.
- 80 cm: geen effect.

Effecten opbrengst

- Nauwelijks effect op gemiddelde opbrengst zetmeel

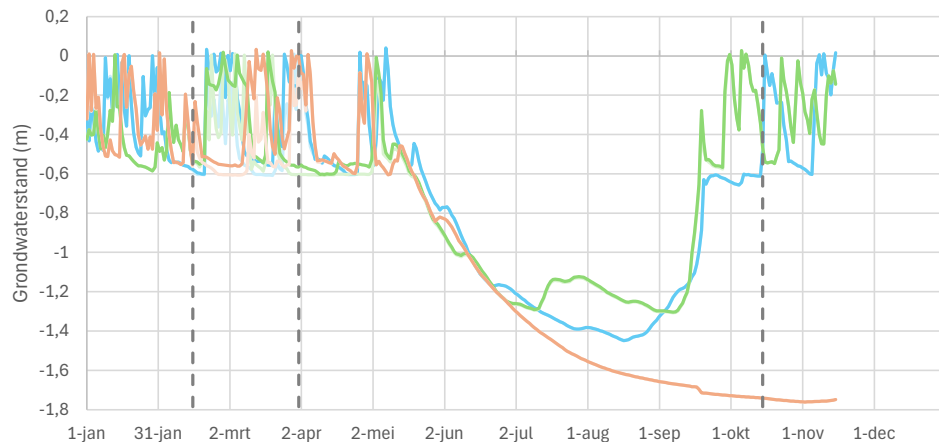
Effecten Waterkwaliteit

- Afname beregeningsbehoefte en vermindering drainage
- Ontwikkeling gewas valt beter samen met vrijkomen nutriënten.

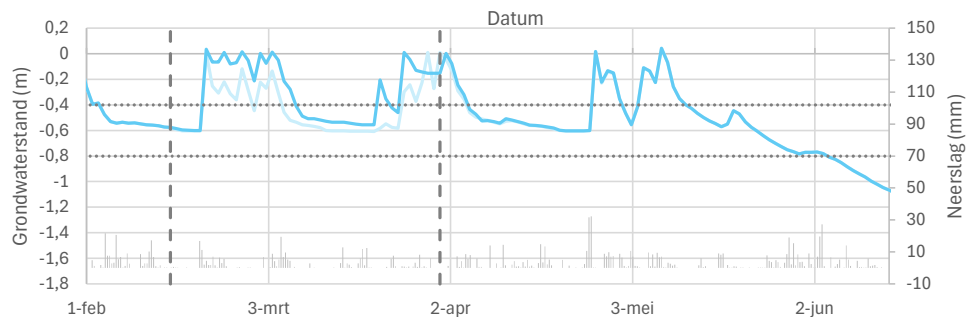


Polder - Mais

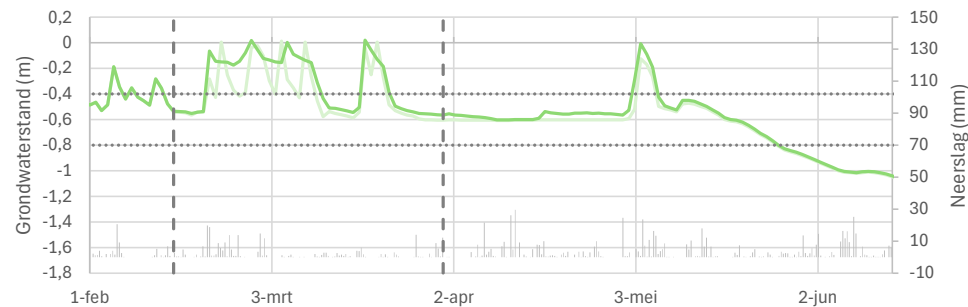
Grondwaterstanden



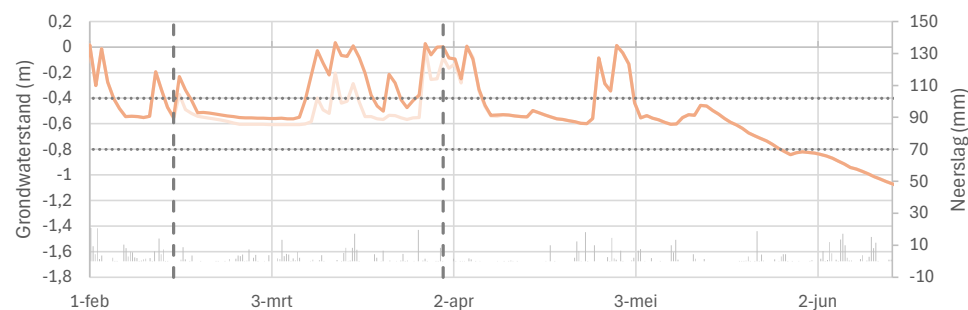
2015 (nat jaar)



2017 (gem. jaar)



2018 (droog jaar)



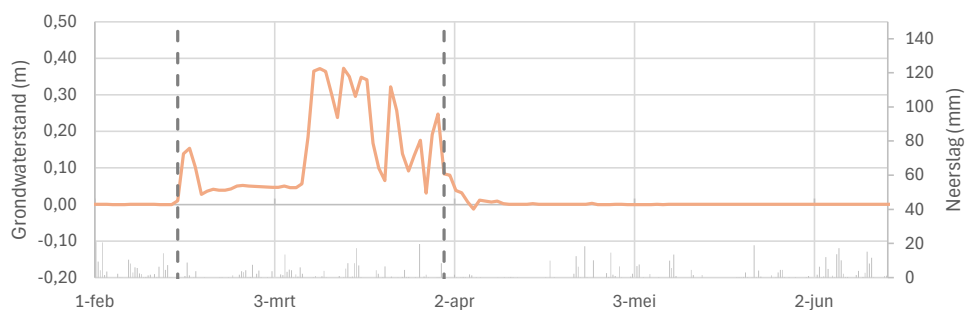
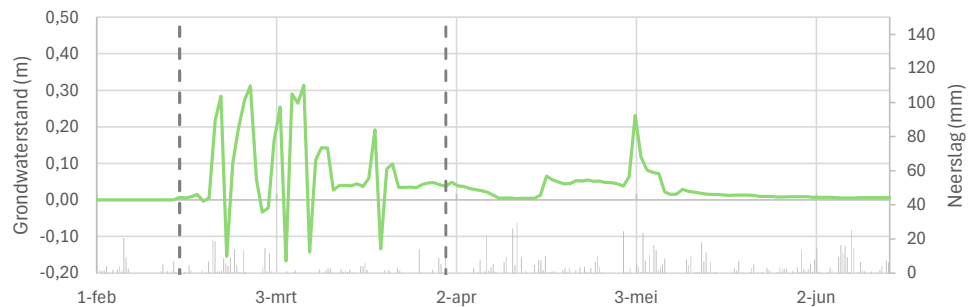
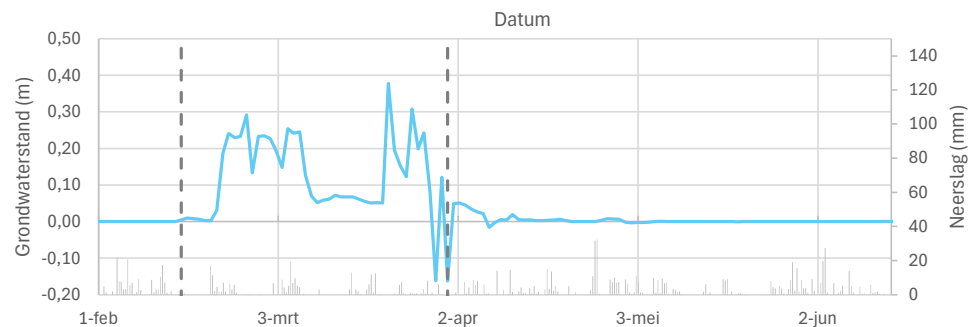
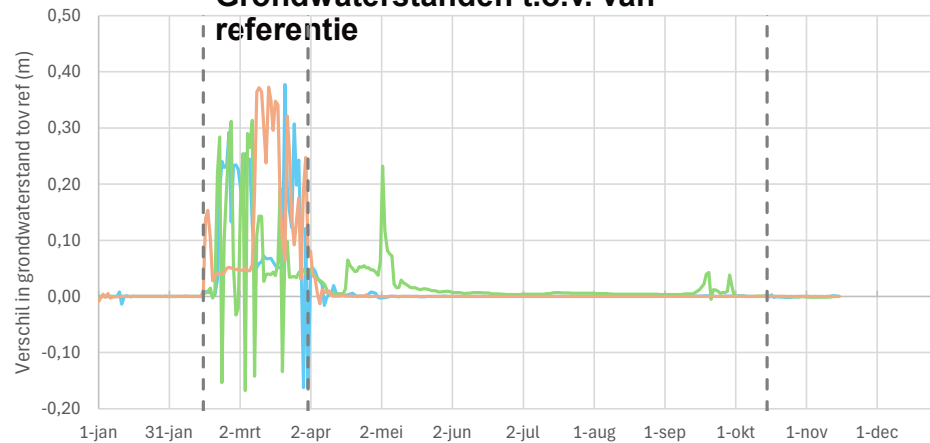
2015

2017

2018

- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- 123A_GRAS
- 123B_GRAS
- Neerslag
- Schakelmomenten
- Draagkracht

Grondwaterstanden t.o.v. van referentie

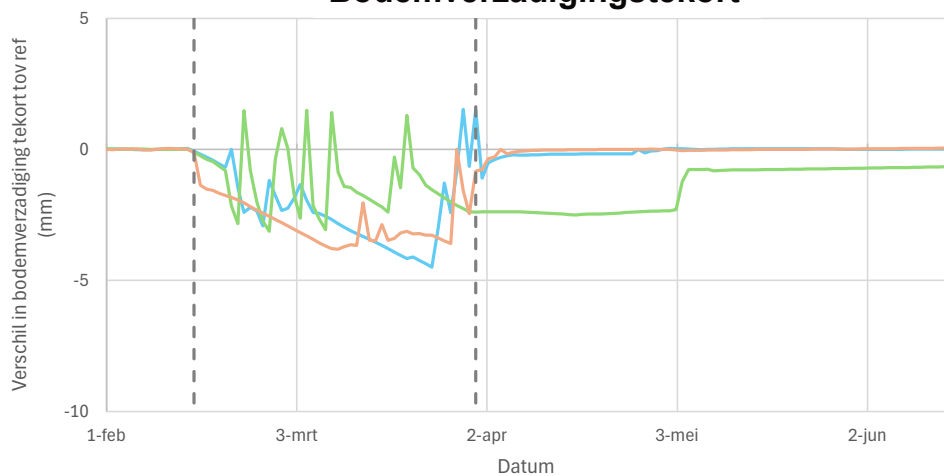




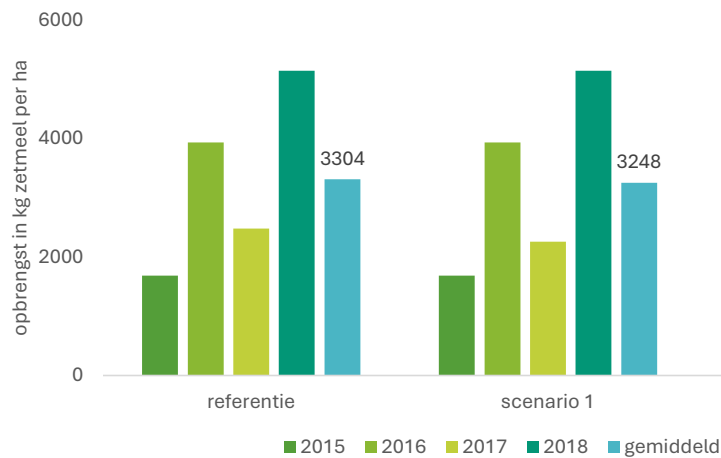
Polder – Mais Hydrologie



Bodemverzadigingsstekort

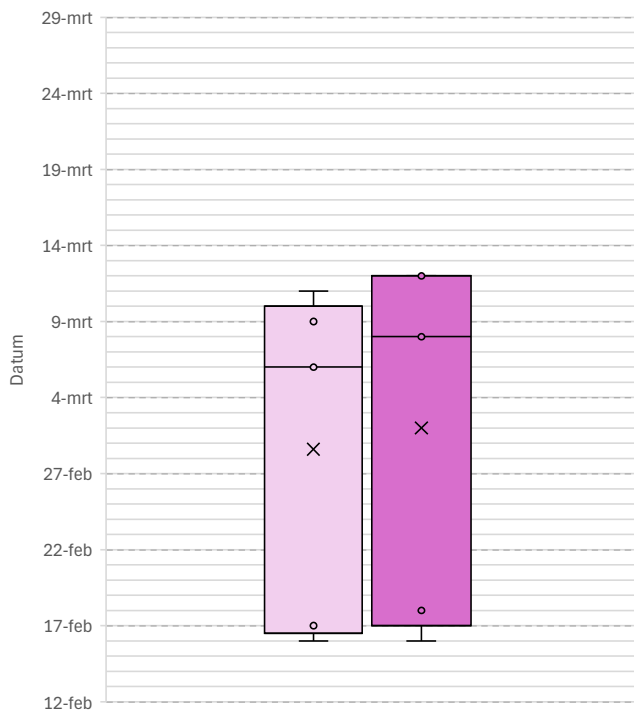


Gewasopbrengst



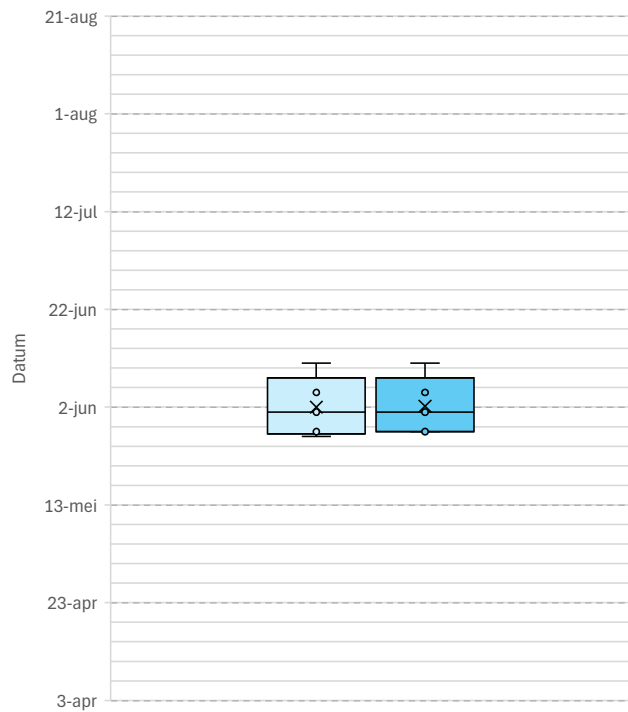
40 cm draagkracht

A B



80 cm draagkracht

A B



Gekeken vanaf 15 februari minimaal 7 dagen een draagkracht van 40 of 80 cm voor de jaren 2015 t/m 2019.

BIJLAGE C

GEWASOPBRENGST

In deze bijlage staan

- Samenvattende tabel zandgebieden (volgende pagina)
- Samenvattende tabel kleipolder (onderaan deze pagina)
- Memo Resultaten grasland
- Memo Resultaten mais

N.B.: in deze twee memo's zijn de scenario's (A-B-C) anders genoemd, namelijk Referentie, Scenario 1 en Scenario 2, en de zandgebieden (vlak zand - steil beekdal - vlak beekdal) zijn heideontginning, beekdal helling en beekdal laagte genoemd.

Opbrengsten gras en mais kleipolder

Kleipolder					
Gras					
		2015	2016	2017	2018
	Scen A	9.504	9.684	8.798	8.855
	Scen B	9.240	8.859	8.248	8.445
Mais					
		2015	2016	2017	2018
	Scen A	1.680	3.925	2.474	5.136
	Scen B	1.680	3.925	2.252	5.136

Opbrengsten zandgebieden

ZANDGEBIEDEN			MAIS					GRAS						
			nat	gemid	droog			nat	gemid	droog				
Gebied	Jaar		2015	2016	2017	2018	Gemid.	Verand.	2015	2016	2017	2018	Gemid.	Verand.
Vlak zand	Groeidagen	Scen A	165	184	172	188								
		Scen B	99	125	114	140								
		Scen C	100	125	114	142								
	Opbrengst	Scen A	7.177	8.531	7.693	8.799	8.050		11.379	11.728	11.374	11.374	11.464	
		Scen B	831	3.728	2.584	5.136	3.070	38	9.945	9.796	9.889	10.097	9.932	87
		Scen C	956	3.728	2.584	5.312	3.145	39	10.198	10.908	10.117	12.564	10.947	95
Steil beekdal	Groeidagen	Scen A	92	0	108	142								
		Scen B	75	0	87	125								
		Scen C	120	158	149	179								
	Opbrengst	Scen A	0	0	1.912	5.312	1.806		9.763	10.456	10.385	11.853	10.614	
		Scen B	0	0	0	3.728	932	52	8.354	8.892	8.041	11.198	9.121	86
		Scen C	3.221	6.639	5.910	8.189	5.990	332	9.020	10.087	10.470	11.879	10.364	98
Vlak beekdal	Groeidagen	Scen A	98	138	116	146								
		Scen B	78	0	99	132								
		Scen C	95	126	109	144								
	Opbrengst	Scen A	705	4.957	2.800	5.657	3.530		11.331	11.320	10.410	9.955	10.754	
		Scen B	0	0	831	4.405	1.309	37	8.731	9.779	8.482	9.953	9.236	86
		Scen C	318	3.827	2.026	5.486	2.914	83	9.809	10.861	10.413	10.842	10.481	97

DE IMPACTANALYSE VAN WIJZIGINGEN IN VOORJAARSMOMENT OP GRASOPBRENGSTEN MODELLERING VAN 4 HYDROLOGISCHE GEBIEDEN

INHOUD

SAMENVATTING	73
Materiaal en methode	74
Modellering grasgroei	74
Correctie op basis van moment van startbemesting.	75
Modellering op basis van GWT	76
Kwaliteit gras (VEM)	76
Modellering grasoogst	77
RESULTATEN	78
DISCUSSIE	80

SAMENVATTING

Door Arcadis zijn a.h.v. weergegevens van weerstation Hupsel van de jaren 2015-2018 hydrologische modellen gemaakt van 4 typische gebieden :

- Heideontginning
- Beekdallaagte
- Beekdalhelling
- Polder

Deze gegevens zijn door Groeikracht gebruikt om een grasgroei te modelleren. De volgende zaken zijn daarvoor als input gebruikt.

- *Daglengte (datum)*
- *Temperatuur (weergegevens Hupsel)*
- *Vochtvoorziening (gemodelleerde grondwaterstand door Arcadis)*

Deze factoren zijn gecombineerd met geregistreerde metingen vanuit de proefdatabase van Groeikracht en de publiek beschikbare vers gras monteringen van de WUR. Door de combinatie van deze zaken kon per “gebied” de grasgroei (kg Droge Stof per ha) per individuele dag gemodelleerd worden, met de daarbij behorende kwaliteit (VEM). Gecombineerd geeft dat een zogenaamde KVEM opbrengst ($VEM \text{ g/kg DS} \times \text{kg DS} \times 1000 = \text{KVEM}$). Voor juni 2025 staat de waarde van 1 KVEM op 23,5 ct (WUR voederwaardeprijzen). Daarmee is ook een benadering van de financiële impact te maken. Volgend een overzicht van de gemodelleerde KVEM opbrengst per “gebied”. Alle scenario's gaven een lagere opbrengst dan de referentie. Maar scenario 2 was in alle gevallen significant lager in opbrengst en kwaliteit. Gemiddeld zo'n 1000-1500 KVEM per ha lagere opbrengsten wat overeenkomt tot ruim 350,- schade per ha grasland.

MATERIAAL EN METHODE

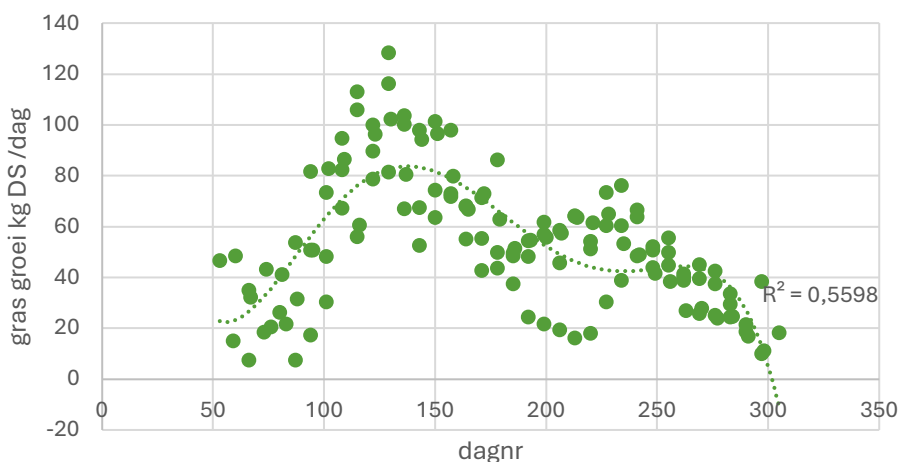
MODELLERING GRASGROEI

Voor de groei van engels raaigras zijn de factoren lichturen, warmte, vocht en nutriënten van belang. De eerste is vooral afhankelijk van daglengte en dus goed te modelleren aan de hand van de kalender. Warmte en vocht zijn beschikbaar vanuit de weerstationsdata en de gemodelleerde hydrologie (GWT), qua nutriënten focussen we vooral op het effect van moment van toediening. Deze effecten zijn uit de proefvelden database van Groeikracht te verkrijgen. Door deze factoren te combineren is er een modellering gemaakt.

De grasgroei per kalenderdag (daglengte) is gemodelleerd op basis van werkelijk gemeten grasgroei in de vers grasmonitoring van de jaren 2015-2018. Deze worden gefaciliteerd en gecoördineerd door WUR (netwerk praktijkbedrijven etc.) en publiek gepubliceerd in vakbladen als Veeteelt. De bedrijven die gegevens aanleveren zitten verspreid door heel Nederland. Als basis is er gekozen voor dezelfde jaren als welke in de casus modellering gebruikt worden (2015 t/m 2018).

De grasgroei in Nederland is sterk seizoen afhankelijk. Wanneer de gemiddelde grasgroei uitgezet wordt tegen de dagen in het jaar (figuur 1) valt er een redelijk vast patroon te herkennen. Deze wordt in het werkveld de zogenaamde “kamelenbult” genoemd .

Figuur 1 gemiddelde grasgroei per dag 2015-2018



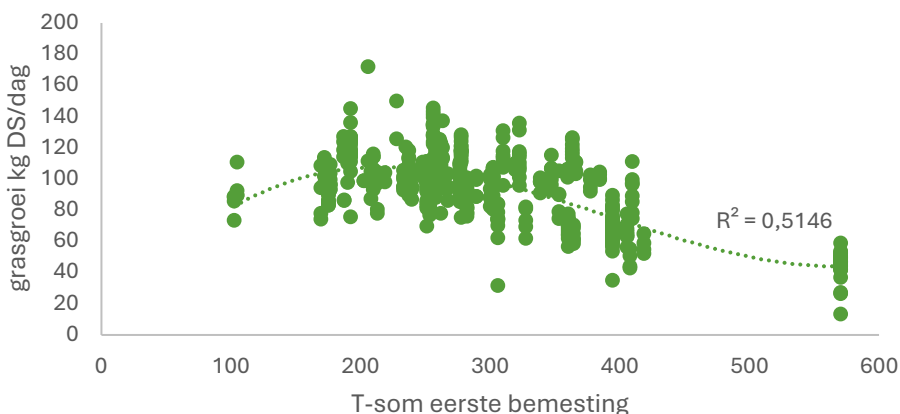
Grondwaterstanden en vooral ook daglengte hebben hier een grote invloed op. Van jaar tot jaar hebben met name de neerslaghoeveelheden in de zomer veel invloed op de “diepte” van het dal van de grasgroei (rond dag 200). Tussen half april en begin juni (dag 100-160) is de grasgroei per definitie op het hoogst als gevolg van lange daglengte met veel zonkracht en vaak nog voldoende bodemvocht. Rond dag 200 volgt het dal (eind juli). Augustus en september worden weer gekenmerkt door betere grasgroei en kwaliteit. rond dag 300 (begin november) zijn de dagen qua daglicht te kort voor significante DS productie.

De gemiddelde grasgroei per dag (trendlijn) zal de basisgrasgroei zijn voor de modellering en is dus vooral kalenderdag afhankelijk met correcties op basis van bemestingsmoment en vochttoestand (GWT).

CORRECTIE OP BASIS VAN MOMENT VAN STARTBEMESTING.

Een tijdige en ruime stikstofgift is in granen en grassen van belang voor een goede uitstoeling van het gewas. Deze uitstoeling heeft veel invloed op de opbrengst van het gewas voor de rest van het jaar. Wanneer er te laat en te weinig stikstof beschikbaar is in het vroege voorjaar werkt dit ook door op de opbrengsten later in het jaar. Dat kan niet worden gecompenseerd. Uit de data van onze proefvelden sinds 2017 blijkt een duidelijk effect van het tijdstip van deze eerste bemesting ten opzichte van de temperatuursom van die toediening. Vanaf Tsom 300 blijkt de gemiddelde voorjaarsgroei duidelijk af te nemen. Starten op Tsom 200 geeft gemiddeld 105 kg DS per dag en 3,1 kg N opbrengst per dag. Op Tsom 400 is dit nog 75 kg DS (-30%) en 1,8 kg N opbrengst (-40%) .

Figuur 2 Relatie T-SOM eerste gift en grasgroei voorjaar n=437 (klei + zand 2017-2023)



Op basis van deze cijfers is de werkwijze in de modellering als volgt geweest :

De eerste bemesting werd meteen bij Tsom 180 uitgevoerd mits de draagkracht goed was. daarbij is uitgegaan dat er vanaf GTW < 40 met goed uitgeruste machine bemest kan worden. Dus netto is er bij minimaal 3 dagen achter elkaar GWT <40 vanaf Tsom 180 de eerste bemesting uitgevoerd in de modellen. Komt dit moment te laat (Tsom > 300) dan werd de voorspelde grasgroei gecorrigeerd tot en met de oogst van de eerste snede welke door de lagere grasgroei ook later gepland werd. Op basis van de gegevens in figuur 1 was deze correctie als volgt :

- Tsom 300-350 -20% voorjaarsgroei.
- Tsom 351-400 -30% voorjaarsgroei.
- na Tsom 400 - 60% voorjaarsgroei.

MODELLERING OP BASIS VAN GWT

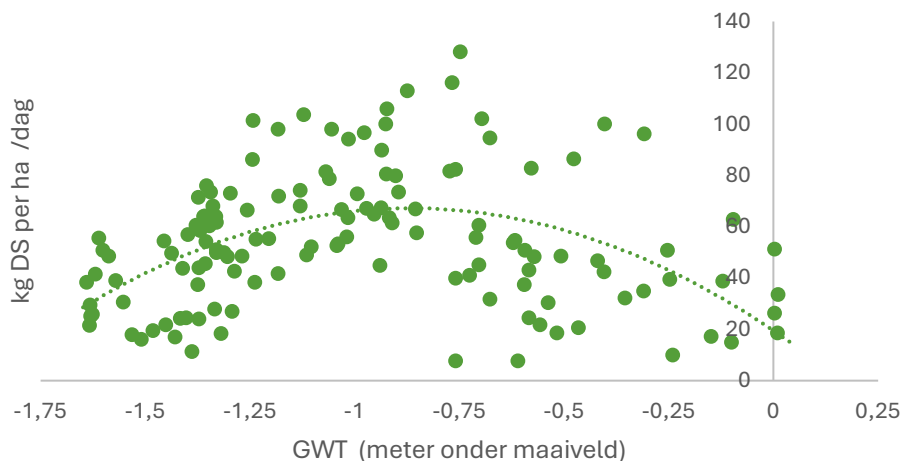
Licht, warmte, water en nutriënten: Water is dus na temperatuursom en daglengte de meest belangrijke factor. Om een beeld te krijgen van het effect zijn de grasgroei cijfers van de praktijknetwerken gecombineerd met de gemodelleerde GWT in gebied "polder" van Arcadis. Omdat de grasgroei van verschillende regio's zijn, en de modellering van het weerstation Hupsel uitgaat is er wat ruis te verwachten. Toch zit er in onderstaande figuur een duidelijk verband in, zij het met een bandbreedte.

Deze laat zien dat wanneer er in de wortel zone grondwater is (GWT > 0,75) dalende opbrengsten te zien zijn. Dit is te verklaren dat zodra er veel vocht in de wortelzone zit de bodem kouder is en minder zuurstof bevat. De lijn dat hoe hoger de GWT hoe lager de grasgroei is dus logisch. Aan de andere kant daalt deze vanaf GWT -1,25 of hoger. Ook dat is logisch

omdat het water dan door de wortels nauwelijks opneembaar is wat weer voor opbrengstderiving zal leiden.

Deze kan gebruikt worden in de casus berekening als correctie op de voorspelde grasgroei. Gezien de spreiding in de grafiek zal dit puur al vaste "zonecorrectie" zijn. Dat wil zeggen niet geleidelijk maar pas vanaf een grondwaterstand dat de opbrengsten per definitie lager zijn. Deze zetten we op grondwater stand -1,25 en -0,75. tussen die standen is de groei niet geremd door grondwaterstand. Daaronder of boven zal deze gemiddeld **25 kg DS per dag** lager liggen dan de voorspelde productie op basis van dagnr (daglengte).

Figuur 3 Relatie GWT model en gemeten grasgroei WUR netwerken

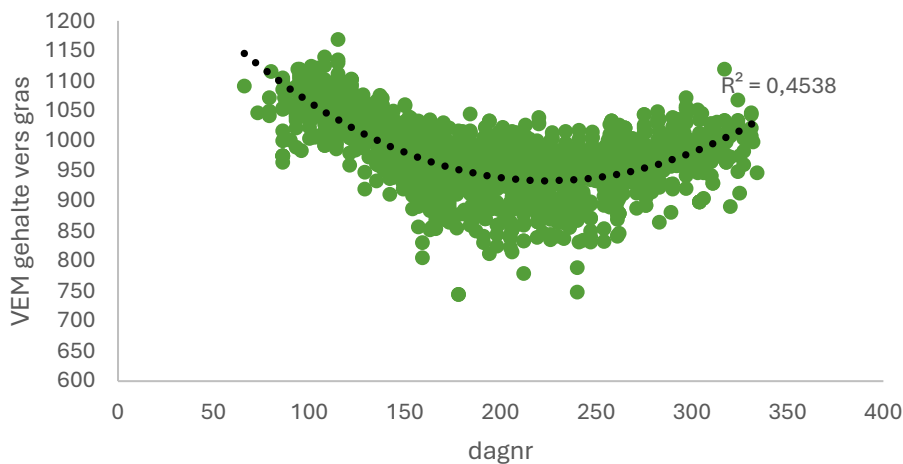


KWALITEIT GRAS (VEM)

De kwaliteit van gras wordt net als de grasgroei sterk beïnvloedt door daglengte. Er is een bepaalde kritische daglengte die de bloei initieert. Bij engels raigras is hier bijvoorbeeld minimaal 14 uur daglicht nodig. Dat betekent dat engels raai voornamelijk bloeit tussen eind mei en half augustus. Wanneer de plant in de bloeifase komt, verhoudt het aanzienlijk wat de verteerbaarheid en nutriënt gehalten vermindert. Wanneer de VEM (= voeder eenheden melk = verteerbaarheid) gehalten in het verse gras bekeken worden over meerdere jaren is dit effect sterk aanwezig.

Dat maakt dat gras van voor de langste dag aanzienlijk voeding technisch meer waarde heeft dan gras uit de zomerperiode of later.

Figuur 4 Gemiddelde VEM vers gras t.o.v. kalenderdag



MODELLERING GRASOOGST

De eerste grasoogst wordt in het model gedaan zodra er 3500 kg DS per ha staat wat als gangbare maaisnede geldt. Voorwaarde is wel dat de GWT onder de -0,8 zit zodat er voldoende draagkracht is. Bemesten kan vanaf GWT -0,4 in ons model omdat daar maar 1 trekker voor nodig is. Voor een hele oogstrein is veel meer draagkracht nodig.

Als dan bijvoorbeeld op 1 mei de 3500 kg DS bereikt wordt en er geoogst wordt, dan wordt bij die oogst gerekend met het VEM gehalte wat volgens figuur 4 bij die dag hoort. Zodra er dus een lagere grasgroei plaats vindt door bijvoorbeeld een te late bemesting wordt niet alleen de opbrengst lager, maar ook de gemiddelde kwaliteit (VEM) omdat op een latere dag geoogst wordt.

De vervolgsnedes (oogsten) worden met tussenpozen van 28 dagen gepland mits de draagkracht dat toe laat conform de praktijk van “kalendermaaien”. Is het te nat na 28 dagen, dan wordt de oogst uitgesteld. De laatste oogst wordt gedaan op de laatst beschikbare dag qua draagkracht en grasgroei.

RESULTATEN

Voor alle gebieden gaf scenario 1 in 2017 een latere start qua bemestingswerkzaamheden die resulteerden in 20% minder voorjaarsopbrengsten en lagere voederwaarde. De overige verschillen t.o.v. de referentie kwamen vooral voort uit minder groeidagen en oogstmomenten in het najaar door nattigheid. Voor veel gebieden zit de verwachte schade op zo'n 1500 KVEM per jaar per ha wat neer komt op zo'n 10-15% opbrengst. Bij huidige voerprijzen is dat al snel zo'n 350,- per ha per jaar. Voor een bedrijf met 50 ha grasland in een dergelijk gebied praat je dan over 15.000,-.

Beekdallaagte gemodelleerde KVEM opbrengsten			
seizoen	referentie	scenario 1	scenario 2
2015	11.330.519	8.730.879	9.809.471
2016	11.319.511	9.779.162	10.860.781
2017	10.410.452	8.481.770	10.412.693
2018	9.955.085	9.953.267	10.842.199
totaal	43.015.568	36.945.077	41.925.144
verschil tov referentie		-6.070.490	-1.090.424
jaarlijkse opbrengstderving 23,5ct/KVEM		€ -356,64	€ -64,06

Beekdalhelling gemodelleerde KVEM opbrengsten			
seizoen	referentie	scenario 1	scenario 2
2015	9.763.239	8.354.287	9.020.048
2016	10.456.093	8.891.759	10.087.934
2017	10.384.669	8.041.081	10.470.211
2018	11.853.397	11.198.201	11.878.612
totaal	42.457.398	36.485.328	41.456.806
verschil tov referentie		-5.972.070	-1.000.592
jaarlijkse opbrengstderving 23,5ct/KVEM		€ -350,86	€ -58,78

Heideontginning gemodelleerde KVEM opbrengsten			
seizoen	referentie	scenario 1	scenario 2
2015	11.378.836	9.944.805	10.197.710
2016	11.728.447	9.796.430	10.908.192
2017	11.373.636	9.889.281	10.116.621
2018	11.373.636	10.096.811	12.563.994
totaal	45.854.556	39.727.327	43.786.517
verschil tov referentie		-6.127.229	-2.068.039
jaarlijkse opbrengstderving 23,5ct/KVEM		€ -359,97	€ -121,50

Polder			
gemodelleerde KVEM opbrengsten			
seizoen	referentie	scenario 1	scenario 2
2015	9.503.674	9.239.693	
2016	9.683.843	8.858.869	
2017	8.797.823	8.248.230	
2018	8.854.863	8.444.550	
totaal	36.840.203	34.791.342	-
	verschil tov referentie	-2.048.861	
	jaarlijkse opbrengstderving 23,5ct/KVEM	€ -120,37	€ -

DISCUSSIE

De weergegeven modelopbrengsten geven een indicatie van de impact van aanpassingen in de hydrologie op de opbrengst en kwaliteit van gras in de theoretische gebieden.

Het model is echter vrij grofmazig en alleen bruikbaar voor de vergelijking onderling. De werkelijke opbrengst niveaus zullen waarschijnlijk anders liggen omdat factoren als nutriënt levering van verschillende bodemtypes en bemesting niet meegenomen zijn. Want in de verschillende gebieden zal de grondslag en mineralenstatus ook anders zijn (tussen heidegrond en beekdal bijvoorbeeld).

Wat bijvoorbeeld opvalt is dat de opbrengsten voor jaar 2018 in alle systemen bovengemiddeld zijn volgens dit model. In de praktijk was het een zeer droog jaar met negatieve opbrengstrecords voor gras. Dit is in de uitkomsten niet weer te zien in de totale opbrengsten. Wel in het feit dat de “nattere scenario’s “ in dit jaar een positieve impact hebben i.p.v. negatief.

Ook het gebruik van de GWT correctie op de opbrengst is wellicht ten dele dubbel. Dat de grasgroei in de zomer gemiddeld minder hoog is dan in het voorjaar is vooral gevolg van een lagere grondwaterstand. Dit komt dus deels voor in de “basis grasgroeilijn “. Vandaar ook de sterke overeenkomst in figuur 3. Nu wordt deze bij lage GWT als het droog is nogmaals negatief gecorrigeerd. Dit kan mogelijk leiden tot wat versterkingen of tegenwerkingen in deze GWT correcties.

Er zal dus meer gefocust moeten worden op de verschillen tussen scenario's dan de absolute opbrengstniveau 's die uit dit model komen vallen. De gemiddelde opbrengsten volgens deze modellen zitten rond de 10t DS per ha wat aansluit bij het langjarige gemiddelde van het CBS en het LEI.



DE IMPACTANALYSE VAN WIJZIGINGEN IN VOORJAARSMOMENT OP MAISOPBRENGSTEN MODELLERING VAN 4 HYDROLOGISCHE GEBIEDEN

INHOUD

SAMENVATTING	46
MATERIAAL EN METHODE	47
Modellering opbrengst	47
RESULTATEN PER SCENARIO	48
Beekdaalhelling	48
Beekdallaagte	48
Heideontgining	50
Polder	51

SAMENVATTING

Aan de hand van de gegevens van weerstation Hupsel en de hydrologische modellering van Arcadis is er een modellering gemaakt voor de potentiële landbouwkundige opbrengst van snijmais in 4 theoretische hydrologische gebieden;

- Beekdalhelling
- Beekdal laagte
- Heideontginning
- Polder

Daarbij is vooral gekeken naar het potentieel aantal groeidagen op basis van draagkracht t.b.v. de grondbewerking en oogst (aanneمة dat dit mogelijk is vanaf grondwaterstand / GWT<0.8) en temperatuursom > 100 graden. Als uiterste oogstdatum 15 oktober genomen omdat vanaf dit moment er geen significante droge stof productie meer plaatsvindt in Nederland i.v.m. daglengte.

Uit historische proefdata en praktijkmetingen blijkt het aantal groeidagen te correleren met de zetmeelopbrengst. Daarbij gaat het dus om zowel massa (droge stof per ha) als kwaliteit (zetmeelgehalte).

Met uitzondering van het gebied “Polder” hadden de verschillende scenario's flink invloed op de zetmeel opbrengst. Op basis van voederwaardeprijzen kan gesteld worden dat 1000 kg zetmeelopbrengst 370,- per ha vertegenwoordigd. Daarmee loopt de schade op bijvoorbeeld de heideontginning op tot 1850 euro per ha per jaar.

MATERIAAL EN METHODE

MODELLERING OPBRENGST

Voor de opbrengst van mais, en meer specifiek de energie/zetmeelopbrengst zijn de factoren lichturen, warmte, vocht en nutriënten van belang. De eerste is vooral afhankelijk van daglengte en dus goed te modelleren aan de hand van de kalender.

Mais is een subtropisch gewas waardoor er een minimale temperatuur nodig is voor het gewas kan groeien. Daarom is er een andere temperatuursom (Tsom) berekening voor maïs dan voor gras. Vanaf Tsom 100 kan er gezaaid worden. of dat in de praktijk kan is afhankelijk van de draagkracht. Deze info is beschikbaar vanuit de modellering van Arcadis Een andere norm is dat mais voor de langste dag gezaaid moet worden anders is de kans groot dat het gewas niet goed bevrucht wordt.

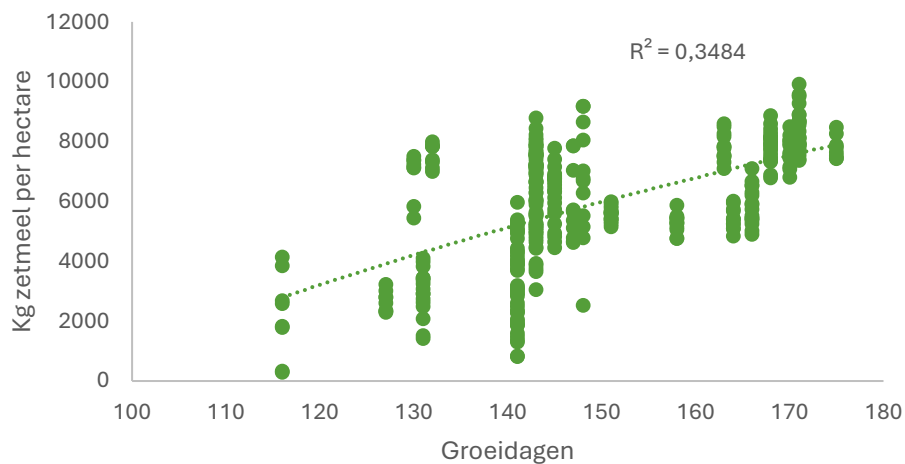
Wanneer de nachten langer worden dan de dagen, wordt er door mais meer Droge stof (suikers) verbruikt dan geproduceerd en rijpt de mais niet meer af. In Nederland is dit ongeveer rond 15 oktober het geval.

Feitelijk kan mais dus groeien vanaf Tsom 100, of zaaidatum indien die later is, tot uiterlijk 15 oktober. Op deze manier is er een potentieel aantal groeidagen in kaart te brengen. Om een volledig gewas te kunnen vormen zijn minimaal 100 groeidagen nodig.

Uit de praktijkregistratie (loonwerkers in Brabant en de Achterhoek) en de proefvelden-database is een duidelijke relatie tussen het aantal groeidagen (dagen tussen zaai en oogst) en de zetmeelopbrengst. Deze is in figuur 1 weergegeven. Het betreft cijfers van 692 percelen en plots tussen 2015 en 2022.

Een gangbare opbrengst is 15 ton DS met een zetmeel gehalte van 380 g zetmeel/kg DS = 5700 kg zetmeel per ha. Uitgaande van de maismeelprijzen van juni 2025 (voederwaardeprijzen WUR) is een kg zetmeel ongeveer 37 ct waard. Een 5700 kg vertegenwoordigd dan een voederwaarde van EUR 2109,-

Figuur 1 Relatie groeidagen en zetmeelopbrengst (n = 692)



RESULTATEN PER SCENARIO

BEEKDAALHELLING

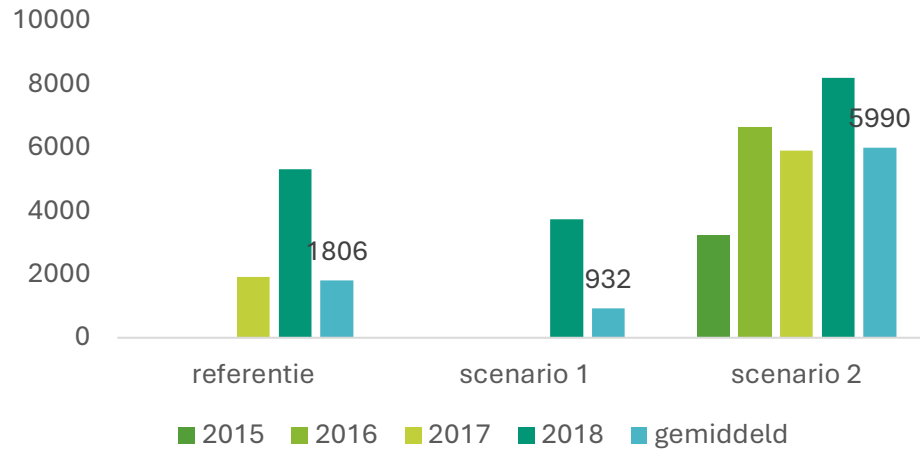
Scenario 2 leidt tot de hoogste opbrengsten. Ieder jaar is een oogst mogelijk wat in de referentie situatie of in scenario 1 niet mogelijk is. In 2016 was het niet mogelijk voor 21 juni te zaaien in deze scenario's, en 2015 gaf te weinig groeidagen om een fatsoenlijke oogst in het najaar te behalen. Met 5900 kg zetmeel t.o.v. gemiddeld 1806 was de financiële meeropbrengst ruim 1500,- per ha hoger

beekdalhelling referentie				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	31-mei		24-mei	26-mei
oogstdatum	31-aug		9-sep	15-okt
groeidagen	92	0	108	142
pot zetmeelopbrengst	-	-	1.912	5.312

beekdalhelling scenario 1				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	11-jun		4-jun	12-jun
oogstdatum	25-aug		30-aug	15-okt
groeidagen	75	0	87	125
pot zetmeelopbrengst	-	-	-	3.728

beekdalhelling scenario 2				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	20-apr	10-mei	10-apr	19-apr
oogstdatum	18-aug	15-okt	6-sep	15-okt
groeidagen	120	158	149	179
pot zetmeelopbrengst	3.221	6.639	5.910	8.189

Figuur 2 Zetmeelopbrengsten per jaar beekdalhelling



BEEKDALLAAGTE

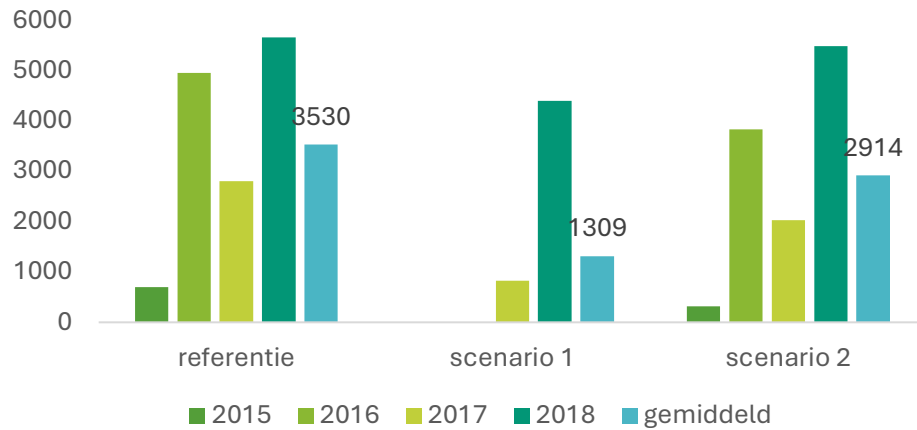
Zowel scenario 1 als 2 leiden tot lagere opbrengsten dan in de referentie. Met name in scenario 1 is de opbrengstzekerheid erg laag. De financiële schade komt dan gemiddeld op 821 en 230 euro per ha per jaar voor respectievelijk scenario 1 en 2.

beekdallaagte referentie				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	25-mei	30-mei	16-mei	22-mei
oogstdatum	31-aug	15-okt	9-sep	15-okt
groeidagen	98	138	116	146
pot zetmeelopbrengst	705	4957	2800	5657

beekdallaagte scenario 1				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	8-jun		1-jun	5-jun
oogstdatum	25-aug		8-sep	15-okt
groeidagen	78	0	99	132
pot zetmeelopbrengst	0	0	831	4405

beekdallaagte scenario 2				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	27-mei	11-jun	22-mei	24-mei
oogstdatum	30-aug	15-okt	8-sep	15-okt
groeidagen	95	126	109	144
pot zetmeelopbrengst	318	3827	2026	5486

Figuur 3 Zetmeelopbrengsten per jaar beekdallaagte



HEIDEONTGINING

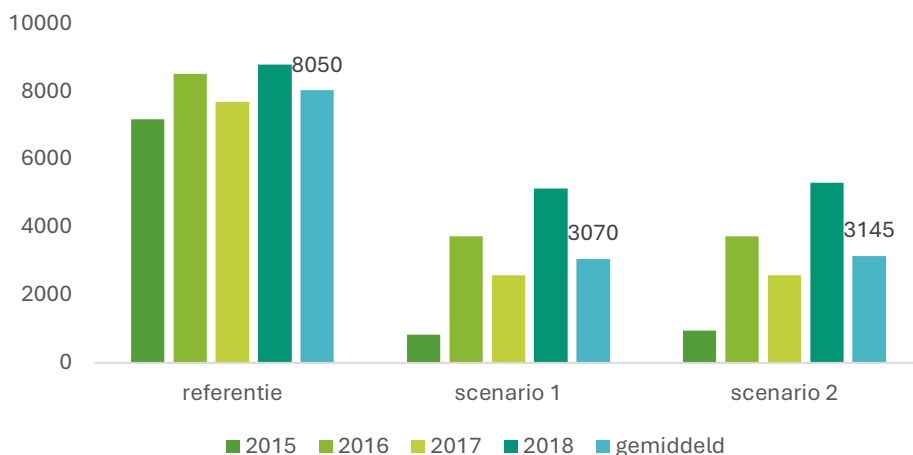
Op de Heideontginning zijn de hoogste opbrengsten haalbaar in de referentie situatie dankzij de mogelijkheid om vroeg te zaaien en laat te oogsten. Scenario 1 en 2 maken dat moeilijker waardoor er respectievelijk 1840 en 1814 euro minder geoogst kan worden per jaar.

Heideontginning				
referentie				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	3-mei	14-apr	16-apr	10-apr
oogstdatum	15-okt	15-okt	5-okt	15-okt
groeidagen	165	184	172	188
pot zetmeelopbrengst	7177	8531	7693	8799

Heideontginning				
scenario 1				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	5-jun	12-jun	22-mei	28-mei
oogstdatum	12-sep	15-okt	13-sep	15-okt
groeidagen	99	125	114	140
pot zetmeelopbrengst	831	3728	2584	5136

Heideontginning				
scenario 2				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	4-jun	12-jun	22-mei	26-mei
oogstdatum	12-sep	15-okt	13-sep	15-okt
groeidagen	100	125	114	142
pot zetmeelopbrengst	956	3728	2584	5312

Figuur 4 Zetmeelopbrengsten per jaar Heideontginning



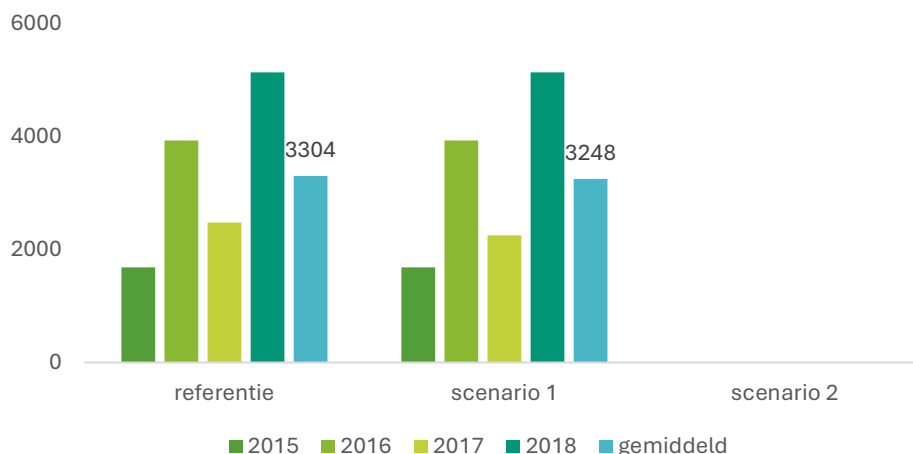
POLDER

In de polder was er nauwelijks effect van het scenario t.o.v. de referentie. Zowel het zaai- als oogstmoment werden nauwelijks beïnvloed door de aanpassingen waardoor en nagenoeg geen effect op het aantal groeidagen te verwachten is.

Heideontginning				
referentie				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	5-jun	10-jun	27-mei	28-mei
oogstdatum	19-sep	15-okt	17-sep	15-okt
groeidagen	106	127	113	140
pot zetmeelopbrengst	1680	3925	2474	5136

Heideontginning				
scenario 1				
jaar	2015	2016	2017	2018
zaaidatum	5-jun	10-jun	28-mei	28-mei
oogstdatum	19-sep	15-okt	16-sep	15-okt
groeidagen	106	127	111	140
pot zetmeelopbrengst	1680	3925	2252	5136

Figuur 5 Zetmeelopbrengsten per jaar polder.



BIJLAGE D

UITSPOELING NUTRIËNTEN

In deze bijlage zijn de effecten op vrachten en concentraties voor N en P voor grond- en oppervlaktewater opgenomen.

Voor gras zijn de effecten op vrachten en concentraties als volgt:

Kenmerken			Waterbalans			Effect t.o.v. referentie					
			Drainage	Kwel	Wegzijing	Vracht opp		Conc. Opp.		Conc. Gw.	
			mm/j	mm/j	mm/j	N	P	N	P	N	P
mais	A	Vlak_Beekdal	168	104	7						
mais	B	Vlak_Beekdal	169	110	14	-1%	-19%	-2%	-20%	-3%	-14%
mais	C	Vlak_Beekdal	186	134	7	5%	-12%	-6%	-21%	1%	-12%
mais	A	Steil_Beekdal	227	176	6						
mais	B	Steil_Beekdal	199	149	13	-12%	-24%	0%	-13%	3%	-13%
mais	C	Steil_Beekdal	234	192	6	4%	-15%	1%	-17%	10%	-13%
mais	A	Vlak_Zand	0	42	257						
mais	B	Vlak_Zand	0	65	262					-30%	1%
mais	C	Vlak_Zand	0	65	260					-37%	2%
mais	A	Polder	124	61	34						
mais	B	Polder	124	62	30	3%	-8%	3%	-8%	-1%	-8%

Voor mais zijn de effecten op vrachten en concentraties als volgt:

Kenmerken			Waterbalans			Effect t.o.v. referentie					
			Drainage	Kwel	Wegzijing	Vracht opp		Conc. Opp.		Conc. Gw.	
			mm/j	mm/j	mm/j	N	P	N	P	N	P
gras	A	Vlak_Beekdal	272	114	4						
gras	B	Vlak_Beekdal	227	93	12	-9%	-9%	9%	9%	10%	2%
gras	C	Vlak_Beekdal	264	125	5	3%	0%	6%	3%	8%	3%
gras	A	Steil_Beekdal	316	165	2						
gras	B	Steil_Beekdal	271	139	6	-7%	-9%	9%	6%	12%	-1%
gras	C	Steil_Beekdal	313	181	3	6%	0%	7%	1%	10%	0%
gras	A	Vlak_Zand	13	34	301						
gras	B	Vlak_Zand	4	65	319					114%	37%
gras	C	Vlak_Zand	5	69	319					145%	37%
gras	A	Polder	185	75	30						
gras	B	Polder	177	75	27	21%	0%	27%	5%	36%	4%

BIJLAGE E

BEGELEIDINGSGROEP EN -OVERLEGGEN

SAMENSTELLING BEGELEIDINGSCOMMISSIE

STOWA	Rob Ruijtenberg (tot 01-10-25), daarna Michelle Talsma
Waterschap Vechtstromen	Bas Worm
Waterschap Rijn en IJssel	Bram te Brake (tot 01-04-25), daarna Gerry Roelofs
Waterschap De Dommel	Michelle Berg
Waterschap Aa & Maas	Joachim Hunink
Waterschap Scheldestromen	Desirée Uitdewilligen (tot 01-11-25)

BIJEENKOMSTEN

3 juli 2024	startoverleg, plan van aanpak, inhoudelijke uitgangspunten
6 november 2024	uitgangspunten voor modellering, hydrologie 1 ^e rekenronde
10 februari 2025	finetuning uitgangspunten n.a.v. berekeningen, aanpak draagkracht
26 maart 2025	complete set scenario's doorgerekend
7 april 2025	resultaten met nieuwe uitgangspunten, presentatievorm resultaten
25 juni 2025	resultaten gewasopbrengst en waterkwaliteit, opzet rapportage [24 september STOWA symposium]
10 december 2025	Opzet eindrapport
29 januari 2026	Eindrapport, doorkijk vervolg
1 April 2026	Oplevering

PROJECTTEAM

Aracadis	Arjan ter Harmsel, Wilco Klutman, Arjon Buijert, Sanne van de Veen, Jan Pieter Willemsen
Groeikracht bv	Gerard Abbink